

TERCER EJERCICIO

GRUPO B. PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

TEMA 04: El sistema de protección radiológica. Principios de justificación, optimización y limitación de dosis. Situaciones de exposición.

ÍNDICE

1. RESUMEN EJECUTIVO Y RELACIÓN CON OTROS TEMAS
2. EL SISTEMA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA
3. LOS PRINCIPIOS GENERALES DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA
4. LAS SITUACIONES DE EXPOSICIÓN
5. LAS EXPOSICIONES
6. BIBLIOGRAFÍA

1. RESUMEN EJECUTIVO Y RELACIÓN CON OTROS TEMAS

El *Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes*, aprobado por el Real Decreto 1029/2022, de 20 de diciembre, el *Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas y otras actividades relacionadas con la exposición a las radiaciones ionizantes*, y el *Reglamento sobre instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico*, fundamentalmente, implementan el sistema de protección radiológica en España.

A través de estos reglamentos, se ha transpuesto parcialmente la *Directiva 2013/59/EURATOM¹ del Consejo*, de 5 de diciembre de 2013, por la que se establecen normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes, cuyo objeto es establecer uniformemente en la Unión Europea las normas básicas de seguridad aplicables a la protección de la salud de las personas sometidas a exposición ocupacional, médica y poblacional frente a los riesgos derivados de las radiaciones ionizantes.

En esta Directiva, se han considerado las recomendaciones para implementar un sistema de protección radiológica que la Comisión Internacional de Protección Radiológica (en adelante, CIPR) ha propuesto en su *Publicación 103, Las Recomendaciones 2007 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica*.

En este tema, se formula el concepto de sistema de protección radiológica conforme a las disposiciones de la Directiva 2013/59/EURATOM y a las recomendaciones de la Publicación 103 de la CIPR, y se detalla cómo se implementa en la reglamentación española conforme a las normas y procedimientos del *Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes*, del *Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas y otras actividades relacionadas con la exposición a las radiaciones ionizantes*, del *Reglamento sobre instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico*, y de la normativa complementaria a estos:

- En el capítulo 2, se define el concepto de sistema de protección radiológica y cada uno de sus componentes.
- En el capítulo 3, se formulan los principios generales de protección radiológica, se resumen los criterios utilizados para su aplicación, se menciona la normativa nacional que regula su implementación en el sistema de protección radiológica, se identifican

¹ Siglas de la Comunidad Europea de la Energía Atómica.

los responsables de aplicarlos, y se especifica su ámbito de aplicación en relación con las situaciones de exposición.

- En el capítulo 4, se identifican las situaciones de exposición, se menciona la reglamentación que establece las normas y procedimientos que les aplican, y se describe su conexión con las diferentes categorías de exposición.
- En el capítulo 5, se establecen e identifican las categorías de exposiciones, se menciona la reglamentación que establece las normas que les aplican, y se identifican a los responsables de aplicar estas normas y a los organismos competentes en su control reglamentario.

Este tema se relaciona con los siguientes:

TERCER EJERCICIO

Grupo A. Tema 1: Interacción de las radiaciones ionizantes con la materia viva. Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes.

Grupo A. Tema 2: Magnitudes y unidades de protección radiológica.

Grupo A. Tema 5. Protección radiológica ocupacional de los trabajadores expuestos. Principios generales, medidas de protección en el diseño y en la operación de las instalaciones.

Grupo A. Tema 10: PR en CCNN en operación y desmantelamiento.

Grupo A. Tema 11: PR en instalaciones del ciclo de combustible.

Grupo A. Tema 12: Aplicaciones médicas de las radiaciones ionizantes.

Grupo A. Tema 13: Aplicaciones industriales de las radiaciones ionizantes y transporte. Requisitos de PR.

Grupo A. Tema 20: Protección radiológica del público en circunstancias normales.

Grupo A. Tema 23: Situaciones de exposiciones de emergencia: intervenciones.

Grupo A. Tema 30: Protección radiológica en situaciones de exposición existente. Aplicación de los principios de protección. Niveles de referencia.

2. EL SISTEMA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

El sistema de protección radiológica es el conjunto de normas y procedimientos que la organización internacional CIPR ha establecido y que las autoridades nacionales adoptan para proteger a las personas y al medio ambiente de los efectos nocivos de las exposiciones a radiaciones ionizantes, tanto provenientes de fuentes naturales como artificiales, el cual se estructura lógicamente conforme a los principios de protección radiológica, a sus objetivos sanitarios, y a una serie de suposiciones, simplificaciones, conceptos y magnitudes fundamentales.

La Publicación 103 de la CIPR define el concepto actual de sistema de protección radiológica y la Directiva 2013/59/EURATOM establece las directrices comunitarias necesarias para su implementación en los Estados miembros de la Unión Europea. En España, la implementación del sistema de protección radiológica se lleva a cabo a través de las normas y procedimientos que establecen el *Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes*, el *Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas y otras actividades relacionadas con la exposición a las radiaciones ionizantes*, el *Reglamento sobre instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico*, que transponen o se encuentran en proceso de transponer parcialmente la Directiva 2013/59/EURATOM, y la normativa complementaria de estos reglamentos.

A continuación, se define cada componente del sistema de protección radiológica:

- (1) Se denomina fuente de radiación a un ente natural o artificial que emite radiación ionizante o que libera material radiactivo que, a su vez, emite radiación ionizante.

Las fuentes de radiación pueden provocar efectos nocivos en las personas debido a los productos de las interacciones de las radiaciones ionizantes en las células. Estos efectos pueden ser deterministas o estocásticos:

- Los efectos deterministas son reacciones tisulares nocivas debidas a la muerte de las células somáticas o a la alteración de su funcionamiento que no pueden ser compensadas por la proliferación de las células no dañadas; estos efectos se producirán siempre que se supere un umbral de energía depositada por la radiación en las células, y la gravedad del daño subsiguiente aumentará con la cantidad de dicha energía depositada.
- Los efectos estocásticos son el cáncer y los efectos heredables debidos a la mutación de células somáticas y a la mutación de células germinales

respectivamente; la naturaleza de estos efectos es probabilística y se puede considerar como un hecho científicamente verosímil que no existe un umbral para que ocurran.

- (2) Se denomina exposición a la acción y al efecto de someter a las personas a las radiaciones ionizantes que provienen de fuentes de radiación exteriores o interiores a su organismo.

Existen tres categorías de exposiciones:

- exposiciones ocupacionales, que son las exposiciones de las personas durante el desempeño de su actividad laboral o formativa,
- exposiciones médicas, que son las exposiciones de las personas necesarias para su diagnóstico o tratamiento médico o dental, o que suceden debido a sus actividades de cuidadores o de voluntarios en la investigación médica,
- y exposiciones del público, que son las exposiciones de personas distintas de las exposiciones ocupacionales y médicas.

En consecuencia, las personas se identifican en función de la categoría de la exposición a la que estén sometidas según las siguientes categorías:

- trabajadores expuestos, que son aquellas personas sometidas a exposiciones ocupacionales en una actividad regulada durante el desempeño de su actividad laboral o formativa que puedan recibir dosis que excedan alguno de los límites de dosis establecidos para los miembros del público,
- pacientes, cuidadores y voluntarios, que son, respectivamente, aquellas personas sometidas a exposiciones médicas para su diagnóstico o tratamiento médico o dental, para colaborar voluntariamente fuera de su ocupación en la asistencia y bienestar de los pacientes, y para participar en proyectos de investigación médica o biomédica,
- y miembros del público, que son aquellas personas que pueden estar sometidas a exposiciones distintas de las ocupacionales y médicas.

Asimismo, al conjunto de factores y circunstancias que causan o pueden causar una exposición se le denomina situación de exposición, de tal manera que todas las exposiciones suceden en alguna de las situaciones siguientes:

- situaciones de exposición planificada,
- situaciones de exposición de emergencia,
- y situaciones de exposición existente.

[Las situaciones de exposición y las categorías de exposición se definen e identifican en los capítulos 4 y 5 respectivamente]

- (3) Los conceptos fundamentales del sistema de protección radiológica son funciones matemáticas que permiten cuantificar los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes.

Estos conceptos son dos:

- detrimento, o detrimento de la salud, que se define como el daño total en la salud que experimenta un grupo de personas y sus descendientes como resultado de la exposición a una fuente de radiación ionizante; es decir, el detrimento expresa la reducción de la esperanza o de la calidad de vida de un grupo de personas y sus descendientes debida a la exposición a una fuente de radiación ionizante en función de un conjunto de atributos cuyos componentes principales son la probabilidad de cáncer fatal, la probabilidad ponderada de cáncer no fatal, la probabilidad ponderada de efectos severos heredables, y el acortamiento de la expectativa de vida si ocurre el daño,
 - y riesgo, que se define como la probabilidad de que ocurra un efecto estocástico, modificado para tener en cuenta los diferentes componentes del detrimento con el fin de expresar la severidad de las consecuencias de las exposiciones.
- (4) La magnitud fundamental del sistema de protección radiológica es la dosis absorbida, que se define como el valor esperado de la energía impartida por radiación ionizante a la materia por unidad de masa, y cuya unidad es el Gray (Gy).
- La dosis absorbida es la magnitud que permite relacionar el detrimento con la interacción de la radiación ionizante en la materia, ya que el daño celular se debe a las ionizaciones generadas por la interacción de la radiación, y las ionizaciones son consecuencia de la energía impartida por la radiación ionizante a la materia.
- Asimismo, la dosis absorbida es la magnitud de la que se derivan las magnitudes de protección necesarias para establecer las limitaciones de dosis, dosis equivalente y dosis efectiva, en las cuales se tienen en cuenta las distintas eficacias biológicas de radiaciones ionizantes de diferentes tipos y calidades y las diferentes sensibilidades de los órganos y tejidos de las personas a la radiación ionizante, y cuya unidad es el Sievert (Sv):
- Las dosis equivalentes por año se calculan mediante la dosis absorbida que una persona haya recibido durante un año en un tejido u órgano determinado, ponderada por el tipo y calidad de la radiación.

- La dosis efectiva por año se calcula mediante la suma de las dosis equivalentes que una persona haya recibido durante un año debido a sus exposiciones a fuentes internas o externas, ponderadas en todos los tejidos y órganos del cuerpo por sus sensibilidades a la radiación.
- (5) La suposición en la que se fundamenta el sistema de protección radiológica es la siguiente: a dosis por debajo de 100 mSv, el aumento de la dosis produce un incremento directamente proporcional a la probabilidad de desarrollar un cáncer o generar efectos heredables, y, además, no existe un umbral de dosis por debajo del cual esta probabilidad sea nula; es decir, se asume el modelo de respuesta a dosis bajas denominado “lineal sin umbral”.

La asunción de esta suposición es prudente y conservadora, dado que es científicamente verosímil que no existe umbral para que se produzcan los efectos estocásticos, y es práctica, puesto que permite caracterizar la relación lineal dosis / efecto a dosis bajas a partir de la relación cuadrática-lineal dosis / efecto a dosis altas, para la que sí se dispone de evidencia científica, puesto que los estudios epidemiológicos y experimentales sobre la inducción de cáncer por la radiación proporcionan evidencia del riesgo a dosis alrededor y por encima de 100 mSv.

En la práctica, esta suposición implica que, como no se considera que exista un riesgo cero, las normas de protección radiológica se tendrán que establecer en función del riesgo derivado de las exposiciones que se estime aceptable; asimismo, la relación proporcional dosis / efecto permite tratar de forma separada los diversos sucesos y situaciones de exposición.

- (6) Las simplificaciones son recomendaciones que facilitan la gestión de las situaciones de exposición a través de la reducción de la complejidad de la red de exposiciones.

La CIPR propone las dos simplificaciones siguientes:

- La primera simplificación consiste en considerar de manera separada las categorías de exposición a las que están sujetas las personas.

Esta simplificación implica que se desaconseje sumar con fines reguladores las exposiciones de una misma persona que pertenezcan a diferentes categorías de exposiciones debido a los diferentes niveles de control y distintos fines que aplican a cada categoría de exposición; por consiguiente, las exposiciones ocupacionales, médicas y de público de una misma persona se gestionan reglamentariamente por separado.

- La segunda simplificación consiste en poder tratar cada fuente o grupo de fuentes por separado, aunque dentro de cada categoría de exposición las personas puedan exponerse a varias fuentes o grupos de fuentes.

Esta simplificación permite actuar de manera individual sobre cada fuente para asegurar la protección de un grupo de personas específicamente respecto a cada fuente, siempre que se cumpla que las dosis individuales sean muy inferiores a los umbrales de los efectos deterministas.

- (7) Los objetivos sanitarios del sistema de protección radiológica en la gestión y control de las exposiciones a radiaciones ionizantes, en concordancia con la naturaleza de los efectos nocivos de la radiación y la suposición del modelo lineal sin umbral a dosis por debajo de 100 mSv, son los siguientes:

- evitar los efectos deterministas,
- y reducir los riesgos de los efectos estocásticos hasta donde sea razonablemente alcanzable.

- (8) Los principios generales de protección radiológica son las proposiciones fundamentales que permiten la estructuración lógica del conjunto de normas que se establecen para el control de las situaciones de exposición.

Estos principios generales son tres:

- justificación,
- optimización,
- y limitación de dosis.

[Los principios generales de protección radiológica se formulan en el capítulo 3]

- (9) Las normas relativas a la protección de la salud de los trabajadores y los miembros del público contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes en situaciones de exposición planificada, situaciones de exposición de emergencia y situaciones de exposición existente son las establecidas en el *Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes*, y las normas relativas a los pacientes, cuidadores y voluntarios en situaciones de exposición planificada cuando se trate de exposiciones médicas son las establecidas en el *Real Decreto 601/2019, de 18 de octubre, sobre justificación y optimización del uso de las radiaciones ionizantes*

para la protección radiológica de las personas con ocasión de exposiciones médicas.

(10) Los procedimientos son los métodos y actuaciones de evaluación e información, autorización reglamentaria, acreditación del personal, intervención, registro y control reglamentario de las instalaciones, entidades y actividades relacionadas con las radiaciones ionizantes establecidos fundamentalmente en el *Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas y otras actividades relacionadas con la exposición a las radiaciones ionizantes*, en el *Reglamento sobre instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico*, en la normativa complementaria de estos reglamentos, y en las instrucciones, guías de seguridad y procedimientos de trabajo del Consejo de Seguridad Nuclear, organismo cuyas funciones se establecen en la Ley 15/1980, de 22 de abril, de Creación del Consejo de Seguridad Nuclear, y se desarrollan en el Real Decreto 1440/2010, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Estatuto del Consejo de Seguridad Nuclear:

- Una autorización reglamentaria es un permiso que la autoridad competente concede de manera documental a una persona física o jurídica para que pueda ejercer una actividad dentro del ámbito de aplicación de la reglamentación en materia de protección radiológica.

Las personas físicas o jurídicas que requieren estas autorizaciones son las instalaciones nucleares, las instalaciones radiactivas, las instalaciones de rayos X con fines de diagnóstico médico, las entidades de prestación de servicios de protección radiológica, los fabricantes de equipos que incorporen materiales radiactivos o generen radiaciones ionizantes, los comercializadores de materiales radiactivos, las entidades que introduzcan en el mercado productos de consumo que incorporen materiales radiactivos, y las entidades que vendan o presten asistencia técnica de equipos emisores o generadores de radiación ionizante.

- Las licencias, acreditaciones y diplomas son permisos personales e intransferibles concedidos por el Consejo de Seguridad Nuclear a cada persona física de forma documental que le autoriza a operar, supervisar o asesorar en una instalación nuclear, radiactiva o de rayos X con fines de diagnóstico médico, y que se conceden a efectos de la aplicación de las normas y procedimientos de protección radiológica, sin perjuicio de las titulaciones y requisitos profesionales que les sean exigibles.

- Las evaluaciones e informaciones son actividades de análisis y elaboración de informes realizados en materia de protección radiológica por los titulares de autorizaciones reglamentarias, por las entidades de servicios de protección radiológica, por las autoridades competentes y por el Consejo de Seguridad Nuclear en el ejercicio de sus obligaciones y funciones en materia de protección radiológica.
- Una intervención es una acción humana que evita o disminuye la exposición de las personas a la radiación proveniente de fuentes que no forman parte de una situación de exposición planificada o que se encuentran fuera de control, a través de la actuación sobre las fuentes, las vías de transferencia y las personas.
- Los registros son los asientos de los datos de las actividades autorizadas realizadas que son necesarios para el control reglamentario de dichas actividades, los cuales se almacenan en archivos documentales, físicos o digitales.
- El control reglamentario es toda acción de control o regulación aplicada a actividades humanas con el propósito de hacer cumplir las normas en materia de protección radiológica.

Dentro del control reglamentario, las inspecciones y actividades de seguimiento del Consejo de Seguridad Nuclear son acciones de control para verificar el cumplimiento de las disposiciones legales y de todas las especificaciones en materia de protección radiológica que se han establecido en las autorizaciones reglamentarias.

3. LOS PRINCIPIOS GENERALES DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Los principios generales de protección radiológica son las proposiciones fundamentales que permiten la estructuración lógica del conjunto de normas y procedimientos que se establecen para el control de las situaciones de exposición.

Los principios en los que se fundamenta el sistema de protección radiológica son el principio de justificación, el principio de optimización y el principio de limitación de dosis.

3.1. Justificación

El principio de justificación establece que “las decisiones que introduzcan una actividad que pueda aumentar las exposiciones en situaciones de exposición planificada deberán justificarse mediante un análisis que asegure que el beneficio individual o social que resulte de la actividad compense el detrimento de la salud que esta pueda causar, y las decisiones que introduzcan o alteren una vía de exposición para situaciones de exposición existente y de emergencia se justificarán en el sentido que deberán ser más beneficiosas que perjudiciales”².

El proceso de justificación se puede abordar de manera cuantitativa, mediante la aplicación de técnicas de análisis coste / beneficio cuyo resultado deberá ser un beneficio neto, y de manera cualitativa, mediante la aplicación de criterios políticos, sociales o médicos, los cuales podrán prevalecer sobre los aspectos relacionados directamente con la protección radiológica.

En todo caso, este principio se aplica a todas las situaciones de exposición de la siguiente manera:

- Las actividades nuevas que puedan incrementar las exposiciones en situaciones de exposición planificada deberán ser justificadas por los promotores de las actividades, los cuales deben presentar sus justificaciones ante la Dirección General de Política Energética y Minas conforme a los procedimientos establecidos en el *Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes* y en el *Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas y otras actividades relacionadas con la exposición a las radiaciones ionizantes*.

Asimismo, la evaluación de estas justificaciones, en lo que concierne a la protección radiológica, corresponde al Consejo de Seguridad Nuclear.

Respecto a las actividades ya justificadas, la Dirección General de Política Energética y Minas podrá considerar necesaria su revisión si existiera una prueba nueva e importante respecto a su eficacia o a sus consecuencias, o si existiera información importante sobre otras técnicas o tecnologías.

En el caso particular de las exposiciones médicas, el responsable de la justificación de la exposición de cada paciente es el profesional sanitario habilitado, quien deberá aplicar el principio de justificación conforme a las normas establecidas en el Real Decreto 601/2019.

² Este principio se define en el artículo 6.a) del *Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes*.

- Será necesario aplicar el principio de justificación para justificar el hecho de que no se consideren medidas de protección radiológica en determinadas situaciones de exposición existente, y para justificar las estrategias de protección o la conveniencia de adoptar una acción para evitar una exposición adicional en situaciones de exposición de emergencia.
- Independientemente de las situaciones de exposición, se prohíben determinadas actividades por considerarlas directamente injustificadas.

Aunque, en general, quedará prohibida cualquier actividad que no se considere justificada, en el *Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes* se establece específicamente la prohibición de realizar las siguientes actividades sin necesidad de realizar ningún análisis:

- La adición de sustancias radiactivas en la producción de alimentos, juguetes, adornos personales y cosméticos, así como la importación, exportación y movimiento intracomunitario de estos bienes cuando lleven incorporadas sustancias radiactivas.
- Las actividades que conlleven la activación de materiales utilizados en juguetes y adornos personales que generen en su fabricación o comercialización un incremento de actividad no despreciable para la protección radiológica, así como la importación y exportación de estos materiales.
- La exposición deliberada de personas para la obtención de imágenes no médicas que no hayan sido justificadas y autorizadas expresamente.

3.2. Optimización

El principio de optimización establece que “la protección radiológica de las personas sometidas a exposición ocupacional o como miembros del público se optimizará con el objetivo de mantener la magnitud de las dosis individuales, la probabilidad de exposición y el número de personas expuestas los más bajos que sea razonablemente posible teniendo en cuenta el estado actual de los conocimientos técnicos y factores económicos y sociales”³.

La aplicación del principio de optimización requiere un proceso iterativo continuo de evaluación de la situación de exposición, selección de la magnitud de las dosis individuales correspondiente, identificación de las opciones de protección, selección de

la opción óptima, e implementación de la opción que se haya seleccionado, que se aplica conforme a las normas y procedimientos establecidos en el *Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes*.

En particular, la fase de selección de la opción óptima durante el proceso de optimización requiere la utilización de técnicas de ayuda para la adopción de decisiones cuya naturaleza puede ser cuantitativa, en cuyo caso el resultado deberá ser la maximización del beneficio neto, puede ser cualitativa, normalmente mediante la identificación de "buenas prácticas", o puede ser una combinación de ambas opciones. Algunas de las técnicas empleadas en el proceso de optimización son el análisis coste / beneficio, en la que los factores considerados son los costes financieros de la aplicación de las medidas de protección y los niveles de dosis colectiva, el análisis coste / beneficio ampliado, en la que se introduce un factor de dosis individuales, el análisis utilitario de atributos múltiples, en la que se aplica el concepto de función de utilidad, y el análisis de sobre-clasificación por criterios múltiples, aplicable en análisis cualitativos, cuyas referencias se incluyen en el *Informe de Seguridad N°. 21 del OIEA⁴, Optimización de la protección radiológica en el control de la exposición ocupacional*.

En todo caso, este principio se aplica a todas las situaciones de exposición de la siguiente manera:

- En situaciones de exposición planificada, la magnitud de dosis individual objeto de la optimización es una restricción de dosis, la cual se define como una limitación prospectiva de la dosis individual recibida por una exposición en situación de exposición planificada, distinta de la exposición médica de pacientes⁵, que, si se supera, implica que el control de la fuente no está optimizado. En esta definición está implícito que cada restricción de dosis se asocia a cada fuente por separado.

Estas restricciones se establecen en términos de dosis efectivas o equivalentes individuales por año.

Lógicamente, los valores de las restricciones de dosis deben ser inferiores a los límites de dosis establecidos, si bien este requisito no garantiza que una persona expuesta a varias fuentes no supere los límites de dosis si no supera cada nivel de restricción, por lo que será necesario formular un principio de limitación de dosis.

³ Este principio se define en el artículo 6.b) del *Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes*.

⁴ Siglas del Organismo Internacional de Energía Atómica.

⁵ En las exposiciones médicas solo se aplican restricciones de dosis para las exposiciones de personas cuidadoras y personas voluntarias.

Los responsables de establecer las restricciones de dosis son los titulares de las instalaciones o actividades.

- En situaciones de exposición de emergencia, existente, y planificada por exposiciones médicas en diagnóstico, la magnitud de dosis individual objeto de la optimización es un nivel de referencia, el cual se define como un valor de dosis o de concentración de actividad por encima del cual se considera inadecuado aceptar que se produzcan exposiciones.

Así, la optimización de la protección radiológica priorizará a las exposiciones por encima del nivel de referencia y seguirá aplicándose por debajo de este.

Los niveles de referencia en situaciones de exposición de emergencia se establecen como una dosis efectiva total en un intervalo de tiempo corto o, en el caso de exposición continua, anual, mientras que en situaciones de exposición existente se establecen como una dosis efectiva por año o como una concentración de actividad por año. La determinación del valor de un nivel de referencia deberá considerar tanto los requisitos de protección radiológica como los criterios sociales.

El Consejo de Seguridad Nuclear es el organismo responsable de establecer los niveles de referencia para las situaciones de exposición de emergencia y para las situaciones de exposición existente, a excepción de los niveles de referencia correspondientes a situaciones de exposición existente por exposiciones en recintos cerrados a radón y a radiaciones gamma provenientes de materiales de construcción, que se establecen explícitamente en el *Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes*.

3.3. Limitación de dosis

El principio de limitación de dosis establece que en situaciones de exposición planificada, la suma de las dosis recibidas por cualquier persona no superará los límites de dosis establecidos tanto para la exposición ocupacional como para la de los miembros del público”⁶.

Los límites de dosis se definen como los valores de dosis efectiva y dosis equivalente que no deben ser superados por una persona durante un periodo especificado con el fin de prevenir efectos nocivos deterministas y mantener el riesgo de efectos estocásticos en un nivel socialmente aceptable para cada categoría de exposición y persona.

⁶ Este principio se define en el artículo 6.c) del *Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes*.

Estos límites:

- se establecen en el *Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes* para los trabajadores expuestos, personas en formación, estudiantes y público,
- se expresan, tanto para exposiciones ocupacionales como del público, en dosis efectivas por año y, puesto que los límites en dosis efectivas no garantizan el cumplimiento del objetivo de evitar efectos deterministas en cristalino, piel y extremidades de cada persona, también se expresan en dosis equivalentes por año o a lo largo de cinco años consecutivos para esos órganos específicos,
- se aplican, para cada trabajador expuesto, persona en formación o estudiante, a la suma de todas las exposiciones ocupacionales anuales procedentes de exposiciones planificadas que sucedan por fuentes relacionadas con actividades que ya están justificadas, de las exposiciones ocupacionales al radón en el lugar de trabajo cuando la concentración exceda el nivel de referencia, y de las exposiciones ocupacionales resultantes de situaciones de exposición existentes,
- y, para cada miembro del público, a la suma de todas las exposiciones derivadas de exposiciones planificadas que sucedan por fuentes relacionadas con actividades que ya están justificadas.

En consecuencia, la aplicación de este principio implica que una persona expuesta a varias fuentes no superará los límites de dosis, y que, en el proceso de optimización de situaciones de exposición planificada, no se podrá seleccionar un valor de restricción de dosis superior a un límite de dosis.

Este principio se aplica a situaciones de exposición planificada cuando las exposiciones son ocupacionales o del público y, por consiguiente, no se aplica a situaciones de exposición existente, excepto a las exposiciones ocupacionales derivadas de estas situaciones, ni a situaciones de exposición de emergencia, ni a situaciones de exposición planificada cuando las exposiciones sean médicas.

El responsable de aplicar el principio de limitación de dosis en cada instalación o actividad es el titular de la instalación o actividad, el cual deberá seguir las normas y procedimientos pertinentes establecidos en el *Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes*.

4. LAS SITUACIONES DE EXPOSICIÓN

Una situación de exposición es en conjunto de factores y circunstancias que causan o pueden causar una exposición.

Todas las exposiciones suceden en alguna de las situaciones siguientes: situación de exposición de emergencia, situación de exposición existente, y situación de exposición planificada.

4.1. Situaciones de exposición de emergencia

Las situaciones de exposición de emergencia son las situaciones en las cuales las personas que realicen una acción urgente necesaria para prestar ayuda a personas en peligro, prevenir la exposición de otras personas o salvar una instalación o bienes valiosos podrían superar alguno de los límites de dosis individuales establecidos para los trabajadores expuestos.

Estas situaciones se pueden agrupar en los tipos siguientes:

- Situaciones en las que la exposición se deba a una emergencia en una central nuclear.
- Situaciones en las que la exposición se deba a una emergencia en una instalación radiactiva o nuclear distinta de una central nuclear.
- Situaciones en las que la exposición se deba a una emergencia en el transporte por carretera o ferrocarril de mercancías peligrosas de clase 7⁷.

En situaciones de exposición de emergencia, los principios de justificación y optimización se aplican conforme a lo relacionado en el capítulo 3 y en los siguientes puntos.

- Las medidas de protección radiológicas y otras actuaciones que se lleven a cabo para afrontar las emergencias tienen la consideración de intervenciones a efectos de lo previsto en el *Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes*.

En las situaciones de exposición de emergencia, la forma, magnitud y duración de las intervenciones se deberán optimizar de manera que el beneficio correspondiente a la reducción del detrimento de la salud, una vez deducido el perjuicio asociado a la intervención, sea máximo.

⁷ La clase 7 son los materiales radiactivos, según la clasificación de mercancías establecida en el *Acuerdo Europeo sobre transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera, ADR 2023*.

Asimismo, el personal de intervención deberá someterse a control dosimétrico y a una vigilancia especial de la salud, y deberá recibir la información y formación adecuada prevista en el sistema de gestión de emergencias, por lo que de manera efectiva son trabajadores expuestos.

- En las situaciones en las que la exposición se deba a una emergencia en una central nuclear, los procedimientos de actuación y las responsabilidades en caso de emergencia son los establecidos en el plan de emergencia interior de la central y en el plan de emergencia nuclear de nivel de respuesta exterior de la central, cuyas elaboraciones e implantaciones se realizan conforme a lo establecido en el *Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas y otras actividades relacionadas con la exposición a las radiaciones ionizantes*, en el Real Decreto 1546/2004, de 25 de junio, por el que se aprueba el Plan Básico de Emergencia Nuclear, y en el *Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes*, y, si la emergencia está relacionada con la protección física de la central nuclear, los procedimientos son los establecidos en el *Real Decreto 1308/2011, de 26 de septiembre, sobre protección física de las instalaciones y los materiales nucleares, y de las fuentes radiactivas*.

En su caso, el Consejo de Seguridad Nuclear será el organismo responsable de establecer los criterios radiológicos para la transición desde una situación de exposición de emergencia a una situación de exposición existente.

- En las situaciones en las que la exposición se deba a una emergencia en una instalación radiactiva o nuclear distinta a una central nuclear, los procedimientos de actuación y la organización en caso de emergencia son los establecidos en el plan de emergencia interior de la instalación, en el Plan Especial frente a Emergencias Radiológicas de la comunidad autónoma correspondiente, y en el Plan Estatal de Protección Civil ante Riesgo Radiológico, cuya elaboración e implantación se realiza conforme a lo establecido en el *Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas y otras actividades relacionadas con la exposición a las radiaciones ionizantes*, en el Real Decreto 1564/2010, de 19 de noviembre, por el que se aprueba la *Directriz básica de planificación de protección civil ante el riesgo radiológico*, en el Real Decreto 1054/2015, de 20 de noviembre, por el que se aprueba el Plan Estatal de Protección Civil ante el Riesgo Radiológico, y en el *Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes*, y, si la emergencia está relacionada con la protección física de materiales nucleares o fuentes de radiación, los procedimientos son los establecidos en el *Real Decreto 1308/2011*.

- En las situaciones en las que la exposición se deba a una emergencia en el transporte de mercancías peligrosas de clase 7, los procedimientos de actuación son los establecidos en los planes especiales de protección civil ante el riesgo de accidentes en los transportes de mercancías peligrosas por carretera y ferrocarril, cuyo contenido e implantación se realiza conforme a lo establecido en el *Real Decreto 387/1996, de 1 de marzo, por el que se aprueba la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el riesgo de accidentes en los transportes de mercancías peligrosas por carretera y ferrocarril*, y en el *Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes*, y, si la emergencia está relacionada con la protección física de materiales nucleares o fuentes de radiación, los procedimientos son los establecidos en el *Real Decreto 1308/2011*.
- Los niveles de referencia para la exposición del personal de intervención y para la de los miembros del público son los que establezca el Consejo de Seguridad Nuclear. Estos niveles deberán establecerse por debajo de los límites de dosis siempre que sea posible, por lo que, cuando esto no sea posible, el Consejo de Seguridad Nuclear los establecerá conforme a los siguientes criterios:
 - En términos generales, deberán ser inferiores a una dosis efectiva de 100 mSv para la exposición del personal de intervención en emergencia, excepto en situaciones de exposición de emergencia excepcionales cuyas actuaciones tengan por objeto salvar vidas, evitar efectos graves sobre la salud derivados de la radiación o evitar el desarrollo de condiciones catastróficas, en cuyo caso podrán ser superiores a 100 mSv, si bien no podrán superar los 500 mSv, y siempre que las actuaciones se realicen de manera voluntaria.
 - Asimismo, deberán ser inferiores a una dosis efectiva de 100 mSv para la exposición de los miembros del público en situación de exposición de emergencia.
- Las exposiciones en situaciones de exposición de emergencia pueden ser ocupacionales o de público, por lo que les aplican los procedimientos y normas correspondientes a los que se hace referencia en los apartados 5.1 y 5.3.

4.2. Situaciones de exposición existente

Las situaciones de exposición existente son las situaciones en las que la exposición ya existe cuando debe tomarse una decisión sobre su control y no se requiere la adopción de medidas urgentes, así como las situaciones en las que la exposición es creada por

una fuente de radiación cuya ubicuidad o magnitud hace injustificado su control con los criterios que se aplicarían a una situación de exposición planificada.

Las situaciones de exposición existente son las siguientes:

- Situaciones en las que la exposición se deba a contaminación de zonas por material radiactivo residual procedente de actividades pasadas que nunca estuvieron sujetas a control reglamentario o reguladas conforme a lo establecido en el *Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes*, a actividades pasadas de una empresa de las que ya no es legalmente responsable, y a situaciones posteriores a que una situación de exposición de emergencia por emergencia nuclear o radiológica se haya declarado finalizada.
- Situaciones en las que la exposición se deba a fuentes de radiación natural, incluidas las fuentes de radón y torón en recintos cerrados y las fuentes de exposiciones externas presentes en los materiales de construcción.
- Situaciones en las que la exposición se deba a fuentes naturales o a fuentes procedentes de zonas contaminadas incluidas en el primer punto presentes en productos de consumo distintos de los alimentos, piensos y agua potable.

En situaciones de exposición existente, los principios de justificación y optimización se aplican conforme a lo relacionado en el capítulo 3 y en los siguientes puntos:

- Las intervenciones en situaciones de exposición existente solo se emprenderán cuando la reducción del detrimento de la salud debido a la radiación sea suficiente para justificar los efectos nocivos y los costes de la intervención, incluidos los costes sociales.

La forma, magnitud y duración de la intervención deberán optimizarse de manera que se maximice el beneficio correspondiente a la reducción del detrimento de la salud, una vez deducido el perjuicio asociado a la intervención.

Las intervenciones en situación de exposición existente están sujetas a los mismos requisitos que los de las situaciones de exposición planificada, incluidos los límites de dosis para trabajadores y miembros del público.

- El *Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes* establece obligaciones específicas para el titular de la actividad laboral en la que suceda exposición al radón, y establece el

procedimiento de estimación de la concentración de radón y el procedimiento de creación e implantación del Plan Nacional contra el Radón.

Asimismo, este reglamento establece las obligaciones de los responsables de las intervenciones en zonas contaminadas, las obligaciones de las compañías aéreas cuando las exposiciones a la radiación cósmica del personal de tripulación de aeronaves puedan resultar en una dosis superior a 1 mSv por año, y las obligaciones de los suministradores de materiales de construcción que incorporen material radiactivo de origen natural y de materiales de construcción o aditivos naturales de origen ígneo o asociados a mineralizaciones de uranio.

- El Real Decreto 451/2020, de 10 de marzo, sobre control y recuperación de las fuentes radiactivas huérfanas establece los procedimientos aplicables a las situaciones de exposición existente por fuentes huérfanas.
- El Consejo de Seguridad Nuclear determinará en cuáles de las situaciones de exposición existente se deberá establecer un programa de vigilancia radiológica ambiental.
- Respecto a los niveles de referencia, estos son establecidos por el Consejo de Seguridad Nuclear, y no podrán exceder 20 mSv por año, excepto los niveles de referencia en recintos cerrados para la exposición al radón y para la exposición externa a radiación gamma proveniente de materiales de construcción, que son establecidos explícitamente en el *Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes*, y cuyos valores son 300 Bq/m³ de promedio anual y 1 mSv por año respectivamente.
- Las exposiciones en situaciones de exposición existente pueden ser ocupacionales o de público, por lo que les aplican los procedimientos y normas correspondientes a los que se hace referencia en los apartados 5.1 y 5.3.

4.3. Situaciones de exposición planificada

Las situaciones de exposición planificada son las situaciones que causan la exposición normal o potencial de personas como consecuencia del uso planificado de una fuente de radiación o de una actividad humana que altera las vías de exposición.

Las situaciones de exposición planificada son las siguientes:

- Situaciones en las que la exposición se deba a la explotación de minerales radiactivos, la fabricación, producción, tratamiento, manipulación, eliminación,

utilización, almacenamiento, posesión, transporte, importación, exportación y movimiento intracomunitario de materiales radiactivos de origen artificial o natural, cuando los radionucleidos son o han sido procesados por sus propiedades radiactivas, fisionables o fértiles.

- Situaciones en las que la exposición se deba a la fabricación y operación de cualquier equipo eléctrico que emita radiaciones ionizantes y que contenga componentes que funcionen a una diferencia de potencial superior a 5 kV.
- Situaciones en las que la exposición se deba a la comercialización de fuentes radiactivas y la asistencia técnica de equipos que incorporen fuentes radiactivas o sean productores de radiaciones ionizantes.
- Situaciones en las que la exposición se deba a la obtención de imágenes no médicas.
- Situaciones en las que la exposición se deba al procesamiento, aprovechamiento o gestión de materiales radiactivos de origen natural diferentes a los del primer punto.
- Situaciones en las que la exposición sea médica.
- Situaciones correspondientes a actividades que puedan aumentar la exposición de las personas y que la Dirección General de Política Energética y Minas considere oportuno autorizar.

Asimismo, las exposiciones en situación de exposición planificada también se pueden clasificar como normales y potenciales:

- Las exposiciones planificadas normales son exposiciones previstas en las condiciones normales de explotación de una instalación o de un ejercicio de una actividad.
- Las exposiciones planificadas potenciales son exposiciones que se derivan de un suceso o secuencia de sucesos de naturaleza probabilística.

Los principios de justificación, optimización y limitación de dosis se aplican en situaciones de exposición planificada conforme a lo relacionado en el capítulo 3 y en los siguientes puntos, excepto si las exposiciones son médicas, en cuyo caso no se aplica el principio de limitación de dosis:

- Las actividades humanas que puedan incrementar la exposición de las personas a las radiaciones provenientes de una fuente de radiación y que se deban gestionar como situaciones de exposición planificada deberán cumplir lo establecido en materia de

autorizaciones reglamentarias y de acreditaciones del personal en el *Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas y otras actividades relacionadas con la exposición a las radiaciones ionizantes*, en el *Reglamento sobre instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico*, y en el *Real Decreto 229/2006, de 24 de febrero, sobre el control de fuentes radiactivas encapsuladas de alta actividad y fuentes huérfanas*.

- Las entidades de prestación de servicios de protección radiológica, tales como los servicios y unidades técnicas de protección radiológica, las empresas de venta y asistencia técnica y los servicios de dosimetría, deberán ser expresamente autorizados conforme a lo establecido en el *Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes*, en el *Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas y otras actividades relacionadas con la exposición a las radiaciones ionizantes* y en el *Reglamento sobre instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico*.
- Los procedimientos específicos del transporte de mercancías peligrosas de clase 7 son los establecidos en el *Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas y otras actividades relacionadas con la exposición a las radiaciones ionizantes*, en el *Real Decreto 412/2001, de 20 de abril, por el que se regulan diversos aspectos relacionados con el transporte de mercancías peligrosas por ferrocarril*, y en el *Real Decreto 97/2014, de 14 de febrero, por el que se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español*.
- Las normas y los procedimientos de protección física para prevenir o mitigar exposiciones potenciales asociadas a situaciones de exposición planificadas en las instalaciones nucleares, con los materiales nucleares y con las fuentes de radiación, derivadas de su robo, hurto, sabotaje u otros actos maliciosos, son los establecidos en el *Real Decreto 1308/2011*.
- Los límites de dosis establecidos en el *Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes* son los siguientes:
 - Para los trabajadores expuestos, el límite de dosis efectiva es de 20 mSv por año oficial, y, los límites de dosis equivalentes, 100 mSv en cinco años oficiales consecutivos con un máximo de 50 mSv en un año oficial para cristalino, 500 mSv por año oficial promediada sobre cualquier superficie cutánea de 1 cm² para piel, y 500 mSv por año oficial para cada extremidad.

- Para las personas en formación y estudiantes, el límite de dosis efectiva es de 6 mSv por año oficial, mientras que los límites de dosis equivalentes son de 15 mSv por año oficial para cristalino, 150 mSv por año oficial promediada sobre cualquier superficie cutánea de 1 cm² para piel, y 150 mSv por año oficial para cada extremidad.
- Para los miembros del público, el límite de dosis efectiva es de 1 mSv por año oficial, mientras que los límites de dosis equivalentes son de 15 mSv por año oficial para cristalino y 50 mSv por año oficial promediada sobre cualquier superficie cutánea de 1 cm² para la piel.
- Para trabajadoras expuestas que se encuentran embarazadas, la dosis equivalente para el feto no excederá 1 mSv desde la comunicación del estado de la trabajadora hasta el final del embarazo.
- En circunstancias excepcionales, distintas de las exposiciones accidentales y las exposiciones en situaciones de exposición de emergencia, el Consejo de Seguridad Nuclear podrá autorizar exposiciones ocupacionales individuales de trabajadores expuestos superiores a su límite de dosis efectiva, siempre que las exposiciones estén limitadas en el tiempo y se circunscriban a determinadas zonas de trabajo.
- Las exposiciones en situaciones de exposición planificada pueden ser ocupacionales, médicas, o de público, por lo que les aplican los procedimientos y normas correspondientes a los que se hace referencia en el capítulo 5.

5. LAS EXPOSICIONES

Una exposición es la acción y el efecto de someter a las personas a las radiaciones ionizantes que proceden de fuentes exteriores o interiores a su organismo.

Las exposiciones se agrupan en tres categorías: exposiciones ocupacionales, exposiciones médicas, y exposiciones del público.

5.1. Exposiciones ocupacionales

Las exposiciones ocupacionales son exposiciones de personas durante el desempeño de su actividad laboral o formativa.

A esta categoría de exposiciones les aplican las normas de protección radiológica ocupacional establecidas en el *Reglamento sobre protección de la salud contra los*

riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes cuyo objeto es regular las actuaciones de protección radiológica operacional siguientes:

- La evaluación preliminar de las condiciones laborales para determinar la naturaleza y magnitud del riesgo radiológico y asegurar la aplicación del principio de optimización.
- La clasificación de los lugares de trabajo en zonas teniendo en cuenta la evaluación de las dosis anuales previstas, el riesgo de dispersión de la contaminación y la probabilidad y magnitud de exposiciones potenciales.
- La clasificación de los trabajadores expuestos en categorías en función de sus condiciones de trabajo.
- La aplicación de las normas y medidas de vigilancia y control relativas a las zonas de trabajo y a las categorías de trabajadores expuestos, incluida la vigilancia individual.
- La vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos.
- La información y formación de los trabajadores expuestos.

El responsable de que las actuaciones relacionadas en la lista anterior se lleven a cabo de conformidad con las normas establecidas en el *Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes* es el titular de la actividad autorizada.

Respecto al control reglamentario, la inspección del Consejo de Seguridad Nuclear se encarga de verificar el cumplimiento de las normas de protección radiológica ocupacional establecidas en el *Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes*.

5.2. Exposiciones médicas

Las exposiciones médicas son exposiciones de personas realizadas para su diagnóstico o tratamiento médico o dental o por sus actividades como cuidadores o voluntarios en la investigación médica, es decir:

- las exposiciones de pacientes para su diagnóstico o tratamiento médico, dental o podológico,
- las exposiciones de los trabajadores en la vigilancia periódica de su estado de salud,
- las exposiciones de personas en programas de cribado sanitario,

- las exposiciones de personas asintomáticas o de pacientes que participan voluntariamente en programas de investigación médica o biomédica, de diagnóstico o terapia,
- y las exposiciones de personas que, fuera de su ocupación, colaboran en la asistencia de pacientes sometidos a exposiciones médicas.

A esta categoría de exposiciones se les aplican las normas de protección radiológica médica establecidas en el Real Decreto 601/2019, cuyo objetivo es regular el establecimiento de los principios de justificación y optimización en las exposiciones médicas.

Los responsables de la aplicación de estas normas son, entre otros, los profesionales sanitarios habilitados para asumir la responsabilidad clínica de cada exposición médica individual.

Respecto a la vigilancia del cumplimiento de lo establecido en el Real Decreto 601/2019, esta corresponde a la autoridad sanitaria competente.

5.3. Exposiciones del público

Las exposiciones del público son exposiciones de personas diferentes a las exposiciones ocupacionales o médicas.

A esta categoría de exposiciones se les aplican las normas de protección radiológica de los miembros del público establecidas en el *Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes*, las cuales, en situaciones de exposición planificada normal, se aplican conforme a los siguientes criterios:

- El primero se refiere a la evaluación del riesgo que conlleve la actividad en situación de exposición planificada, para lo cual, el titular de la actividad deberá llevar a cabo los estudios adecuados con el fin de confirmar que el riesgo de exposición a que pudieran estar sometidos los miembros del público como consecuencia de sus actividades no es significativo desde el punto de vista de la protección radiológica, teniendo en cuenta sus efectos a largo plazo; asimismo, en función de los estudios mencionados, la correspondiente autorización de la actividad especificará si el titular debe disponer de un sistema específico de vigilancia para evaluar y controlar las dosis que puedan recibir los miembros del público.
- El segundo se refiere a la prevención de la generación de contaminación derivada de la actividad, para lo cual, la actividad en situación de exposición planificada se

deberá proyectar y ejecutar de manera que se evite o reduzca hasta el mínimo razonablemente posible la evacuación de efluentes radiactivos al medio ambiente y la generación de residuos a lo largo del ciclo de vida de la instalación, así como las dosis producidas por exposición a radiación externa.

- El tercero se refiere a la minimización de las exposiciones que conlleven la actividad, para lo cual, las exposiciones de los miembros del público debidas a actividades en situaciones de exposición planificada deberán mantenerse en el valor más bajo que sea razonablemente posible, teniendo en cuenta factores económicos y sociales.

El responsable de que las normas de protección radiológica de los miembros del público en situaciones de exposición planificada normal se apliquen conforme a los criterios relacionados en la lista anterior es el titular de la actividad autorizada.

Respecto al control reglamentario, la inspección del Consejo de Seguridad Nuclear tiene como objetivo verificar el cumplimiento de las normas de protección radiológica de los miembros del público establecidas en el *Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes*.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [CIPR. Publicación 103. Las Recomendaciones 2007 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica.](#)
- [Directiva 2013/59/EURATOM del Consejo, de 5 de diciembre de 2013, por la que se establecen normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes.](#)
- [Ley 15/1980, de 22 de abril, de creación del Consejo de Seguridad Nuclear.](#)
- OIEA. Informe de seguridad 21. Optimización de la protección radiológica en el control de la exposición ocupacional.
- [Real Decreto 97/2014, de 14 de febrero, por el que se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español.](#)
- [Real Decreto 229/2006, de 24 de febrero, sobre el control de fuentes radiactivas encapsuladas de alta actividad y fuentes huérfanas.](#)
- [Real Decreto 387/1996, de 1 de marzo, por el que se aprueba la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el riesgo de accidentes en los transportes de mercancías peligrosas por carretera y ferrocarril.](#)
- [Real Decreto 412/2001, de 20 de abril, por el que se regulan diversos aspectos relacionados con el transporte de mercancías peligrosas por ferrocarril.](#)
- [Real Decreto 451/2020, de 10 de marzo, sobre control y recuperación de las fuentes radiactivas huérfanas.](#)
- [Real Decreto 601/2019, de 18 de octubre, sobre justificación y optimización del uso de las radiaciones ionizantes para la protección radiológica de las personas con ocasión de exposiciones médicas.](#)
- [Real Decreto 1054/2015, de 20 de noviembre, por el que se aprueba el Plan Estatal de Protección Civil ante el Riesgo Radiológico.](#)
- [Real Decreto 1308/2011, de 26 de septiembre, sobre protección física de las instalaciones y los materiales nucleares, y de las fuentes radiactivas.](#)

- [Real Decreto 1440/2010, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Estatuto del Consejo de Seguridad Nuclear.](#)
- [Real Decreto 1546/2004, de 25 de junio, por el que se aprueba el Plan Básico de Emergencia Nuclear.](#)
- [Real Decreto 1564/2010, de 19 de noviembre, por el que se aprueba la Directriz básica de planificación de protección civil ante el riesgo radiológico.](#)
- Reglamento sobre instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico.
- Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas, y otras actividades relacionadas con la exposición a las radiaciones ionizantes.
- [Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes, aprobado por el Real Decreto 1029/2022, de 20 de diciembre.](#)
- [Texto enmendado de los Anejos A y B del Acuerdo Europeo sobre transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera \(ADR 2023\) con las Enmiendas adoptadas durante la sesión 110ª del Grupo de trabajo de transportes de mercancías peligrosas de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas \(CEPE\), BOE número 65 del 17 de marzo de 2023.](#)