

## **TERCER EJERCICIO**

### **GRUPO B – PROTECCIÓN RADIOLÓGICA**

#### **TEMA 5**

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

## ÍNDICE

1.	RESUMEN .....	3
2.	RELACIÓN CON OTROS TEMAS DE LA OPOSICIÓN .....	3
3.	INTRODUCCIÓN .....	5
4.	MARCO NORMATIVO .....	7
5.	PRINCIPIOS GENERALES .....	8
6.	MEDIDAS DE PROTECCIÓN EN EL DISEÑO.....	11
6.1	Criterios radiológicos en el diseño .....	11
6.2	Blindaje.....	12
6.3	Confinamiento.....	13
7.	MEDIDAS DE PROTECCIÓN EN LA OPERACIÓN DE LAS INSTALACIONES.....	13
7.1	Clasificación de zonas .....	14
7.2	Clasificación radiológica de los trabajadores .....	15
7.3	Información y formación .....	15
7.4	Vigilancia radiológica de los lugares de trabajo .....	15
7.5	Vigilancia individual.....	16
7.6	Permiso de trabajo con radiaciones (PTR).....	17
8.	ANEXO .....	18

## **1. RESUMEN**

El tema proporciona una visión global de los principios generales en los que se fundamenta un sistema de protección radiológica, para el control de todas las situaciones de exposición a las radiaciones ionizantes que fue establecido por la ICRP y que está basado en los principios de justificación, optimización y limitación de dosis que se recogen en la normativa internacional (OIEA), en la normativa europea Directiva 2013/59/EURATOM, por la que se establecen normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de las radiaciones ionizantes, que se traspuso a la legislación nacional en el RD 1029/2022 de 20 de diciembre (Reglamento de Protección de la Salud contra los riesgos derivados de las radiaciones ionizantes). En el tema se presenta el marco normativo nacional vigente relativo a la protección radiológica ocupacional

Se exponen los principios de protección radiológica y la responsabilidad de todos los agentes que intervienen para que un sistema de protección radiológica ocupacional sea efectivo en la protección de los trabajadores, el público y el medioambiente durante la realización de una práctica y/o actividad laboral en presencia de radiaciones ionizantes.

Se detallan los criterios radiológicos para que el diseño cumpla con los principios de optimización y limitación de dosis, así como las medidas de protección en el diseño para asegurar que la exposición a la radiación, en todos los estados operativos de una instalación, se mantenga por debajo de los límites establecidos en la normativa y sea tan baja como sea razonablemente posible.

Se describen las medidas de protección radiológica en el desarrollo de una práctica en la operación de las instalaciones y en las actividades laborales en presencia de radiaciones ionizantes incluidas en el RD 1029/2022. Se desarrolla el contenido del Programa de Protección Radiológica Operacional que incluye medidas de prevención de la ocurrencia de exposiciones ocupacionales, en las medidas para el control de los riesgos radiológicos y las medidas de vigilancia utilizadas para asegurar que las medidas de prevención y de control son adecuadas para el cumplimiento de los objetivos radiológicos.

## **2. RELACIÓN CON OTROS TEMAS DE LA OPOSICIÓN**

### **Primer ejercicio:**

#### **A. Legislación**

11. El consejo de Seguridad Nuclear. Normas reguladoras. Naturaleza, características y funciones del Consejo. Sus órganos y competencias. La capacidad normativa del Consejo. El cuerpo de seguridad nuclear y protección radiológica. Funciones del Ministerio para la Transición y el Reto Demográfico en relación con las instalaciones nucleares y radiactivas

12. Directivas de la Unión Europea en materia de Seguridad Nuclear y Protección Radiológica. Mecanismos de transposición.

14. La Ley 25/1964, de 29 de abril sobre Energía Nuclear. Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas. Régimen de autorizaciones de estas

instalaciones: Instrucciones Técnicas Complementarias. Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes. Instrucciones del Consejo de Seguridad Nuclear. El Plan Básico de Emergencia Nuclear.

15. El procedimiento sancionador en materia de seguridad nuclear y protección radiológica. Delitos relativos a la energía nuclear y a las radiaciones ionizantes. Competencias del Consejo de Seguridad Nuclear.

17. Organismos internacionales sobre Seguridad Nuclear y Protección Radiológica. El Organismo Internacional de Energía Atómica de las Naciones Unidas. La Agencia de Energía Nuclear de la OCDE. La Comisión Internacional de protección radiológica. El comité científico sobre efectos de las radiaciones ionizantes de las naciones unidas.

## **B. Física y Tecnología Nuclear**

10. Blindajes contra las radiaciones. Diseño. Materiales. Cálculos.

### **Tercer ejercicio**

#### **A. Seguridad nuclear**

2. Bases de diseño y bases de licencia de las Centrales nucleares. Criterios generales de diseño aplicables a las centrales nucleares.

3. Concepto de defensa en profundidad. La seguridad mediante sistemas. Sistemas de control y de protección. Sistemas de salvaguardia en centrales nucleares de agua ligera.

22. Clasificación de seguridad de estructuras, sistemas y componentes. Calificación sísmica y ambiental de equipos en centrales nucleares.

23. Análisis de accidentes en el estudio de seguridad de reactores de agua ligera. Especificaciones de funcionamiento.

32. Gestión del combustible nuclear irradiado. Metodos de almacenamiento a corto, medio y largo plazo. Almacenamiento temporal y transporte de contenedores

#### **B. Protección radiológica**

1. Interacción de las radiaciones ionizantes con la materia viva. Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes.

2. Magnitudes y unidades de protección radiológica

3. Instrumentación y métodos analíticos utilizados en la detección y medida de la radiación ionizante. Verificación, calibración y control de calidad.

4. El sistema de protección radiológica. Principios de justificación, optimización y limitación de dosis. Situaciones de exposición.

6. Clasificación y delimitación de zonas de trabajo con radiaciones ionizantes

7. La dosis debida a la radiación externa. Métodos de estimación. Dosimetría

8. La dosis debida a la contaminación interna. Métodos de estimación. Dosimetría.

10. PR en CCNN en operación y en desmantelamiento

11. PR en instalaciones del ciclo de combustible

13. Aplicaciones industriales de las radiaciones ionizantes y transporte. Requisitos de PR.

17. Seguridad y protección radiológica en las instalaciones de almacenamiento definitivo de residuos radiactivos.

26. Lecciones aprendidas en materia de protección radiológica resultantes de los accidentes nucleares. Implantación de medidas adicionales para hacer frente a emergencias radiológicas en centrales nucleares.

28. Servicios y unidades técnicas de protección radiológica, servicios de dosimetría personal: funciones, requisitos y régimen de autorizaciones.

30. Protección radiológica en situaciones de exposición existente. Aplicación de los principios de protección. Niveles de referencia.

33. Organismos y asociaciones internacionales de referencia en protección radiológica. OIEA, UNSCEAR, ICRP, EC/EURATOM, NEA, HERCA, IRPA.

### 3. INTRODUCCIÓN

En el Reglamento de protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes (RPSI), RD 1029/2022 de 20 de diciembre, se define protección radiológica como el conjunto de normas y procedimientos que se utilizan para prevenir los riesgos de la recepción de dosis de la radiación y, en su caso, paliar y solucionar sus efectos.

El control de todas las situaciones de exposición se fundamenta en un sistema de protección radiológica, hoy vigente, que fue establecido en 1977 por la ICRP y que está basado en los principios de justificación, optimización y limitación de dosis. Estos principios generales están recogidos la legislación española en el Título II Artículo 6 del RPSI.

A nivel internacional el OIEA recoge los principios de justificación optimización y limitación de dosis en los principios básicos de seguridad (*Fundamentals Safety Principles*) 4-6 y 10, que en términos de requisitos están establecidos en los *General Safety Requirements* (GRS) *part* 3, requisito 1, párrafos 2.7, 2.8 y 2.9 para el principio de justificación, el párrafo 2.10 para el principio de optimización y 2.11 para el de limitación de dosis.

La exposición ocupacional a las radiaciones ionizantes es aquella a la que están expuestos los trabajadores durante su actividad laboral. La exposición ocupacional puede ocurrir, por tanto, en un intervalo amplio de actividades profesionales: en las instalaciones del ciclo del combustible (centrales nucleares, plantas de fabricación de combustible, instalaciones de residuos, etc.), en la industria no nuclear, en instituciones médicas, en los centros educativos y de investigación y en cualquier otra práctica que implique un riesgo de exposición a las radiaciones ionizantes.

Se distinguen tres vías de exposición: a) la exposición planificada, b) la exposición en situaciones de emergencia y c) la exposición en situaciones de exposición existente, definidas en el Título I, capítulo I, artículo 1 del RPSI.

- a) Las situaciones de exposición planificada son aquellas que surgen del uso de una fuente de radiación o de una actividad humana que altera las vías de exposición causando la exposición de las personas o el medioambiente. En estas situaciones la exposición está prevista en las condiciones normales de explotación de una instalación o en el ejercicio de una actividad.
- b) Las situaciones de exposición en situaciones de emergencia son las debidas a una emergencia nuclear o radiológica.

c) Las situaciones de exposición existente son:

- las debidas a contaminación nuclear o radiológica de zonas por material radiactivo residual procedente de:
  - actividades pasadas que nunca estuvieron sujetas a control reglamentario o no estuvieron reguladas de acuerdo con los requisitos establecidos en el RPSI,
  - una situación de exposición de emergencia que se haya declarado finalizada según se prevé en el sistema de gestión de emergencias
  - actividades pasadas de las que la empresa ya no es legalmente responsable
- la exposición de los miembros de la tripulación de aeronaves y vehículos espaciales
- la exposición de los trabajadores o miembros del público al radón en recintos cerrados
- la exposición externa en recintos cerrados a la radiación gamma procedente de los materiales de construcción

La protección radiológica ocupacional es el conjunto de normas y procedimientos utilizados para prevenir y/o reducir los riesgos del trabajador ante la exposición a las radiaciones ionizantes, por cualquiera de las tres vías indicadas, durante su actividad laboral.

La responsabilidad para que un sistema de protección radiológica ocupacional sea efectivo incluye a todos los agentes que intervienen en la protección de los trabajadores, el público y el medioambiente frente a las radiaciones ionizantes, en cualquiera de las situaciones de exposición indicadas previamente. Estos agentes son el estado, el organismo regulador, el titular de la práctica, y en su caso, la empresa externa que le da servicio y los trabajadores.

El estado es responsable de establecer un marco legislativo regulador nacional para la protección y seguridad radiológicas en todas las situaciones de exposición, definiendo requisitos legales específicos y un organismo regulador independiente con autoridad, recursos y competencias suficientes.

En el caso de España, estas normas, de acuerdo con el artículo 2 b) del Tratado constitutivo de la Comunidad Europea de la Energía Atómica (EURATOM) incorporan al derecho español las disposiciones de obligado cumplimiento para los estados miembros emanadas del Consejo de la Unión Europea.

El Consejo de la Unión Europea aprobó el 5 de diciembre de 2013 la Directiva 2013/59/EURATOM por la que se establecen normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de las radiaciones ionizantes. Esta directiva se transpone a la legislación española en el RD 1029/2022 de 20 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre Protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes (RPSI).

A nivel nacional, el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), organismo regulador, tiene como misión (Plan estratégico del CSN) la de proteger a los trabajadores, la población y el medio ambiente de los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes, propiciando que las instalaciones nucleares y radiactivas sean operadas por sus titulares de forma segura, y estableciendo las medidas de prevención y corrección frente a emergencias radiológicas, cualquiera que sea su origen. Para ello desarrolla su actividad en cinco vertientes reguladoras básicas dentro de los límites establecidos en su Ley de Creación (Ley 15/1980 de 22 de abril), la elaboración y propuesta de normativa, los procedimientos de concesión de autorizaciones y licencias, la supervisión y control de instalaciones y actividades, la participación en procesos sancionadores y la colaboración en la elaboración de criterios para la preparación y respuesta ante emergencias y para los planes de protección física.

La aplicación de los requisitos que se establecen en el Reglamento sobre Protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes (RPSI) es responsabilidad del titular de la instalación o actividad que origine una situación de exposición a las radiaciones ionizantes en el ámbito de su actividad y competencia (capítulo III, artículo 5 del RPSI). El titular contará con el asesoramiento y supervisión de un Servicio de Protección Radiológica (SPR) o Unidad Técnica de Protección Radiológica (UTPR) o en su defecto con el Supervisor o persona a la que se encomienden las funciones de protección radiológica para el desarrollo de sus funciones.

EL artículo 25 del RPSI establece que el CSN, considerando el riesgo radiológico de la práctica, podrá exigir al titular que se dote de un SPR o que contraten una UTPR. Los SPR y UTPR deberán estar expresamente autorizados por el CSN y estarán constituidos por una persona jefe del Servicio o Unidad Técnica de protección radiológica y por los técnicos en protección radiológica. Los SPR y UTPR podrán actuar en más de una instalación cuando estén expresamente autorizados para ello por el CSN.

Los SPR se organizan y actúan independientemente del resto de unidades funcionales. El jefe o la jefa del SPR mantendrá una dependencia funcional directa del titular o de la persona de la instalación sobre la que recaiga la máxima responsabilidad dentro de la instalación. Ello sin perjuicio de la coordinación con los Servicios de Prevención establecidos en la legislación laboral (el riesgo de exposición a radiaciones ionizantes y las medidas de protección radiológica deben considerarse, de manera integrada, en los planes de prevención de riesgos laborales, en las evaluaciones de riesgos y en las planificaciones de la actividad preventiva que exige la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales).

La persona que ocupa la jefatura del SPR o de la UTPR deberá estar en posesión de un diploma expedido por el CSN que lo acredita como tal y debe velar por el cumplimiento de los establecido en el RPSI. Tiene la obligación, en el caso de no cumplirse lo establecido en el Reglamento, de comunicarlo por escrito al titular de la práctica, manteniendo el registro de la comunicación a disposición de la inspección del CSN. Requerirá por escrito al titular de la práctica la paralización de los trabajos o el desalojo de un área si a su juicio no se cumplen los debidos requisitos de protección radiológica.

El reconocimiento de los técnicos de protección radiológica contra las radiaciones ionizantes se realiza de acuerdo a la IS-03 “Instrucción sobre cualificaciones para obtener el reconocimiento de experto en protección contra las radiaciones ionizantes” del CSN.

La responsabilidad de los trabajadores radica en conocer y cumplir la normativa y procedimientos vigentes, manteniendo sus dosis y, en su caso, la de otros trabajadores a su cargo, tan bajas como sea posible, sometiéndose a los controles radiológicos y de la salud con la periodicidad establecida y aceptando la formación y entrenamiento en protección radiológica acorde a sus funciones para de esa forma contribuir a la seguridad y protección radiológica.

#### **4. MARCO NORMATIVO**

Reglamentos y resoluciones:

El RD 1029/2022 de 20 de diciembre por el que se aprueba el Reglamento sobre Protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes (RPSI)

Real Decreto 1400/2018, de 23 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre seguridad en instalaciones nucleares

Real decreto 1836/199 de 3 de diciembre modificado por RD35/2008 de 18 de enero "Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas"

Resolución de 17 de enero de 2023, del Consejo de Seguridad Nuclear, por la que se establecen los coeficientes de dosis efectiva por exposición externa.

Resolución del Consejo de Seguridad Nuclear de 9 de abril de 2024 por la que se establecen los coeficientes de dosis efectiva por exposición interna

Instrucciones del Consejo de Seguridad Nuclear relativas a la protección radiológica ocupacional se destacan:

IS-01: Instrucción por la que se define el formato y contenido del documento individual de seguimiento radiológico (carné radiológico) regulado en el RD 413/1997

IS-02: revisión 1 de la Instrucción IS-02 sobre documentación de actividades de recarga en centrales nucleares de agua ligera.

IS-03: Instrucción sobre cualificaciones para obtener el reconocimiento de experto en protección contra las radiaciones ionizantes

IS-06: Instrucción por la que se definen los programas de formación en materia de protección radiológica básico y específicos regulados en el RD 443/1997 de 21 de marzo en el ámbito de la instalaciones nucleares e instalaciones radiactivas del ciclo de combustible.

IS-08 Instrucción sobre los criterios aplicados por el Consejo de Seguridad Nuclear para exigir, a los titulares de las instalaciones nucleares y radiactivas, el asesoramiento específico en protección radiológica.

IS-10 Revisión 2 de la IS-10 por la que se establecen los criterios de notificación de sucesos al Consejo por parte de las centrales nucleares.

IS-18 Instrucción sobre criterios aplicados por el CSN para exigir, a los titulares de instalaciones radiactivas la notificación de sucesos e incidentes radiológicos

IS-21 Instrucción sobre requisitos aplicables a las modificaciones de diseño de centrales nucleares

IS-28 Instrucción sobre las especificaciones técnicas de funcionamiento que deben cumplir las instalaciones radiactivas de segunda y tercera categoría.

IS-29 Instrucción sobre criterios de seguridad en instalaciones de almacenamiento temporal del combustible gastado y residuos radiactivos de alta actividad

IS-45 IS sobre los requisitos de seguridad durante las fases de diseño, construcción y explotación de las instalaciones nucleares y radiactivas del ciclo del combustible nuclear, para prever su desmantelamiento y, en su caso, su desmantelamiento y cierre

## **5. PROTECCIÓN RADIOLÓGICA OCUPACIONAL. PRINCIPIOS GENERALES**

Según se ha indicado en la introducción los principios generales en los que se fundamenta un sistema de protección radiológica están recogidos en la legislación española en el Título II Artículo 6 del RPSI donde:

- En el apartado a) justificación se establece que la introducción de una práctica que suponga una situación de exposición, o la modificación de una vía de exposición existente, deberá justificarse mediante un análisis que asegure que el beneficio



(individual o social) que resulte de la práctica compense el detrimento de que pueda causar a la salud.

- En el apartado b) Optimización se establece que la protección radiológica de las personas (trabajadores o público) se optimizará para mantener las dosis individuales, la probabilidad de exposición y el número de personas expuestas tan bajo como sea razonablemente posible teniendo en cuenta el estado actual del conocimiento técnico y los factores sociales y económicos. Este principio de optimización (Principio ALARA: *As Low As Reasonably Achievable*) se aplica en cuanto a la dosis efectiva y, cuando proceda, a las dosis equivalentes.
- En el tercer principio c) Limitación de dosis se establece que en situaciones de exposición planificada la suma de las dosis recibidas no superará los límites de dosis establecidos.

Una vez justificada una práctica por su promotor y autorizada por la dirección general de política energética y minas, previo informe del CSN, los principios de optimización y de limitación de dosis son los que revisten mayor importancia para la protección radiológica ocupacional.

Con el principio de limitación de dosis se pretende asegurar el cumplimiento de los límites de dosis establecidos en la normativa. Para ello, y en el caso de los trabajadores, se realiza un control dosimétrico individual y colectivo de los trabajadores expuestos a las radiaciones ionizantes.

El principio de optimización se debe aplicar a todas las actividades, en situaciones de exposición planificada y de exposición existente, en todas las etapas de la vida de una instalación y en todos sus modos de operación. Esto es, en el caso de las instalaciones, desde el diseño hasta su desmantelamiento, pasando por la operación normal de la instalación y teniendo en cuenta los incidentes y accidentes potenciales que puedan darse en la instalación.

Para aplicar el principio de optimización es necesario, en primer lugar, conocer la fuente que da lugar a la exposición, las vías de exposición y la probabilidad y magnitud de la exposición potencial. Prever como se van a distribuir las dosis colectivas e individuales, según los trabajos a realizar y los grupos de trabajadores que las vayan a ejecutar. Además, en la aplicación del principio de optimización se debe considerar las tareas que van a realizar los trabajadores que operan con la fuente de radiación o en su proximidad. Al aplicar el principio de optimización se debe considerar el impacto que otros riesgos no radiológicos pueden influir en la protección radiológica ocupacional.

Otro aspecto a valorar al aplicar el principio de optimización es si las medidas de protección radiológica propuestas implican un aumento de la exposición para otras personas. Este podría ser el caso cuando se aplican controles administrativos o la valoración en el uso de equipos de protección personal (EPIS) que, por ejemplo, pudieran necesitar el apoyo de otros trabajadores para la retirada de los mismos (en este último ejemplo se valoraría en la aplicación del principio de optimización la reducción del riesgo de contaminación para el trabajador que es apoyado en la retirada de EPIS, el riesgo de exposición del personal de apoyo, el tiempo de exposición con apoyo y sin apoyo en la retirada de EPIS).

Para implementar adecuadamente estos principios generales de protección radiológica, de limitación de dosis y optimización, en el desarrollo de una práctica que conlleve riesgo de exposición a las radiaciones ionizantes, se establece un Programa de Protección Radiológica Operacional en el que se definen los métodos y actuaciones necesarias para que las dosis a los trabajadores, público y medioambiente estén por debajo de los límites establecidos y

sean tan bajas como razonablemente sea posible (ALARA) cumpliendo y desarrollando los requisitos establecidos en el RPSI.

El programa de protección radiológica operacional se debe definir siguiendo un enfoque graduado, de manera que el alcance y el detalle de la evaluación de los riesgos y los métodos y actuaciones que se definan sean acordes a la magnitud y la probabilidad de la exposición a las radiaciones.

Siguiendo un enfoque graduado se asegura que el contenido del programa de protección radiológica operacional se adapta adecuadamente a las características específicas de cada práctica y/o de cada instalación y de la fase operativa en que se encuentre la instalación (operación normal, desmantelamiento, etc.) por lo que puede variar según la situación, la instalación o de una fase operativa a otra.

El programa de protección radiológica operacional se recoge en el Manual de Protección Radiológica (MPR), que forma parte de la documentación oficial que tienen que presentar los titulares de una instalación en apoyo de la solicitud de autorización de explotación, conforme se establece en el Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas (RINR) artículo 20 g) y con el que el titular de la instalación se compromete a cumplir las normas establecidas en el RPSI.

Aunque el programa de protección radiológica operacional se tiene que adaptar a las características de cada práctica y/o de cada instalación debe seguir un esquema básico que contenga y de respuesta a lo establecido en el Título IV, capítulo I, artículo 17 del RPSI:

- a) *Evaluación previa de las condiciones laborales para determinar la naturaleza y magnitud del riesgo radiológico y asegurar la aplicación del principio de optimización.*
- b) *Clasificación de los lugares de trabajo en diferentes 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*
- c) *Clasificación de los trabajadores expuestos en diferentes categorías según sus condiciones de trabajo*
- d) *Aplicación de las normas y medidas de vigilancia y control relativas a las diferentes zonas y a las distintas categorías de trabajadores expuestos, incluida, en su caso, la vigilancia individual*
- e) *Vigilancia de la salud*
- f) *Información y formación.*

Una vez realizada la evaluación previa para determinar los riesgos (naturaleza y magnitud) para los trabajadores el titular de la práctica establecerá las medidas de protección radiológica ocupacional aplicables, considerando el principio de optimización, y establecerá los medios de prevención y vigilancia en función de los riesgos vinculados a los trabajos que impliquen exposición a las radiaciones ionizantes.

En situaciones de exposición existente cuando los trabajadores puedan recibir una dosis efectiva por exposición a la radiación superior a 6 mSv por año oficial el titular de la práctica deberá clasificar a los trabajadores como trabajadores expuestos y establecer las medidas de protección radiológica ocupacional aplicables.

En el caso de las tripulaciones de aeronaves cuando la exposición a la radiación cósmica pueda superar 6mSv por año oficial el titular de la empresa deberá clasificar a sus trabajadores y aplicar las medidas de protección radiológica ocupacional acordes al riesgo de exposición.

Cuando en el lugar de trabajo, una vez tomadas las medidas pertinentes para la reducción de la concentración de radón en aire, aun haya zonas con concentraciones de radón en aire

que supere el nivel de referencia establecido en el RPSI (artículo 72a) se clasificarán los trabajadores como trabajadores expuestos al radón si pueden recibir una dosis efectiva por exposición al radón superior a 6 mSv por año oficial y se establecerán las medidas de protección radiológica ocupacional en función del riesgo asociado.

## **6. MEDIDAS DE PROTECCIÓN EN EL DISEÑO**

El titular de la práctica, para obtener la autorización de construcción y de explotación de una instalación deberá acompañar a la solicitud documentos de apoyo, entre ellos, el estudio preliminar de seguridad y el estudio de seguridad, respectivamente. Estos documentos contendrán la información necesaria para realizar un análisis de la instalación desde el punto de vista de la seguridad nuclear y la protección radiológica, así como un análisis y evaluación de riesgos derivados del funcionamiento de la instalación, tanto en régimen normal como en condiciones de accidente según se establece en los artículos 17 y 20 del RINR.

Con la aplicación de los principios de generales de protección radiológica optimización y limitación de dosis en el diseño se pretende asegurar que la exposición a la radiación, en todos los estados operativos de una planta y durante su desmantelamiento, tanto en la propia instalación, como derivada de cualquier descarga prevista de material radiactivo al exterior, se mantiene por debajo de los límites establecidos en la normativa y es tan baja como sea razonablemente posible.

Además, se debe asegurar la mitigación de las consecuencias radiológicas de cualquier accidente potencial de la planta. Para ello, el diseño de la instalación debe incluir todas las medidas razonables, y para todos los accidentes previstos incluso los de muy baja probabilidad, de manera que las consecuencias radiológicas para las personas y el medioambiente sean lo más reducidas posible y estén por debajo de los límites establecidos.

El análisis para definir estas medidas de protección frente a las radiaciones en el diseño conlleva realizar una serie de etapas previas, tanto para la operación normal e incidentes de la instalación como para las condiciones previstas de accidente, que son:

- Definir, de la forma más precisa y exhaustiva posible, las fuentes de radiación, su magnitud, naturaleza, intensidad y ubicación. Esto es, conocer y/o caracterizar el termino fuente (que isótopos, en que concentración de actividad, forma fisicoquímica y en qué áreas de la instalación van a estar presentes).
- Definir los riesgos radiológicos previstos en toda la instalación y en áreas específicas de la misma, que según la práctica o trabajo a realizar en la instalación serán el de irradiación y/o el de contaminación (contaminación externa y/o contaminación interna).
- Definir qué trabajadores o grupos de trabajadores van a recibir dosis mayores y cuáles son los trabajos donde la contribución a la dosis del personal va a ser mayor y en qué áreas se producen.

La aplicación práctica de estos principios en el diseño de una instalación implica definir medidas de protección radiológica mediante, entre otros, blindajes de la radiación, confinamiento de la contaminación radiactiva y operación remota, de manera que se minimice la exposición del personal que opera la planta, de la población y del medioambiente y se prevenga y/o mitigue las consecuencias de los accidentes previstos.

### **6.1 Criterios radiológicos en el diseño**

El punto de partida es la definición de los criterios radiológicos que el diseño de la instalación debe cumplir para ser ALARA y así asegurar que las dosis están por debajo de los límites establecidos. Esto es, se deben definir unos objetivos de dosis individuales y colectivas para los trabajadores y unos objetivos de dosis individuales para el público, para aquellos grupos que se prevean van a recibir las dosis más elevadas.

La herramienta para aplicar el principio de optimización en el diseño es la restricción de dosis, que consiste en definir una fracción de los límites de dosis establecidos en la normativa. Los objetivos de dosis con que se realice el diseño de la instalación han de ser coherentes con los valores de restricción de dosis para asegurar que el diseño es ALARA. Se deberán definir para los trabajadores y el público, para la operación normal e incidentes potenciales de la instalación y para las situaciones de accidentes previstas.

Los criterios radiológicos que se deberán incorporar en el diseño de aspectos constructivos de una instalación para que sea ALARA son, principalmente:

- La selección del tipo de materiales de construcción (tipo de hormigón, de aceros, pinturas, etc.) para la minimización de la generación de productos de corrosión y de activación y de paramentos con superficies lisas que reduzcan y/o faciliten su descontaminación.
- Distribución de áreas según los riesgos radiológicos.
- Separación física entre zonas con riesgo potencial de contaminación de áreas limpias (a modo de ejemplo, vestuarios de salida de zona controlada y vestuarios de acceso a zona controlada)
- Separación entre zonas de entrada y salida de materiales de las zonas de entrada y salida del personal.
- Construcción de accesos a zonas radiológicamente significativas mediante laberinto, y/o de forma secuencial desde zonas con menor riesgo a mayor riesgo radiológico.
- Sistemas de recogida, tratamiento y almacenamiento temporal de residuos radiactivos líquidos y sólidos.

## 6.2 Blindaje

Partiendo del conocimiento exhaustivo de las fuentes de radiación, las vías de exposición y las áreas y trabajos donde la contribución a la dosis colectiva e individual es mayor se establecerán una serie de blindajes en la etapa de diseño cuyo espesor, materiales de blindaje empleados y su disposición permitan un nivel adecuado de protección frente a la radiación.

Los blindajes se incluyen en todas aquellas instalaciones donde se trabaje con rayos X, radiación gamma y neutrónica y otras partículas de alta energía que pueden incluir partículas beta de alta energía. Los materiales utilizados para blindar las radiaciones dependerán del tipo de instalación y del tipo de radiación. A modo de ejemplo pueden utilizarse hormigón, plomo, polietileno, etc.).

Los materiales de blindaje se dispondrán secuencialmente para disminuir la energía de la radiación. La disposición secuencial y espesor de los diferentes materiales de blindajes se calculará de forma que se establezca, al menos, una barrera primaria en función de la dirección del haz directo y una barrera secundaria para limitar la radiación dispersa y la radiación de fuga. En su caso, se incluirán blindajes neutrónicos adicionales.

Para la definición de los espesores y materiales adecuados de los blindajes se utilizan diversos códigos de cálculo (Microshield, Scale, etc.) con los que, a partir de modelos representativos, se analiza el diseño propuesto para asegurar el cumplimiento de dichos valores de restricción de dosis.

El diseño del blindaje debe asegurar que las dosis individuales y colectivas en condiciones normales de operación son inferiores al valor de restricción de dosis y que en el análisis (espesor, materiales y disposición) se han incluido los accidentes potenciales que pudieran ocurrir durante la operación de la instalación.

En el diseño de la instalación se incluirá un sistema de instrumentación para la vigilancia radiológica en las diferentes áreas que permita asegurar que se controla la efectividad del blindaje.

### **6.3 Confinamiento**

En función de la práctica, las vías de exposición y los trabajos donde el riesgo de exposición por contaminación es mayor se establecerán unas medidas de confinamiento para evitar y/o reducir los niveles de contaminación en los recintos de trabajo.

El confinamiento de la contaminación ambiental en el diseño de una instalación se realiza con los sistemas de ventilación y filtración y según la magnitud de la contaminación ambiental mediante la construcción de zonas confinadas dotadas de sistemas de ventilación y de filtración específicos.

El objetivo de los sistemas de ventilación es tanto aportar aire fresco al lugar de trabajo como retirar los contaminantes que puedan generarse por la operación de la instalación, asegurando la ausencia y/o limitación de la contaminación ambiental en la instalación y en las distintas áreas de la misma. Los sistemas de ventilación deben definirse para que la descarga de aire al exterior esté por debajo de los límites autorizados para la protección del público.

Para que los sistemas de ventilación de una instalación sean eficaces se debe asegurar en la medida de lo posible, que el aire de entrada y de salida están separados, que en cada puesto de trabajo la cantidad y calidad del aire son suficientes para minimizar la exposición del trabajador a la contaminación ambiental y para evitar que se produzca la resuspensión de la contaminación.

Los sistemas de ventilación incorporan sistemas de filtración cuyo objeto es, en la corriente de entrada, preparar el aire de la instalación y/o a áreas específicas de la misma y en la corriente de salida, la retención de los contaminantes mediante uno o varios filtros específicos dispuestos secuencialmente en función las características de la contaminación (prefiltros, filtros de carbono, filtros de alta eficacia (HEPA), etc.).

En la mayor parte de las instalaciones el control de la contaminación se consigue manteniendo una presión negativa respecto a la atmósfera, aportando el número adecuado de renovaciones de aire en el lugar de trabajo y utilizando un sistema de filtración en la corriente de salida que aseguren que las descargas de la corriente de salida de la instalación están por debajo de los límites autorizados.

El diseño del sistema de ventilación y filtración de la instalación incluye el cálculo y verificación del caudal y velocidad del flujo de aire que deberán ser los adecuados para asegurar que se controla adecuadamente la contaminación ambiental y se evita su dispersión, así como criterios de flujo de aire y criterios para mantener un sistema de presiones negativas en cascada, del recinto más contaminado al menos contaminado, que eviten y/o reduzcan la dispersión potencial de la contaminación.

Se debe asegurar que se controla la efectividad de los sistemas de confinamiento de la contaminación definiendo, en la etapa de diseño, un sistema de instrumentación para el control de la contaminación que pudiera generarse por alteraciones en las corrientes de proceso y para el control de la corriente de salida de la ventilación con objeto de asegurar el cumplimiento de los objetivos de dosis para los trabajadores y para el público.

## **7. MEDIDAS DE PROTECCIÓN EN LA OPERACIÓN DE LAS INSTALACIONES**

En el caso en que el diseño de una instalación no proporcione suficiente blindaje de la radiación y/o confinamiento de la contaminación es necesario implementar, en la operación de la planta controles de ingeniería para proteger a los trabajadores y a la población. Según la práctica que se realice en la instalación estos controles de ingeniería pueden ser, entre otros, el uso de cajas de guantes, de sistemas portátiles de ventilación dotados con filtros de alta eficacia (HEPA), para el confinamiento y/o la reducción de la contaminación

ambiental o, por ejemplo, el uso de blindajes portátiles para la reducción de las dosis al personal.

Si las medidas de protección radiológica en el diseño y los controles de ingeniería no son suficientes sería necesario implementar controles administrativos para asegurar la optimización de la protección radiológica. Controles administrativos para la protección radiológica son, entre otros, la restricción y control de accesos a áreas con potencial contaminación y/o altas tasas de dosis, la autorización del trabajo con radiaciones y los procedimientos específicos de trabajo.

Las medidas de protección en la operación de las instalaciones se definen en el Programa de Protección Radiológica Operacional y consisten en medidas de prevención de la ocurrencia de exposiciones ocupacionales no previstas y/o que no sean necesarias, en las medidas para la valoración y control de los riesgos (radiación y contaminación) y las medidas de vigilancia para asegurar que las medidas de prevención y de valoración y control son adecuadas y aseguran que se cumplen los objetivos.

Las medidas de prevención de la exposición se basan en la clasificación y delimitación de zonas en función del riesgo asociado a las mismas, la clasificación de los trabajadores expuestos para su vigilancia y control y a la información y formación de los trabajadores según el riesgo radiológico asociado al trabajo a realizar y a la zona a la que vayan acceder.

Las medidas de vigilancia, valoración y control de los riesgos de la exposición se basan en la vigilancia radiológica de los lugares de trabajo y la vigilancia individual de los trabajadores expuestos.

EL RPSI establece los requisitos para estas medidas en el Capítulo II, Sección primera, sección segunda y sección tercera respectivamente. Adicionalmente los programas de protección radiológica operacional también contemplan las medidas de vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos, cuyos requisitos se establecen en el capítulo IV del RPSI.

En aquellas instalaciones en las que hay un elevado número de operaciones radiológicamente significativas, como son, por ejemplo, las centrales nucleares, el programa radiológico operacional incluye actuaciones específicas en materia de ALARA, que se denomina habitualmente Programa ALARA y que incluye principalmente las responsabilidades y compromiso de toda la organización en materia ALARA, la utilización del principio ALARA como una referencia en el diseño de sistemas y componentes, en la selección de equipos y en la planificación y realización de modificaciones de diseño con implicaciones radiológicas. Además, se incluye en la formación de los trabajadores, a todos los niveles de la organización, la importancia del cumplimiento del principio ALARA.

### **7.1 Clasificación de zonas**

En el artículo 18 del RPSI, teniendo en cuenta el riesgo de exposición y la probabilidad y magnitud de las exposiciones potenciales las zonas de una instalación se clasifican en:

- a) Zona controlada: es aquella en la que exista la posibilidad de recibir una dosis superior a 6mSv por año oficial o sea necesario seguir procedimientos de trabajo con objeto de restringir la exposición a la radiación, evitar la dispersión significativa de la contaminación o limitar la probabilidad y magnitud de accidentes radiológicos o sus consecuencias.
- b) Zona vigilada: aquella. que no siendo zona controlada, existe la posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 1mSv por año oficial

A su vez las zonas controladas se subdividen en

- a) zonas de permanencia limitada: aquellas que existe un riesgo de recibir una dosis superior a los límites de dosis establecidos en la normativa
- b) zonas de permanencia reglamentada: aquellas en las que existe un riesgo de recibir en cortos periodos de tiempo una dosis superior a los límites de dosis y que requieren prescripciones especiales desde el punto de vista de la optimización

- c) zonas de acceso prohibido: aquellas en las que existe el riesgo de recibir en una exposición en muy corto periodo de tiempo dosis superiores a los límites de dosis

Las zonas se señalizan de acuerdo con lo indicado en la norma UNE 73302:2018, "Distintivos para la señalización de radiaciones ionizantes". (Anexo I, figura 1).

La clasificación de los lugares de trabajo en las diferentes zonas debe estar actualizada de acuerdo con las condiciones reales existentes. Siendo una obligación del titular de la práctica identificar, delimitar y clasificar los lugares de trabajo en los que exista la posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 1mSv por año oficial y revisar la clasificación de las zonas de acuerdo con las variaciones de las condiciones radiológicas.

## **7.2 Clasificación radiológica de los trabajadores**

Por razones de vigilancia y control radiológico el RPSI en el artículo 22 establece que el titular de la práctica, o en su caso la empresa externa, deberá clasificar a los trabajadores expuestos en dos categorías

- a) Categoría A: aquellos que por las condiciones en que realiza su trabajo pueden recibir una dosis efectiva superior a 6mSv por año oficial o una dosis equivalente superior a 15mSv por año oficial al cristalino o superior a 150mSv par a la piel y extremidades.
- b) Categoría B: aquellos trabajadores expuestos que no sean clasificados como categoría A.

La clasificación de los trabajadores debe revisarse de forma regular según las condiciones de trabajo y la vigilancia médica. En la clasificación de los trabajadores se tienen en cuenta, además, otros factores como las exposiciones potenciales y la frecuencia con la que dichos trabajadores acceden a zona controlada. Es una práctica frecuente la clasificación como categoría A de los trabajadores que acceden de forma sistemática a zona controlada y como categoría B a aquellos que acceden de manera puntual.

## **7.3 Información y formación**

El titular de la práctica debe informar a los trabajadores expuestos antes de iniciar su actividad sobre los riesgos para la salud relacionados con la exposición a la radiación en su puesto de trabajo, los procedimientos generales y específicos de protección radiológica en relación con las condiciones operacionales de cada puesto de trabajo o de la tarea que tenga que realizar y de la importancia del cumplimiento de dichos procedimientos y de los requisitos de administrativos, técnicos y de vigilancia de la salud.

Además, el trabajador deberá estar informado sobre lo que le aplique de los procedimientos y respuesta ante situaciones de emergencia.

Para el caso de las trabajadoras deben estar informadas de la necesidad de comunicar lo antes posible la situación de embarazo o lactancia por los riesgos de exposición para el feto o el de contaminación para los lactantes.

Además de la información el titular debe formar a los trabajadores expuestos, personas en formación y estudiantes sobre protección radiológica a un nivel y con una periodicidad adecuada a su responsabilidad y a los riesgos de exposición en su puesto de trabajo.

## **7.4 Vigilancia radiológica de los lugares de trabajo**

Las condiciones radiológicas de la instalación y/o de las diferentes áreas que la constituyen deberá estar actualizada de acuerdo con los riesgos de radiación y contaminación reales para ello el titular de la práctica deberá utilizar la instrumentación adecuada para confirmar que los niveles de radiación y contaminación son acordes a la clasificación de la zona, actualizando dicha clasificación en caso que no lo fueran.

Se deberá efectuar la vigilancia radiológica de los lugares de trabajo mediante la medición de las tasas de dosis externas, especificando la naturaleza, tipo y calidad de las radiaciones, la medición de las concentraciones de actividad en el aire (contaminación ambiental) y la

contaminación superficial, especificando la naturaleza y estado fisicoquímico de los contaminantes radiactivos (artículo 31 del RPSI).

La vigilancia radiológica de los lugares de trabajo permite por un lado adoptar las medidas correctoras en el caso en que se produzcan aumentos significativos de los niveles de radiación y/o de los niveles de contaminación y por otro adoptar y/o modificar, en su caso, las medidas de protección de los trabajadores que intervengan en los trabajos en dichas zonas.

La vigilancia radiológica de los lugares de trabajo se realiza mediante detectores fijos de media de la radiación y de la contaminación situados en las distintas zonas de la instalación y mediante detectores portátiles. En el caso de los sistemas de muestreo para vigilar la presencia de aerosoles en el ambiente, independientemente de si son fijos o portátiles consisten en un portafiltros conectado a un sistema de vacío con un caudal similar a de una persona y situados en localizaciones y a una altura representativa del aire que inhalado por el trabajador. Las características de la instrumentación utilizada en la vigilancia radiológica de la instalación, tanto fija como portátil deben ser coherentes con los niveles de radiación y contaminación previstos en los lugares de trabajo.

### **7.5 Vigilancia individual**

El RPSI establece la necesidad de realizar la vigilancia radiológica de los trabajadores expuestos (artículos 32, 33 y 34) con el fin de cuantificar la dosis que puedan recibir durante su actividad laboral.

La vigilancia radiológica individual se realiza mediante dosimetría externa para determinar las dosis resultantes de la radiación externa y mediante dosimetría interna para los trabajadores expuestos a riesgo de incorporación de radionúclidos.

La dosimetría externa se realiza mediante dosímetros de termoluminiscencia, que constituye la dosimetría oficial dado que su lectura sólo la pueden realizar servicios de dosimetría específicamente autorizados por el CSN y mediante dosímetros de lectura directa, que constituyen la denominada dosimetría operacional que informan al trabajador de la dosis en tiempo real, esto es, según la están recibiendo y disponen de alarmas ópticas y acústicas que avisan al trabajador cuando la dosis o la tasa de dosis supera un valor prefijado.

Las dosis resultantes de la contaminación interna se determinan mediante dos técnicas: los contadores de radiactividad corporal, cuando los radionúclidos pueden ser incorporados al organismo emiten fotones con energía y en cantidad suficiente para ser detectados para su medida en el exterior del cuerpo, y mediante técnicas de bioensayo, que se utilizan principalmente con emisores alfa y beta que son difícilmente detectables en exterior del organismo.

Las dosis recibidas por los trabajadores se deben determinar con una periodicidad no superior a un mes para el caso de la dosimetría externa y con la periodicidad establecida en cada caso para la dosimetría interna.

Las dosis recibidas por los trabajadores a lo largo de su vida laboral deberán registrarse en archivos dosimétricos que son la base del historial dosimétrico del trabajador y que junto con los registros de la vigilancia de la salud constituirán los registros de salud laboral. de acuerdo con el RPSI deberán mantenerse durante toda su vida laboral y hasta que el trabajador cumpla los 75 años.

Con objeto de prevenir las dosis externas y asegurar la implantación del principio ALARA se establecen los denominados “niveles de referencia”, (de investigación y de intervención) con el fin de prevenir la ocurrencia de situaciones operacionales que puedan dar lugar a dosis elevadas en los trabajadores expuestos durante la realización de sus actividades. Con estos niveles se busca garantizar que las dosis se van a mantener en valores por debajo de los límites de dosis establecidos. En el caso de que un parámetro radiológico (dosis externa, dosis interna, contaminación ambiental, etc.), superarse el nivel de investigación definido se investigaría las causas que originan la situación. Si la desviación de la normalidad de la



magnitud controlada supera el nivel de intervención definido es necesario que el titular de la práctica adopte medidas para corregir la situación.

La prevención de las dosis internas se lleva a cabo mediante la utilización de Equipos de Protección individual (EPIS), cuya selección y complejidad dependerá de los niveles de contaminación esperados en los locales a los que tenga que acceder el trabajador. A modo de ejemplo en las centrales nucleares para el acceso a zona controlada se tiene que utilizar un vestuario básico de protección constituido por un buzo de algodón, cubrecabezas, guantes y zapatos específicos.

En función de los niveles de radiación y de contaminación ambiental en el recinto o instalación donde se realice el trabajo y de la tarea realizar será preciso incorporar vestuario adicional al vestuario básico como por ejemplo mandiles plomados (radiación) y el uso protección respiratoria (contaminación).

## **7.6 Permiso de trabajo con radiaciones (PTR)**

En el artículo 56 del RPSI se establece que el titular de la instalación o actividad debe proporcionar al trabajador la información y particularidades de la zona controlada y de la actividad a ejecutar. Para dar respuesta a este requisito la herramienta utilizada es el permiso de trabajo con radiaciones (PTR). El PTR se usa en las instalaciones nucleares y radiactivas en las que se realizan trabajos con riesgo radiológico relevante. Su formato es similar a una ficha y contiene al menos la siguiente información:

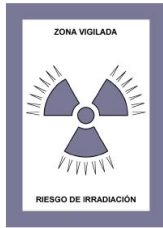
- el trabajo a realizar,
- el lugar (cubículo, etc.) donde se ha de realizar el trabajo,
- se identifica el trabajador que realiza la intervención y la persona responsable o supervisor del mismo,
- la duración estimada de la intervención
- las características radiológicas de la zona de trabajo
- las dosis máximas permitidas para el trabajo
- los requisitos de dosimetría personal
- los equipos de protección personal necesarios
- se incluye cualquier precaución adicional desde punto de vista radiológico que se deba tener en cuenta durante la realización del trabajo.

En función del riesgo radiológico del trabajo y de la clasificación de la zona en que se vaya a realizar los PTR deberán ser autorizados por el jefe o la jefa del SPR o de la persona en quien delegue (zonas controladas de permanencia limitada) por el jefe del SPR (zonas controladas de permanencia reglamentada) o por el jefe del SPR y el director de la instalación (zonas controladas de acceso prohibido).

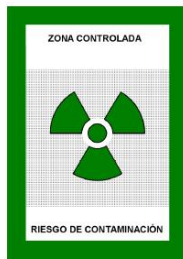
## 8. ANEXO

Figura 1: Señalización de zonas (Norma UNE 73302:2018), carteles identificativos

Señalización de zona vigilada



Señalización de zona controlada



Señalización de zona controlada de permanencia limitada



Señalización de zona controlada de permanencia reglamentada



Señalización de zona controlada de acceso prohibido

