

# IAEA

Organismo Internacional de Energía Atómica

## **Curso de Posgrado sobre Protección Radiológica y Seguridad de las Fuentes de Radiación**

*Programa tipo*

**CURSO DE POSGRADO SOBRE PROTECCIÓN  
RADIOLÓGICA Y SEGURIDAD DE LAS  
FUENTES DE RADIACIÓN**

Los siguientes Estados son Miembros del Organismo Internacional de Energía Atómica:

AFGANISTÁN	FINLANDIA	PALAU
ALBANIA	FRANCIA	PANAMÁ
ALEMANIA	GABÓN	PAPUA NUEVA GUINEA
ANGOLA	GEORGIA	PARAGUAY
ANTIGUA Y BARBUDA	GHANA	PERÚ
ARABIA SAUDITA	GRANADA	POLONIA
ARGELIA	GRECIA	PORTUGAL
ARGENTINA	GUATEMALA	QATAR
ARMENIA	GUYANA	REINO UNIDO DE
AUSTRALIA	HAITÍ	GRAN BRETAÑA E
AUSTRIA	HONDURAS	IRLANDA DEL NORTE
AZERBAIYÁN	HUNGRÍA	REPÚBLICA
BAHAMAS	INDIA	CENTROAFRICANA
BAHREIN	INDONESIA	REPÚBLICA ÁRABE SIRIA
BANGLADESH	IRÁN, REPÚBLICA	REPÚBLICA CHECA
BARBADOS	ISLÁMICA DEL	REPÚBLICA DE MOLDOVA
BELARÚS	IRAQ	REPÚBLICA DEMOCRÁTICA
BÉLGICA	IRLANDA	DEL CONGO
BELICE	ISLANDIA	REPÚBLICA DEMOCRÁTICA
BENIN	ISLAS MARSHALL	POPULAR LAO
BOLIVIA, ESTADO	ISRAEL	REPÚBLICA DOMINICANA
PLURINACIONAL DE	ITALIA	REPÚBLICA UNIDA
BOSNIA Y HERZEGOVINA	JAMAICA	DE TANZANÍA
BOTSWANA	JAPÓN	RUMANIA
BRASIL	JORDANIA	RWANDA
BRUNEI DARUSSALAM	KAZAJSTÁN	SAN MARINO
BULGARIA	KENYA	SAN VICENTE Y
BURKINA FASO	KIRGUISTÁN	LAS GRANADINAS
BURUNDI	KUWAIT	SANTA LUCÍA
CAMBOYA	LESOTHO	SANTA SEDE
CAMERÚN	LETONIA	SENEGAL
CANADÁ	LÍBANO	SERBIA
COLOMBIA	LIBERIA	SEYCHELLES
CONGO	LIBIA	SIERRA LEONA
COREA, REPÚBLICA DE	LIECHTENSTEIN	SINGAPUR
COSTA RICA	LITUANIA	SRI LANKA
CÔTE D'IVOIRE	LUXEMBURGO	SUDÁFRICA
CROACIA	MACEDONIA DEL NORTE	SUDÁN
CUBA	MADAGASCAR	SUECIA
CHAD	MALASIA	SUIZA
CHILE	MALAWI	TAILANDIA
CHINA	MALÍ	TAYIKISTÁN
CHIPRE	MALTA	TOGO
DINAMARCA	MARRUECOS	TRINIDAD Y TABAGO
DJIBOUTI	MAURICIO	TÚNEZ
DOMINICA	MAURITANIA	TURKMENISTÁN
ECUADOR	MÉXICO	TURQUÍA
EGIPTO	MÓNACO	UCRANIA
EL SALVADOR	MONGOLIA	UGANDA
EMIRATOS ÁRABES UNIDOS	MONTENEGRO	URUGUAY
ERITREA	MOZAMBIQUE	UZBEKISTÁN
ESLOVAQUIA	MYANMAR	VANUATU
ESLOVENIA	NAMIBIA	VENEZUELA, REPÚBLICA
ESPAÑA	NEPAL	BOLIVARIANA DE
ESTADOS UNIDOS	NICARAGUA	VIET NAM
DE AMÉRICA	NÍGER	YEMEN
ESTONIA	NIGERIA	ZAMBIA
ESWATINI	NORUEGA	ZIMBABWE
ETIOPÍA	NUEVA ZELANDIA	
FEDERACIÓN DE RUSIA	OMÁN	
FIJI	PAÍSES BAJOS	
FILIPINAS	PAKISTÁN	

El Estatuto del Organismo fue aprobado el 23 de octubre de 1956 en la Conferencia sobre el Estatuto del OIEA celebrada en la Sede de las Naciones Unidas (Nueva York); entró en vigor el 29 de julio de 1957. El Organismo tiene la Sede en Viena. Su principal objetivo es “acelerar y aumentar la contribución de la energía atómica a la paz, la salud y la prosperidad en el mundo entero”.

COLECCIÓN CURSOS DE CAPACITACIÓN N° 18 (Rev. 1)

**CURSO DE POSGRADO SOBRE PROTECCIÓN  
RADIOLÓGICA Y SEGURIDAD DE LAS  
FUENTES DE RADIACIÓN**

**PROGRAMA TIPO**

**ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA  
VIENA, 2020**

## DERECHOS DE AUTOR

Todas las publicaciones científicas y técnicas del OIEA están protegidas en virtud de la Convención Universal sobre Derecho de Autor aprobada en 1952 (Berna) y revisada en 1972 (París). Desde entonces, la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (Ginebra) ha ampliado la cobertura de los derechos de autor para incluir la propiedad intelectual de obras electrónicas y virtuales. Es preciso obtener autorización para utilizar textos completos, o parte de ellos, que figuren en publicaciones del OIEA, en formato impreso o electrónico, y, por lo general, esta estará sujeta a un acuerdo sobre regalías. Se aceptan propuestas relativas a la reproducción y la traducción sin fines comerciales, que se examinarán individualmente. Las solicitudes de información deben dirigirse a la Sección Editorial del OIEA:

Dependencia de Mercadotecnia y Venta  
Sección Editorial  
Organismo Internacional de Energía Atómica  
Vienna International Centre  
PO Box 100  
1400 Viena (Austria)  
fax: +43 1 26007 22529  
tel.: +43 1 2600 22417  
correo electrónico: [sales.publications@iaea.org](mailto:sales.publications@iaea.org)  
<https://www.iaea.org/publications>

Las solicitudes de información sobre esta publicación deben dirigirse a:

Sección de Infraestructura de Reglamentación y de Seguridad del Transporte  
Organismo Internacional de Energía Atómica  
Centro Internacional de Viena  
PO Box 100  
1400 Viena, Austria  
Correo electrónico: [Official.Mail@iaea.org](mailto:Official.Mail@iaea.org)

## CURSO DE POSGRADO SOBRE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA Y SEGURIDAD DE LAS FUENTES DE RADIACIÓN: PROGRAMA TIPO

OIEA, VIENA, 2020  
IAEA-TCS-18 (Rev. 1)  
ISSN 2520-2081

© OIEA, 2020

Impreso por el OIEA en Austria  
Noviembre de 2020

## PRÓLOGO

Una parte del mandato del OIEA consiste en proveer a la aplicación de sus normas de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y la seguridad de las fuentes de radiación, cuando así lo solicita un Estado. Esto puede facilitarse, entre otras cosas, alentando el intercambio de información y la capacitación de científicos y expertos en los usos de la energía atómica con fines pacíficos.

A este respecto, el OIEA elaboró en 1993 un programa tipo para un curso de posgrado sobre protección radiológica, y posteriormente publicó un plan estratégico de enseñanza y capacitación sobre protección radiológica y seguridad de los desechos para el período 2001-2010. La estrategia propuesta comprendía la organización de cursos de posgrado en los centros de capacitación regionales, como elemento fundamental de un programa sostenible de enseñanza y capacitación sobre seguridad radiológica para los Estados Miembros.

En 2002 se revisó y actualizó el programa tipo del curso de posgrado, para incorporar los cambios efectuados en las normas de seguridad del OIEA y las conclusiones y recomendaciones formuladas por las organizaciones y comités internacionales pertinentes con respecto a la protección radiológica y a los efectos de la radiación ionizante. En 2010, aprovechando el éxito de la estrategia para 2001-2010, el OIEA elaboró el Enfoque Estratégico de Enseñanza y Capacitación en Seguridad Radiológica, del Transporte y de los Desechos, 2011-2020, en que volvió a insistir en la importancia de fomentar una competencia a largo plazo en materia de protección y seguridad radiológica en los Estados Miembros. Ese mismo año, observando que desde la publicación del programa tipo en 2002 se habían introducido varias normas de seguridad del OIEA nuevas y revisadas, el Comité Directivo sobre Enseñanza y Capacitación en Seguridad Radiológica, del Transporte y de los Desechos recomendó que se procediera a una nueva actualización del programa tipo. La presente publicación contiene el programa tipo revisado del Curso de Posgrado sobre Protección Radiológica y Seguridad de las Fuentes de Radiación, que incorpora las normas de seguridad del OIEA hasta el día de hoy.

El OIEA expresa su gratitud a los expertos de diversos Estados Miembros que revisaron el programa tipo del Curso de Posgrado sobre Protección Radiológica y Seguridad de las Fuentes de Radiación. También agradece las contribuciones de P. Dimitriou (Grecia) a la preparación del primer proyecto de programa, y de R. Paynter (Reino Unido) a la finalización de los objetivos de aprendizaje. El oficial del OIEA a cargo de esta publicación fue A. Luciani, de la División de Seguridad Radiológica, del Transporte y de los Desechos.

#### NOTA EDITORIAL

*Esta publicación se ha preparado a partir del material original aportado por los colaboradores y no ha sido editada por el personal de los servicios editoriales del OIEA. Las opiniones expresadas son las de los colaboradores y no reflejan necesariamente las del OIEA o las de los Gobiernos de sus Estados Miembros.*

*Ni el OIEA ni sus Estados Miembros asumen responsabilidad alguna por las consecuencias que puedan derivarse del uso de esta publicación. Esta publicación no aborda cuestiones de responsabilidad, jurídica o de otra índole, por actos u omisiones por parte de persona alguna.*

*El uso de determinadas denominaciones de países o territorios no implica juicio alguno por parte de la entidad editora, el OIEA, sobre la situación jurídica de esos países o territorios, sus autoridades e instituciones o la delimitación de sus fronteras.*

*La mención de nombres de empresas o productos específicos (se indiquen o no como registrados) no implica ninguna intención de violar derechos de propiedad ni debe interpretarse como una aprobación o recomendación por parte del OIEA.*

*Corresponde a los autores obtener la autorización necesaria para que el OIEA reproduzca, traduzca o utilice material de fuentes que ya estén protegidas por derechos de propiedad intelectual.*

*El OIEA no es responsable de la continuidad o exactitud de las URL de los sitios web externos o de terceros en Internet a que se hace referencia en este libro y no garantiza que el contenido de dichos sitios web sea o siga siendo preciso o adecuado.*

## ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.	ANTECEDENTES .....	1
1.2.	OBJETIVO .....	1
1.3.	ALCANCE .....	2
1.4.	ESTRUCTURA .....	2
2.	APLICACIÓN DEL PROGRAMA TIPO .....	3
2.1.	CONSIDERACIONES GENERALES.....	3
2.2.	CENTROS DE CAPACITACIÓN .....	4
2.3.	SELECCIÓN DE LOS INSTRUCTORES.....	5
2.4.	SELECCIÓN DE LOS ESTUDIANTES .....	6
3.	PANORAMA GENERAL DEL PROGRAMA TIPO.....	7
4.	PROGRAMA TIPO .....	10
4.1.	PARTE I: REPASO DE LAS NOCIONES FUNDAMENTALES.....	10
4.1.1.	Contenido.....	10
4.1.2.	Objetivos de aprendizaje.....	12
4.1.3.	Ejercicios prácticos .....	14
4.1.4.	Bibliografía de la Parte I.....	15
4.2.	PARTE II: MAGNITUDES Y MEDICIONES.....	16
4.2.1.	Contenido.....	16
4.2.2.	Objetivos de aprendizaje.....	17
4.2.3.	Ejercicios prácticos .....	18
4.2.4.	Bibliografía de la Parte II.....	19
4.3.	PARTE III: EFECTOS BIOLÓGICOS DE LA RADIACIÓN IONIZANTE.....	21
4.3.1.	Contenido.....	21
4.3.2.	Objetivos de aprendizaje.....	23
4.3.3.	Ejercicios prácticos .....	25
4.3.4.	Bibliografía de la Parte III .....	25
4.4.	PARTE IV: SISTEMA INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA Y MARCO REGULADOR .....	26
4.4.1.	Contenido.....	26
4.4.2.	Objetivos de aprendizaje.....	30
4.4.3.	Ejercicios prácticos .....	32
4.4.4.	Bibliografía de la Parte IV .....	33
4.5.	PARTE V: EVALUACIÓN DE LAS EXPOSICIONES (NO MÉDICAS) EXTERNAS E INTERNAS .....	35
4.5.1.	Contenido.....	35
4.5.2.	Objetivos de aprendizaje.....	39
4.5.3.	Ejercicios prácticos .....	40
4.5.4.	Bibliografía de la Parte V .....	41
4.6.	PARTE VI: SITUACIONES DE EXPOSICIÓN PLANIFICADA – REQUISITOS GENÉRICOS .....	43
4.6.1.	Contenido.....	43

4.6.2.	Objetivos de aprendizaje.....	48
4.6.3.	Ejercicios prácticos .....	52
4.6.4.	Bibliografía de la Parte VI.....	52
4.7.	PARTE VII: SITUACIONES DE EXPOSICIÓN PLANIFICADA EN APLICACIONES NO MÉDICAS.....	53
4.7.1.	Contenido.....	53
4.7.2.	Objetivos de aprendizaje.....	56
4.7.3.	Ejercicios prácticos .....	58
4.7.4.	Bibliografía de la Parte VII.....	59
4.8.	PARTE VIII: SITUACIONES DE EXPOSICIÓN PLANIFICADA EN APLICACIONES MÉDICAS .....	61
4.8.1.	Contenido.....	61
4.8.2.	Objetivos de aprendizaje.....	66
4.8.3.	Ejercicios prácticos .....	70
4.8.4.	Bibliografía de la Parte VIII .....	71
4.9.	PARTE IX: SITUACIONES DE EXPOSICIÓN DE EMERGENCIA, Y PREPARACIÓN Y RESPUESTA PARA CASOS DE EMERGENCIA.....	73
4.9.1.	Contenido.....	73
4.9.2.	Objetivos de aprendizaje.....	75
4.9.3.	Ejercicios prácticos .....	77
4.9.4.	Bibliografía de la Parte IX.....	78
4.10.	PARTE X: SITUACIONES DE EXPOSICIÓN EXISTENTE.....	80
4.10.1.	Contenido.....	80
4.10.2.	Objetivos de aprendizaje.....	82
4.10.3.	Ejercicios prácticos .....	83
4.10.4.	Bibliografía de la Parte X .....	84
4.11.	PARTE XI: CAPACITACIÓN DE INSTRUCTORES .....	86
4.11.1.	Contenido.....	86
4.11.2.	Objetivos de aprendizaje.....	87
4.11.3.	Ejercicios prácticos .....	89
4.11.4.	Bibliografía de la Parte XI.....	89
4.12.	PARTE XII: PROYECTO FINAL DEL CURSO .....	90
	REFERENCIAS.....	91
	COLABORADORES EN LA REDACCIÓN Y LA REVISIÓN .....	93

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. ANTECEDENTES

El OIEA tiene la función estatutaria de establecer normas de seguridad a fin de proteger la salud y reducir al mínimo el peligro de la radiación ionizante para la vida y los bienes, y de proveer a la aplicación de estas normas mediante la enseñanza y la capacitación, entre otros medios.

Las actividades de enseñanza y capacitación del OIEA son acordes con las resoluciones de la Conferencia General y reflejan las normas de seguridad del Organismo. El OIEA ha desarrollado un amplio conjunto de actividades y materiales de capacitación sobre la seguridad radiológica, del transporte y de los desechos. Los cursos breves (de algunos días a dos semanas de duración) se centran en aspectos concretos de la seguridad radiológica (como el marco regulador, la exposición ocupacional externa e interna, la protección del paciente, la gestión de los desechos radiactivos, el transporte de materiales radiactivos o la seguridad de las fuentes radiactivas) y están destinados a determinadas categorías de personal, como los reguladores, los profesionales de la salud, los oficiales de protección radiológica y los operadores.

El Curso de Posgrado sobre Protección Radiológica y Seguridad de las Fuentes de Radiación es un curso ‘de larga duración’, que ofrece la formación profesional básica inicial a los profesionales jóvenes que, con el tiempo, llegarán a ser reguladores, funcionarios en cargos decisorios, expertos cualificados en protección radiológica o instructores en ese campo y en la seguridad de las fuentes de radiación en sus países de origen. Este curso se dictó por primera vez en la Argentina, in 1981, bajo los auspicios del OIEA. Desde entonces, más de 1700 estudiantes (hasta 2017) han asistido a las ediciones del curso impartidas en los centros de capacitación regionales del OIEA en África (en francés e inglés), Europa (en inglés y ruso), América Latina y el Caribe (en español y portugués) y Asia (en árabe e inglés). Ahora, este curso de posgrado se dicta con tecnología moderna, aplicando un enfoque pedagógico mixto que combina métodos de aprendizaje a distancia (principalmente el aprendizaje electrónico) con la enseñanza presencial tradicional. El uso de plataformas en línea permite también vigilar los progresos de los estudiantes durante todo el curso y facilita su seguimiento a largo plazo.

La edición de 2002 del programa tipo de este curso [1] ha sido revisada y actualizada para que refleje los cambios introducidos en las normas de seguridad del OIEA y las conclusiones y recomendaciones formuladas por las organizaciones y comités internacionales pertinentes (como la Comisión Internacional de Protección Radiológica y el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas) con respecto a la protección radiológica y los efectos de las radiaciones ionizantes. También se han tenido en cuenta, entre otras cosas, las sugerencias formuladas por el Comité Directivo sobre Enseñanza y Capacitación en Seguridad Radiológica, del Transporte y de los Desechos, del OIEA, la experiencia en la organización de cursos adquirida en los centros de capacitación regionales y las recomendaciones dimanantes de la evaluación del curso realizada por la Oficina de Servicios de Supervisión Interna del OIEA.

## 1.2. OBJETIVO

Este curso de posgrado del OIEA tiene por objeto ofrecer una formación básica en protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación. Está diseñado para impartir enseñanza teórica y capacitación práctica en los fundamentos científicos y técnicos multidisciplinarios que han inspirado las recomendaciones y normas internacionales sobre la protección radiológica y

su aplicación. El programa tipo brinda una base armonizada para la ejecución del curso, al definir sus contenidos teóricos y sus ejercicios prácticos, con los respectivos objetivos de aprendizaje, las instalaciones e infraestructuras mínimas requeridas en el centro de capacitación, y los criterios para la selección de los instructores y los estudiantes.

### 1.3. ALCANCE

El programa tipo se centra en el marco de seguridad radiológica necesario para los controles reglamentarios y operacionales que garantizan la protección contra la radiación ionizante y el uso seguro de las fuentes de radiación en todas sus aplicaciones. Este programa es también una herramienta que facilita la integración de cursos de protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación en los planes de estudios de los centros educativos de los Estados Miembros.

### 1.4. ESTRUCTURA

La sección 2 ofrece un panorama general de los recursos físicos y humanos básicos necesarios para la organización de un curso basado en el programa tipo, junto con consideraciones sobre la forma óptima de impartir el curso, inspiradas en la experiencia adquirida a ese respecto por el OIEA en su colaboración con los centros de capacitación regionales. En la sección 3 figuran el programa tipo y su estructura, los principales objetivos de aprendizaje y la duración sugerida de cada parte. En la sección 4 se describen el contenido de cada parte del programa y los objetivos de aprendizaje específicos de cada módulo, y se presentan una lista de ejercicios prácticos y una bibliografía de obras de consulta complementarias.

## 2. APLICACIÓN DEL PROGRAMA TIPO

### 2.1. CONSIDERACIONES GENERALES

Los consejos para elaborar e impartir capacitación sobre protección y seguridad que figuran en la sección 5.3 de la publicación N° 20 de la *Colección de Informes de Seguridad*, titulada *Training in Radiation Protection and the Safe Use of Radiation Sources* [2], serán útiles, en general, para la aplicación del programa tipo de este curso de posgrado. En el presente capítulo se exponen algunas consideraciones específicas (secciones 2.1 a 2.3), teniendo en cuenta los objetivos del curso (sección 1.2) y la combinación de temas y actividades didácticas del programa, que se describen brevemente a continuación.

El programa tipo comprende clases teóricas y capacitación práctica.

Las clases teóricas abarcan:

- Temas científicos básicos (Partes I a III del programa tipo, que incluyen la física nuclear y otras disciplinas conexas, las magnitudes y unidades y los efectos biológicos de la radiación ionizante);
- Temas específicos de la protección y la seguridad radiológicas (Partes IV a X del programa tipo, sobre el sistema internacional de protección radiológica, los requisitos del OIEA para el marco regulador, los diferentes tipos de situaciones de exposición y las categorías de exposición);
- Temas especiales destinados a desarrollar las habilidades didácticas de los estudiantes (Parte XI: Capacitación de instructores) y a aplicar los conocimientos y habilidades adquiridos en la solución de un problema de protección radiológica concreto (Parte XII: Proyecto final del curso).

La capacitación práctica permite afianzar y/o mejorar la comprensión de los conceptos y de las clases teóricas. Puede consistir en ejercicios prácticos, demostraciones o visitas técnicas, caracterizados en términos de los objetivos de aprendizaje, el número de participantes, la metodología de trabajo (independiente o con el apoyo de un profesor), el resultado previsto y el mecanismo de evaluación:

- Un ejercicio práctico puede describirse como una experiencia activa de un grupo de estudiantes que trabajan ya sea individualmente o en grupos pequeños, bajo la supervisión de un instructor, por ejemplo para aprender a utilizar equipo de laboratorio o de campo, familiarizarse con los programas informáticos de protección radiológica, aplicar un procedimiento de laboratorio, resolver un estudio de caso o realizar un ejercicio de simulación. Una vez terminado el ejercicio práctico, es importante que los estudiantes presenten un informe escrito individual (aun cuando hayan trabajado en grupos) y que esos informes se evalúen;
- En algunas situaciones, puede ser más adecuado que un profesor (o un estudiante bajo su supervisión directa) realice una demostración ante todo el grupo, por ejemplo si el centro de capacitación tiene un número limitado de unidades de un determinado equipo, si el uso de un programa informático está restringido por las condiciones de la licencia, o si el empleo de un material radiactivo plantea problemas de seguridad. Para evaluar el cumplimiento de los objetivos de la demostración, puede pedirse a los estudiantes que rellenen un cuestionario o que presenten informes individuales;

- Las visitas técnicas a lugares tales como hospitales, instalaciones de irradiación industrial y sitios con problemas de protección radiológica interesantes (p. ej., por la presencia de materiales radiactivos naturales o de radón) pueden ser un medio muy eficaz de ilustrar la aplicación de la protección radiológica y de la seguridad de las fuentes en situaciones de la vida real. Una buena preparación e información antes de las visitas técnicas permitirá sacar el máximo provecho de ellas. Para evaluar el cumplimiento de los objetivos de la visita técnica, puede pedirse a los estudiantes que rellenen un cuestionario o que presenten informes individuales.

Debido a la combinación de los temas teóricos con una variedad de metodologías de capacitación práctica, los instructores, los estudiantes y los centros de capacitación deberán cumplir los requisitos básicos que se exponen en las secciones siguientes.

## 2.2. CENTROS DE CAPACITACIÓN

Mientras que las clases teóricas no exigen instalaciones e infraestructura distintas de las que se necesitan para cualquier otro curso, la capacitación práctica requiere una disponibilidad de instrumentos, equipo y acceso a instalaciones que debe examinarse más a fondo. Además de un conjunto mínimo de equipos ([2], sección 5.3.3), la aplicación del programa tipo exige la disponibilidad de una gran variedad de instrumentos y aparatos y el acceso a diferentes servicios e instalaciones, para realizar ejercicios prácticos, demostraciones y visitas técnicas en relación con el control de la exposición del público y de los trabajadores en todos los tipos de situaciones de exposición (planificada, existente y de emergencia), y el control de la exposición médica en una situación de exposición planificada. En principio, esto puede entrañar la necesidad de disponer, entre otras cosas, de:

- Laboratorios de física con equipos y procedimientos para realizar experimentos básicos de física nuclear, radiactividad e interacción de la radiación con la materia;
- Laboratorios que realicen ensayos biológicos (p. ej., de recuento de eritrocitos irradiados) o investigaciones y estudios epidemiológicos para evaluar los riesgos relacionados con distintas dosis;
- Actividades reglamentarias que puedan utilizarse con fines de capacitación (p. ej., la participación en visitas de inspección, la elaboración de documentos reglamentarios, o el uso de programas informáticos para llevar registros y archivos de datos reglamentarios y para gestionar la información y las actividades reglamentarias);
- Organizaciones de apoyo técnico y científico con equipo, instalaciones y procedimientos para la prestación de servicios, como los de monitorización radiológica de los trabajadores y la población (p. ej., servicios dosimétricos para la monitorización individual de la exposición externa e interna); monitorización y análisis ambientales; calibración (como los laboratorios secundarios de calibración dosimétrica); evaluación de dosis (p. ej., con programas informáticos y procedimientos para los cálculos de dosis); y preparación y respuesta para casos de emergencia (p. ej., con herramientas de modelización para evaluar la dispersión y la contaminación);
- Instalaciones industriales con prácticas que incluyan el uso o la aplicación de la radiografía industrial, o de calibradores nucleónicos y fuentes de diagrafia de pozos, radiotrazadores o la producción de radioisótopos; instalaciones nucleares (p. ej., una planta de fabricación de combustible nuclear o un reactor nuclear, incluidos los

conjuntos críticos y subcríticos, un reactor de investigación o una central nuclear); la extracción y el procesamiento de materias primas y el transporte de materiales radiactivos; y la gestión de desechos radiactivos;

- Centros médicos de radiología diagnóstica y procedimientos intervencionistas guiados por imágenes, medicina nuclear (de diagnóstico y tratamiento) y radioterapia.

No siempre serán necesarios todos los servicios e instalaciones arriba mencionados para dictar un curso basado en este programa tipo; habrá que tomar en consideración las necesidades de capacitación específicas de los estudiantes y los problemas de seguridad radiológica a los que puedan realmente enfrentarse en su vida profesional: por ejemplo, cuando los destinatarios sean estudiantes procedentes de Estados Miembros que no tengan ninguna instalación nuclear, no será necesario el acceso a estas instalaciones para la capacitación práctica impartida en el curso.

Dado que muchos centros de capacitación pueden no tener acceso a todos los equipos, expertos o personas experimentadas necesarios para dictar este curso de posgrado, será necesario establecer acuerdos oficiales de colaboración con otros órganos u organizaciones pertinentes para poder cumplir todos los objetivos de aprendizaje. Las universidades, el órgano regulador nacional, las organizaciones de apoyo técnico y científico, las organizaciones y empresas con aplicaciones industriales de la radiación ionizante y de fuentes de radiación y los hospitales son ejemplos de entidades que podrían colaborar en la organización de este curso.

### 2.3. SELECCIÓN DE LOS INSTRUCTORES

Además de las habilidades técnicas (competencia técnica en el tema o la asignatura en cuestión, incluida la experiencia práctica pertinente), pedagógicas (buenas técnicas didácticas y de comunicación) y lingüísticas ([2], sección 5.3.5) que debe poseer normalmente un instructor, la aplicación de este programa tipo, con su amplia variedad de temas teóricos y actividades de capacitación práctica, requerirá la participación de instructores con formación en muy distintas disciplinas y de diferente nivel y con experiencia profesional.

Aunque en general es deseable un nivel de educación terciario (máster o doctorado) (p. ej., para las clases teóricas sobre los temas científicos básicos de las Partes I, II y III), la experiencia profesional en determinados campos es una ventaja adicional importante (p. ej., para las clases teóricas y la capacitación práctica sobre el control reglamentario, en la Parte IV, y sobre las situaciones de exposición planificada, existente y de emergencia, en las Partes VII a X). Las habilidades pedagógicas serán un requisito para todos los instructores, y la ventaja principal en el caso de los que participen en las actividades de capacitación de instructores (Parte XI). Además del tiempo requerido para dictar las clases teóricas y/o realizar la capacitación práctica, los instructores deberán estar disponibles para efectuar las evaluaciones de los estudiantes (p. ej., los exámenes al final de cada parte) y, si tienen funciones de supervisión, para prestar asesoramiento y supervisar los proyectos finales (Parte XII).

Además de los profesores que procedan del mundo académico, es muy probable que haya también instructores que sean miembros de órganos reguladores, expertos cualificados en protección radiológica, físicos médicos, y funcionarios de organizaciones de apoyo técnico y científico. La colaboración con todos los interesados pertinentes (como las universidades, el órgano regulador, las organizaciones de apoyo técnico y científico y los hospitales) facilitará el nombramiento de instructores competentes.

## 2.4. SELECCIÓN DE LOS ESTUDIANTES

Los estudiantes deberán poseer una formación académica de un nivel equivalente a un título universitario, de preferencia en física. Los estudiantes graduados en química, ciencias de la vida o ingeniería también podrían ser aceptados, tras un examen caso por caso que tenga en cuenta la experiencia laboral pertinente. Junto con poseer los títulos académicos, los estudiantes deberían ser personas ya seleccionadas para trabajar en el ámbito de la protección radiológica y el uso seguro de las fuentes de radiación en su país de origen. Lo ideal sería que estén trabajando, o vayan a trabajar en el futuro próximo, en la elaboración de las disposiciones y los procedimientos reglamentarios para una instalación o actividad de cualquier tipo, en la prestación de asesoramiento sobre el control de la exposición médica, ocupacional y del público, o en el establecimiento de programas de protección radiológica. El curso será útil también para los estudiantes que aspiren a convertirse en instructores de protección y seguridad radiológicas. La evaluación (actualmente en preparación) del impacto que ha tenido este curso en los últimos 36 años indica que los reguladores, las personas en cargos decisorios, los expertos cualificados y los instructores en protección radiológica han sacado particular provecho de los conocimientos y competencias adquiridos en el curso.

### 3. PANORAMA GENERAL DEL PROGRAMA TIPO

El programa tipo consta de doce partes, cada una de ellas dividida en módulos. Cada parte tiene sus objetivos de aprendizaje generales. Los módulos se describen por su contenido y por referencia a sus objetivos de aprendizaje específicos. Para cada parte se propone una lista de sesiones de capacitación práctica, que pueden ser ejercicios prácticos (p. ej., ejercicios de laboratorio o estudios de casos), demostraciones o visitas técnicas. Los títulos de las distintas partes, sus objetivos de aprendizaje generales y su duración sugerida (incluidas las sesiones teóricas y prácticas) se resumen en el cuadro I.

CUADRO I. PANORAMA GENERAL DEL PROGRAMA TIPO

<b>Parte núm.</b>	<b>Título</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Duración sugerida (horas)</b>
<b>I</b>	Repaso de las nociones fundamentales	Dar a conocer a los estudiantes los principios fundamentales de la física y las matemáticas que se utilizan en el campo de la protección radiológica, incluidos los procesos radiactivos, las reacciones nucleares y los métodos estadísticos. Los estudiantes sabrán cuáles son las fuentes de radiación y comprenderán las interacciones de la radiación con la materia.	70
<b>II</b>	Magnitudes y mediciones	Familiarizar a los estudiantes con las magnitudes radiométricas, dosimétricas y operacionales de la protección radiológica y sus unidades de medida, para que puedan realizar los cálculos correspondientes. Dotarlos de experiencia práctica en la instalación y el manejo de diferentes tipos de detectores de radiación, el reconocimiento de sus principios de funcionamiento, características y limitaciones, y el análisis y la interpretación de los datos de las mediciones.	60
<b>III</b>	Efectos biológicos de la radiación ionizante	Dar a conocer a los estudiantes los efectos de la radiación a nivel molecular y celular, así como las reacciones de los tejidos que pueden provocar efectos sanitarios estocásticos y deterministas. Ofrecerles una introducción a los modelos utilizados para estimar los coeficientes de riesgo de efectos estocásticos.	30
<b>IV</b>	Sistema internacional de protección radiológica y marco regulador	Familiarizar a los estudiantes con el papel que desempeñan las organizaciones internacionales en la protección radiológica, en particular con las recomendaciones de la ICRP sobre el sistema internacional de protección radiológica, y ofrecerles una visión general de las normas de seguridad del OIEA pertinentes, incluidos los principales componentes del marco jurídico y regulador de la seguridad, las medidas de control reglamentario correspondientes, los principios	40

fundamentales de la cultura de la seguridad y la creación de competencias en materia de seguridad radiológica.

<b>V</b>	Evaluación de las exposiciones (no médicas) externas e internas	Enseñar a los estudiantes a medir, monitorizar, calcular e interpretar las dosis recibidas por las personas en casos de exposición externa, así como a diseñar un programa de monitorización para evaluar las dosis individuales y en el lugar de trabajo. Capacitarlos en el uso de técnicas apropiadas para evaluar las dosis recibidas por incorporación de radionucleidos en casos simples de contaminación interna.	60
<b>VI</b>	Situaciones de exposición planificada – requisitos genéricos	Familiarizar a los estudiantes con los requisitos genéricos de la protección radiológica en las situaciones de exposición planificada para todas las categorías de exposición (ocupacional, médica y del público).	15
<b>VII</b>	Situaciones de exposición planificada en aplicaciones no médicas	Dotar a los estudiantes de un buen conocimiento de las aplicaciones prácticas de los principios y conceptos de la protección radiológica en un amplio abanico de situaciones de exposición planificada (excluida la exposición médica). Los estudiantes aprenderán también a elaborar programas de protección radiológica adecuados para una gran variedad de aplicaciones.	100
<b>VIII</b>	Situaciones de exposición planificada en aplicaciones médicas	Dotar a los estudiantes de un conocimiento general sobre la aplicación de los principios de la protección radiológica en las aplicaciones médicas.	60
<b>IX</b>	Situaciones de exposición de emergencia, y preparación y respuesta para casos de emergencia	Enseñar a los estudiantes los requisitos básicos de protección en situaciones de exposición de emergencia. Dotarlos de un conocimiento adecuado del sistema de preparación y respuesta para casos de emergencia, sus requisitos básicos, principios y objetivos, la base para su planificación, las medidas protectoras y otras medidas de respuesta, y la comunicación con el público. Los estudiantes conocerán asimismo las disposiciones que deben adoptarse para una respuesta efectiva y eficiente en caso de emergencia nuclear o radiológica.	40
<b>X</b>	Situaciones de exposición existente	Dar a conocer a los estudiantes los requisitos básicos de protección en las situaciones de exposición existente. Los estudiantes conocerán también las causas de este tipo de situaciones, los enfoques para mitigar sus consecuencias y las circunstancias en que deben aplicarse los requisitos referentes a la exposición ocupacional.	15

<b>XI</b>	Capacitación de instructores	Enseñar a los estudiantes a organizar e impartir cursos de capacitación. Desarrollar sus habilidades didácticas. Aplicar esas habilidades en la presentación oral de la Parte XII.	30
<b>XII</b>	Proyecto final del curso	Aplicar los conocimientos y habilidades adquiridos a lo largo del curso para resolver un problema concreto de protección y seguridad radiológicas y presentar los resultados y las conclusiones.	80

## 4. PROGRAMA TIPO

### 4.1. PARTE I: REPASO DE LAS NOCIONES FUNDAMENTALES

**Objetivo:** Dar a conocer a los estudiantes los principios fundamentales de la física y las matemáticas que se utilizan en el campo de la protección radiológica, incluidos los procesos radiactivos, las reacciones nucleares y los métodos estadísticos. Los estudiantes sabrán cuáles son las fuentes de radiación y comprenderán las interacciones de la radiación con la materia.

#### 4.1.1. Contenido

Módulo	Contenido	Objetivo de aprendizaje (núm.)
I.1. Introducción	<p><b>Introducción</b></p> <p>Visión de conjunto del curso de capacitación: propósitos, objetivos de aprendizaje, contenido y calendario; introducción a la protección radiológica y la seguridad de las fuentes de radiación</p>	N.A.
I.2. Física y matemáticas básicas utilizadas en protección radiológica	<p><b>Fundamentos de la física atómica y nuclear</b></p> <p>Átomo, núcleo, protones, neutrones, electrones; unidad de masa atómica; elementos, tabla periódica de los elementos; isótopos de un elemento; nucleidos estables e inestables; capas electrónicas; energía de enlace de los electrones; excitación; ionización; partículas aceleradas; radiación de frenado; espectro energético: radiación característica de rayos X y radiación de frenado; conversión interna; electrón de efecto Auger</p> <p><b>Radiactividad</b></p> <p>Estabilidad nuclear; línea de estabilidad; núcleos inestables; radionucleidos; modos de desintegración radiactiva y tipos de espectros: alfa, beta, gamma; positrón, captura de electrones orbitales, conversión interna; actividad; unidades; constante de desintegración; período de semidesintegración; ley de la desintegración radiactiva; vida media; cadenas de desintegración y equilibrio</p> <p><b>Reacciones nucleares</b></p> <p>Tipos de reacción; radiactividad inducida; fisión y fusión (consideraciones energéticas); sección eficaz; energías de las reacciones</p> <p><b>Matemáticas básicas</b></p> <p>Diferenciación/integración; ecuaciones de desintegración (funciones exponenciales); ecuaciones diferenciales lineales ordinarias de primer orden con una constante</p>	<p>OA.I.2.01</p> <p>OA.I.2.02</p> <p>OA.I.2.03</p> <p>OA.I.2.04</p> <p>OA.I.2.05</p> <p>OA.I.2.06</p> <p>OA.I.2.07</p> <p>OA.I.2.08</p> <p>OA.I.2.09</p> <p>OA.I.2.10</p> <p>OA.I.2.11</p> <p>OA.I.2.12</p>

Módulo	Contenido	Objetivo de aprendizaje (núm.)
I.3. Interacción de la radiación con la materia	<p><b>Estadísticas</b></p> <p>Exactitud; precisión; media, mediana, modo; desviación estándar; niveles de confianza; teoría de la probabilidad; variables aleatorias; diferentes tipos de distribución (binomial, de Poisson, gaussiana, log-normal); diagrama de dispersión; prueba t de Student; ji cuadrado</p> <p>Criterios de Chauvenet, regresión; correlación; aplicaciones prácticas en el recuento; ajuste de curvas por métodos de mínimos cuadrados</p> <p><b>Radiación de partículas cargadas</b></p> <p>Partículas pesadas (alfa, protones, núcleos)</p> <p>Mecanismos de transferencia de energía, ionización y excitación, interacción nuclear de dispersión; relación alcance-energía; curva de Bragg; poder de frenado; blindaje</p> <p>Partículas beta</p> <p>Mecanismos de transferencia de energía; radiación de frenado; relaciones empíricas; curva de Bragg; poder de frenado; blindaje; radiación de Cherenkov</p> <p><b>Radiación sin carga</b></p> <p>Rayos X y gamma</p> <p>Efecto fotoeléctrico; dispersión de Compton; producción de pares; producción de fotones secundarios; coeficiente de atenuación lineal y de masa; atenuación exponencial; efecto de Z en el medio absorbente; corrección por el factor de acumulación; blindaje</p> <p>Neutrones</p> <p>Mecanismo de interacción: dispersión; absorción; captura radiactiva (n, p), (n, <math>\gamma</math>) y otras. Dependencia de la energía; blindaje</p>	<p>OA.I.3.01</p> <p>OA.I.3.02</p> <p>OA.I.3.03</p> <p>OA.I.3.04</p> <p>OA.I.3.05</p> <p>OA.I.3.06</p>
I.4. Fuentes de radiación	<p><b>Radiación natural</b></p> <p>Radionucleidos terrestres: uranio (<math>^{235}\text{U}</math> y <math>^{238}\text{U}</math>), <math>^{232}\text{Th}</math>, <math>^{40}\text{K}</math>; radionucleidos importantes en las cadenas de desintegración del <math>^{238}\text{U}</math> y el <math>^{232}\text{Th}</math> (Ra, emanación de Rn); materiales radiactivos naturales</p> <p>Radiación cósmica: tipos de radiación cósmica; variación con la latitud y la altitud</p> <p><b>Fuentes radiactivas artificiales</b></p> <p>Fuentes radiactivas: fuentes beta, alfa, gamma y de rayos X; fuentes isotópicas de neutrones; fuentes selladas;</p>	<p>OA.I.4.01</p> <p>OA.I.4.02</p> <p>OA.I.4.03</p> <p>OA.I.4.04</p> <p>OA.I.4.05</p>

<b>Módulo</b>	<b>Contenido</b>	<b>Objetivo de aprendizaje (núm.)</b>
	<p>fuentes no selladas y generadores de isótopos; contenedores de las fuentes; producción de radioisótopos; precipitación radiactiva</p> <p>Reactores nucleares: examen de las reacciones de fisión y fusión; moderación de neutrones; factor de multiplicación, criticidad. Tipos de reactor: elementos básicos de un reactor nuclear; reactores de investigación; instalaciones del ciclo del combustible nuclear</p> <p><b>Generadores de radiación</b></p> <p>Producción de partículas cargadas: aceleradores lineales; ciclotrones; betatrones</p> <p>Producción de rayos X: aparatos de rayos X de baja energía; aceleradores lineales; otros aparatos; principios y espectros; filtración y calidad del haz</p> <p>Producción de neutrones: fisión; fusión; espalación; reacciones (p, n), (d, n), (<math>\alpha</math>, n) y (<math>\gamma</math>, n); producción de neutrones para neutroterapia</p> <p>Aplicaciones de la radiación ionizante en la medicina, la industria, la alimentación y la agricultura; productos de consumo</p>	

#### 4.1.2. Objetivos de aprendizaje

<b>Objetivos de aprendizaje</b>		
<b>Módulo</b>	<b>Núm.</b>	<b>Descripción</b>
		Una vez cursado este módulo, el estudiante será capaz de:
I.1. Introducción	-	-
I.2. Física y matemáticas básicas utilizadas en protección radiológica	OA.I.2.01	describir la estructura del átomo e indicar los componentes básicos del núcleo.
	OA.I.2.02	describir la agrupación de los átomos en elementos con arreglo a su número atómico, y la disposición de esos elementos en la tabla periódica.
	OA.I.2.03	explicar el concepto de los isótopos de un elemento.
	OA.I.2.04	describir el proceso de ionización y los mecanismos por los que se ioniza un átomo.
	OA.I.2.05	explicar los mecanismos de producción de la radiación de frenado y la radiación característica de rayos X.
	OA.I.2.06	describir los modos de desintegración y los tipos de radiación emitidos (alfa, beta, de positrones, gamma).

<b>Objetivos de aprendizaje</b>		
<b>Módulo</b>	<b>Núm.</b>	<b>Descripción</b>
		Una vez cursado este módulo, el estudiante será capaz de:
	OA.I.2.07	explicar las diferencias entre la radiación gamma y la radiación X.
	OA.I.2.08	definir la unidad de radiactividad, el concepto del período de semidesintegración y la ley de la desintegración radiactiva.
	OA.I.2.09	explicar los conceptos de equilibrio secular y equilibrio transitorio.
	OA.I.2.10	resumir las propiedades de los neutrones.
	OA.I.2.11	explicar el concepto de fisión nuclear.
	OA.I.2.12	relacionar las pruebas y métodos estadísticos adecuados con las situaciones de protección radiológica pertinentes.
I.3. Interacción de la radiación con la materia	OA.I.3.01	explicar los diferentes tipos de interacción de las partículas pesadas (alfa, protones, núcleos) con la materia y los conceptos conexos del poder de frenado y el blindaje.
	OA.I.3.02	describir los diferentes tipos de interacción de las partículas beta con la materia y los procesos conexos de radiación de frenado y radiación de Cherenkov.
	OA.I.3.03	describir las interacciones de los fotones con la materia, incluidos el efecto fotoeléctrico, la dispersión de Compton y la producción de pares.
	OA.I.3.04	describir el proceso de atenuación de la radiación en el material de blindaje y el concepto del espesor hemirreductor y los coeficientes de atenuación lineal y de masa.
	OA.I.3.05	explicar los mecanismos de interacción de los neutrones, la dependencia de la energía de los neutrones y los tipos de blindaje de la radiación neutrónica.
	OA.I.3.06	describir el proceso de activación neutrónica.
I.4. Fuentes de radiación	OA.I.4.01	enumerar las fuentes naturales de radiación (radionucleidos terrestres naturales, radiación cósmica) y las tres cadenas de desintegración naturales, examinar el tema de los radionucleidos naturales en los materiales de construcción y describir los mecanismos de exposición al $^{222}\text{Rn}$ .
	OA.I.4.02	describir la amplia gama de aplicaciones de las fuentes radiactivas en la industria, la medicina y la investigación.
	OA.I.4.03	describir los usos de sustancias radiactivas no selladas en la medicina y su método de producción.

<b>Objetivos de aprendizaje</b>		
<b>Módulo</b>	<b>Descripción</b>	
<b>Núm.</b>	Una vez cursado este módulo, el estudiante será capaz de:	
OA.I.4.04	explicar los criterios básicos de la fabricación de fuentes alfa, beta y gamma.	
OA.I.4.05	resumir los diferentes tipos de reactores nucleares.	

#### **4.1.3. Ejercicios prácticos**

<b>Núm.</b>	<b>Ejercicio práctico</b>	<b>Tipo</b>
I-1	Presentación de diferentes tipos de fuentes de radiación y explicación de su aplicación; radionucleidos naturales y artificiales; productos de consumo; fuentes de radón	Demostración
I-2	Demostración de la desintegración radiactiva: gráficos de nucleidos, uso de publicaciones y programas informáticos para la búsqueda de datos nucleares	Demostración
I-3	Aplicación de la ecuación de desintegración radiactiva; empleo de algunos códigos matemáticos simples	Ejercicio
I-4	Medición del período de semidesintegración	Ejercicio de laboratorio
I-5	Recuento estadístico con un contador Geiger-Müller u otro similar y una fuente radiactiva, y verificación de las distribuciones estadísticas	Ejercicio de laboratorio
I-6	Producción de radiación de frenado y su atenuación	Demostración
I-7	Valores del alcance de las partículas alfa y beta	Demostración
I-8	Moderación y absorción de neutrones	Demostración
I-9	Medición del espesor hemirreductor con diferentes materiales absorbentes	Ejercicio de laboratorio
I-10	Demostración de la retrodispersión de la radiación beta	Demostración
I-11	Demostración de la absorción de la radiación beta o gamma en fuentes de diferente espesor (“autoabsorción”)	Demostración
I-12	Determinación de los niveles máximos de energía de la radiación beta por absorción	Ejercicio de laboratorio

#### **4.1.4. Bibliografía de la Parte I**

ATTIX, F. H., Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry, Wiley and Sons, Chichester (2008).

CEMBER, H., JOHNSON, T. E., Introduction to Health Physics, 4th Edition, McGraw-Hill, New York (2008).

HATANO, Y., KATSUMURA, Y., MOZUMDER A., Charged Particle and Photon Interactions with Matter: Recent Advances, Applications, and Interfaces, Boca Raton, CRC Press (2010).

KNOLL, G.T., Radiation Detection and Measurement, 4th Edition, Wiley, New York (2010).

MARTIN J. E., Physics for Radiation Protection, 3rd Edition, Wiley-VCH Verlag & Co. KGaA, Weinheim (2013).

MARTIN, A., HARBISON, S. A., BEACH, K., COLE, P., An Introduction to Radiation Protection, 6th Edition, Hodder Arnold, London (2012).

TURNER, J. E, Atoms, Radiation and Radiation Protection, 3rd Edition, Wiley VCH Verlag, Chesterhic (2007).

## 4.2. PARTE II: MAGNITUDES Y MEDICIONES

**Objetivo:** Familiarizar a los estudiantes con las magnitudes radiométricas, dosimétricas y operacionales de la protección radiológica y sus unidades de medida, para que puedan realizar los cálculos correspondientes. Dotarlos de experiencia práctica en la instalación y el manejo de diferentes tipos de detectores de radiación, el reconocimiento de sus principios de funcionamiento, características y limitaciones, y el análisis y la interpretación de los datos de las mediciones.

### 4.2.1. Contenido

Módulo	Contenido	Objetivo de aprendizaje (núm.)
<p>II.1. Magnitudes y unidades</p>	<p><b>Magnitudes radiométricas y coeficientes de interacción</b></p> <p>Campo de radiación; fluencia (tasa); fluencia de energía (tasa); sección eficaz; coeficiente de atenuación de masa; poder de frenado de masa</p> <p><b>Magnitudes dosimétricas</b></p> <p>Exposición (tasa); kerma (tasa); conceptos de dosimetría: energía impartida; energía lineal; dosis absorbida (tasa); transferencia lineal de energía (TLE); dosis en órganos</p> <p><b>Magnitudes de protección radiológica y operacionales</b></p> <p>Factor de ponderación de la radiación (<math>W_R</math>); dosis equivalente; factor de ponderación del tejido (<math>W_T</math>); dosis efectiva; campo alineado y expandido; dosis equivalente personal <math>H_p(0,07)</math> y <math>H_p(10)</math>; dosis equivalente ambiental <math>H^*(d)</math> y dosis equivalente direccional (<math>H'(d)</math>). Incorporación y dosis comprometida</p>	<p>OA.II.1.01</p> <p>OA.II.1.02</p> <p>OA.II.1.03</p> <p>OA.II.1.04</p>
<p>II.2. Cálculos y mediciones radiométricos y dosimétricos</p>	<p><b>Cálculos radiométricos y dosimétricos</b></p> <p>Relación entre fluencia, kerma y dosis absorbida; equilibrio electrónico; constante de tasa de kerma en aire; cálculo de la kerma y la dosis absorbida</p> <p>Principio de la cavidad de Bragg-Gray; medición de la dosis absorbida con ionización en una cavidad con gas; equilibrio electrónico; composición de una cavidad homogénea; cavidad grande; cavidad pequeña; efectos de recombinación; factores de corrección para la determinación de la dosis absorbida en agua en haces de fotones y electrones</p> <p>Fuentes puntuales, fuentes planas y fuentes volumétricas; absorción y dispersión en el aire y en el cuerpo; atenuación de la radiación primaria y acumulación de la radiación secundaria; influencia de la geometría</p> <p>Cálculo de la dosis recibida de fuentes de neutrones</p>	<p>OA.II.2.01</p> <p>OA.II.2.02</p> <p>OA.II.2.03</p> <p>OA.II.2.04</p> <p>OA.II.2.05</p>

Módulo	Contenido	Objetivo de aprendizaje (núm.)
II.3. Principios de la detección y medición de la radiación	<p><b>Detectores</b></p> <p>Propiedades generales de los detectores de radiación; modelo de detector simplificado, modos de funcionamiento; calibración de la energía y eficiencia (geométrica e intrínseca); radiación de fondo, geometría, estadística; escalímetros de impulsos y medidores de cadencia; discriminadores; equivalencia al tejido; resolución; análisis de la amplitud de los impulsos – coincidencia y anticoincidencia; análisis de la forma de los impulsos; corrección por tiempo muerto; análisis informático de espectros</p> <p>Detectores utilizados con fines de protección radiológica: principio de funcionamiento, propiedades, características operacionales, principales componentes electrónicos conexos, aplicaciones de medición</p> <p>Detectores con gas. Cámaras de ionización con medición de la corriente; cámaras de ionización a presión; cámaras de extrapolación; cámaras proporcionales; tubos G-M</p> <p>Detectores de centelleo (centelleadores sólidos y líquidos), detectores de semiconductor, emulsiones fotográficas, detectores termoluminiscentes, detectores de trazas nucleares, detectores de neutrones, detectores basados en reacciones <math>(n, \gamma)</math> o <math>(n, p)</math>, detectores formadores de imágenes</p> <p><b>Comparación de los distintos tipos de detector para los fines de medición adecuados</b></p>	<p>OA.II.3.01</p> <p>OA.II.3.02</p> <p>OA.II.3.03</p> <p>OA.II.3.04</p>

#### 4.2.2. Objetivos de aprendizaje

Objetivos de aprendizaje		
Módulo	Núm.	Descripción
II.1. Magnitudes y unidades	OA.II.1.01	Una vez cursado este módulo, el estudiante será capaz de: explicar los conceptos de campo de radiación y fluencia.
	OA.II.1.02	explicar las magnitudes dosimétricas de exposición, kerma y dosis absorbida, y las unidades correspondientes.
	OA.II.1.03	explicar las magnitudes de dosis equivalente, dosis efectiva, dosis comprometida y dosis efectiva comprometida.

<b>Objetivos de aprendizaje</b>		
<b>Módulo</b>	<b>Núm.</b>	<b>Descripción</b>
		Una vez cursado este módulo, el estudiante será capaz de:
II.2. Cálculos y mediciones radiométricos y dosimétricos	OA.II.1.04	aplicar las magnitudes operacionales de dosis equivalente ambiental, direccional y personal.
	OA.II.2.01	explicar cómo varía la tasa de dosis de radiación con la distancia de fuentes de diferentes geometrías.
	OA.II.2.02	aplicar la ley de la inversa del cuadrado a las emisiones de radiación desde una fuente puntual.
	OA.II.2.03	aplicar los conceptos de atenuación y acumulación en situaciones prácticas.
	OA.II.2.04	describir los posibles problemas de exposición relacionados con la dispersión y la radiación de cielo.
II.3. Principios de la detección y medición de la radiación	OA.II.2.05	calcular las dosis de radiación neutrónica en diferentes escenarios.
	OA.II.3.01	describir los principios generales de la detección de radiación y comprender los conceptos de eficiencia energética, resolución energética y límite de detección de la energía.
	OA.II.3.02	explicar los principios y el funcionamiento de las cámaras de ionización, los tubos Geiger-Müller y los detectores de centelleo.
	OA.II.3.03	elegir el detector adecuado para un determinado campo de radiación.
	OA.II.3.04	describir los diferentes tipos de dosímetros personales (de placas de película, termoluminiscentes, de luminiscencia estimulada ópticamente, electrónicos).

#### 4.2.3. Ejercicios prácticos

<b>Núm.</b>	<b>Ejercicio práctico</b>	<b>Tipo</b>
II-1.	Demostración de los distintos tipos de monitor portátil para radiaciones alfa, beta, gamma y neutrónica, y explicación de las respectivas aplicaciones; uso y consulta de los manuales del equipo	Demostración
II-2.	Ejercicios de cálculo de las magnitudes	Ejercicios
II-3.	Determinación de las características de los detectores Geiger-Müller: tasa de recuento en función de la curva de voltaje; respuesta a diferentes energías de radiación	Ejercicio de laboratorio

II-4.	Uso de un sistema Geiger-Müller/de centelleo con bajo fondo natural para la medición de emisores beta de baja actividad	Ejercicio de laboratorio
II-5.	Calibración de un espectrómetro de centelleo gamma o de un espectrómetro de semiconductor en energía y actividad	Ejercicio de laboratorio
II-6.	Análisis de un espectro gamma complejo con detectores de semiconductor	Ejercicio de laboratorio
II-7.	Calibración de un sistema de espectrometría alfa en energía y actividad	Ejercicio de laboratorio
II-7a.	Calibración de un espectrómetro beta en función de la energía máxima de los espectros	Ejercicio de laboratorio
II-8	Lectura de placas de películas de dosimetría individual expuestas a distintos tipos de radiación de diferentes energías	Demostración
II-9	Lectura de dosímetros termoluminiscentes	Demostración
II-10.	Realización de mediciones con sistemas de grabado de trazas	Demostración
II-11.	Realización de mediciones de tritio y carbono 14 de baja actividad con sistemas de recuento por centelleo líquido	Ejercicio de laboratorio
II-12.	Detección y espectrometría neutrónica con detectores de neutrones térmicos y esferas moderadoras de polietileno	Ejercicio de laboratorio
II-13.	Identificación de radionucleidos desconocidos	Ejercicio de laboratorio

#### 4.2.4. Bibliografía de la Parte II

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Determination and Interpretation of Characteristic Limits for Radioactivity Measurements - Decision Threshold, Detection Limit and Limits of the Confidence Interval, IAEA Analytical Quality in Nuclear Applications Series No. 48, IAEA (2017).

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS AND MEASUREMENTS, Quantities and Units in Radiation Protection Dosimetry, Report No. 51, ICRU, Bethesda, MD (1993).

- Fundamental Quantities and Units for Ionizing Radiation, ICRU Report No. 85, Oxford University Press, Oxford (2011).

COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, *Las Recomendaciones 2007 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica*, Publicación ICRP 103, editada por la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR) con la autorización de la ICRP, Senda Editorial S. A., Madrid, 2008.

- Conversion coefficients for radiological protection quantities for external radiation exposures, ICRP Publication 116, Ann. ICRP 40(2–5) (2010).

KNOLL, G.T., Radiation Detection and Measurement, 4th Edition, Wiley, New York (2010).

MARTIN J. E., Physics for Radiation Protection, 3rd Edition, Wiley-VCH Verlag & Co. KGaA, Weinheim (2013).

#### 4.3. PARTE III: EFECTOS BIOLÓGICOS DE LA RADIACIÓN IONIZANTE

**Objetivo:** Dar a conocer a los estudiantes los efectos de la radiación a nivel molecular y celular, así como las reacciones de los tejidos que pueden provocar efectos sanitarios estocásticos y deterministas. Ofrecerles una introducción a los modelos utilizados para estimar los coeficientes de riesgo de efectos estocásticos.

##### 4.3.1. Contenido

Módulo	Contenido	Objetivo de aprendizaje (núm.)
III.1. Efectos de la radiación a nivel molecular y celular	<p><b>Repaso de la biología celular</b></p> <p>Concepto básico de célula; estructura celular, función de diferentes orgánulos; ciclo celular; tipos de división celular; tipos de actividad durante la división celular</p> <p>Estructura de los cromosomas, el ADN y el ARN; replicación del ADN; transcripción del ADN; mutaciones puntuales</p> <p><b>Efectos de la radiación en las células. Fases del daño y factores modificadores</b></p> <p>Ruptura de enlaces químicos por excitación y ionización; elementos importantes en la biología; efectos directos e indirectos de la radiación: generación de radicales libres, interacción con el ADN; interacción con otros componentes de la célula. Respuesta al daño del ADN y reparación; rupturas de cromosomas; mitosis; disfunción mitótica; consecuencias del daño celular; muerte celular; consecuencias de la muerte celular; respuestas epigenéticas a la radiación; necrosis celular; apoptosis, señalización celular; sensibilidad celular; eficacia biológica relativa (EBR); respuestas adaptativas; factores modificadores</p> <p>Indicador biológico de dosis: aberraciones cromosómicas, dosimetría biológica, prueba de los micronúcleos, resonancia de espín electrónico (ESR)</p>	<p>OA.III.1.01</p> <p>OA.III.1.02</p> <p>OA.III.1.03</p> <p>OA.III.1.04</p> <p>OA.III.1.05</p> <p>OA.III.1.06</p> <p>OA.III.1.07</p>
III.2. Efectos deterministas	<p><b>Efectos de dosis altas</b></p> <p>Reacciones en tejidos y órganos; curvas de supervivencia celular; reacciones tempranas y tardías en tejidos y órganos; curva general de dosis y respuesta; umbral; gravedad; síndrome agudo por radiación; efecto de las radiaciones en el sistema hematopoyético, el tubo digestivo y la disfunción cardioneurovascular; dosis letal; efecto de la irradiación local: en la piel y sus estructuras, la glándula tiroidea, los pulmones, el cristalino, las gónadas; umbrales de dosis; efecto del fraccionamiento y tasa de dosis</p> <p>Casos clínicos (exposición accidental)</p>	<p>OA.III.2.01</p> <p>OA.III.2.02</p> <p>OA.III.2.03</p> <p>OA.III.2.04</p> <p>OA.III.2.05</p> <p>OA.III.2.06</p> <p>OA.III.2.07</p> <p>OA.III.2.08</p> <p>OA.III.2.09</p>

Módulo	Contenido	Objetivo de aprendizaje (núm.)
III.3. Efectos somáticos estocásticos	<p><b>Tumorigénesis (también oncogénesis o carcinogénesis)</b></p> <p>Mecanismos de tumorigénesis por radiación; fuentes de datos: modelos animales de tumorigénesis por radiación, supervivientes de las bombas atómicas, las “chicas del radio”, exposiciones médicas, mineros y otros</p> <p><b>Relación dosis-respuesta</b></p> <p>Modelos de riesgo absoluto y relativo; factores de eficacia de dosis y de tasa de dosis (DDREF); tumores humanos relacionados con la radiación; propensión genética al cáncer; carácter hereditario; estimación del riesgo de cáncer a partir de datos epidemiológicos; coeficientes de riesgo; detrimento por radiación y factores de ponderación de los tejidos; cánceres mortales y no mortales; factores de riesgo de la ICRP</p>	<p>OA.III.3.01</p> <p>OA.III.3.02</p> <p>OA.III.3.03</p>
III.4. Efectos hereditarios estocásticos	<p><b>Efectos hereditarios</b></p> <p>Genética elemental; mutaciones naturales; mutaciones de cromosomas y genes; fuentes de datos: seres humanos y animales; concepto de dosis de duplicación; coeficientes de riesgo de efectos genéticos</p>	<p>OA.III.4.01</p> <p>OA.III.4.02</p> <p>OA.III.4.03</p>
III.5. Efectos en el embrión y el feto	<p><b>Efectos de la radiación</b></p> <p>Embriogénesis básica; reacciones de los tejidos: sensibilidad en diferentes etapas del desarrollo; malformaciones; desarrollo y retraso encefálico; efectos estocásticos: leucemia y tumores malignos sólidos</p>	<p>OA.III.5.01</p> <p>OA.III.5.02</p>
III.6. Estudios y aspectos epidemiológicos	<p><b>Estudios epidemiológicos</b></p> <p>Necesidad de estadísticas, tipos de estudios actuales; métodos de muestreo para establecer las cohortes; factores de asociación y de confusión; potencia estadística y precisión; perspectivas y dificultades</p>	<p>OA.III.6.01</p> <p>OA.III.6.02</p> <p>OA.III.6.03</p>
III.7. Concepto de detrimento por radiación	<p><b>Detrimento por radiación</b></p> <p>Necesidad de una medida global del daño; factor de ponderación de la radiación (<math>W_R</math>); factor de ponderación del tejido (<math>W_T</math>), dosis efectiva; concepto de detrimento por radiación, dosis colectiva; enfoque adoptado por la ICRP; comparación de riesgos</p>	<p>OA.III.7.01</p> <p>OA.III.7.02</p> <p>OA.III.7.03</p>

### 4.3.2. Objetivos de aprendizaje

Módulo	Objetivos de aprendizaje	
	Núm.	Descripción
		Una vez cursado este módulo, el estudiante será capaz de:
III.1. Efectos de la radiación a nivel molecular y celular	OA.III.1.01	explicar el concepto y la estructura de las células.
	OA.III.1.02	describir el ciclo celular y el proceso de división.
	OA.III.1.03	describir las estructuras del ADN y los cromosomas.
	OA.III.1.04	explicar los mecanismos por los que la radiación ionizante daña el ADN e indicar los principales tipos de daño.
	OA.III.1.05	describir los procesos de reparación del ADN.
	OA.III.1.06	describir las fases evolutivas del daño causado por la radiación en un organismo.
	OA.III.1.07	explicar los factores que influyen en la radiosensibilidad celular y de los órganos/tejidos.
III.2. Efectos deterministas	OA.III.2.01	definir las reacciones tisulares y distinguir entre las reacciones tempranas y tardías en los tejidos y órganos.
	OA.III.2.02	describir los factores que influyen en la sensibilidad a la radiación.
	OA.III.2.03	describir las causas del síndrome agudo por radiación y su caracterización.
	OA.III.2.04	enumerar los principales síndromes agudos por radiación.
	OA.III.2.05	presentar un cuadro general de la hematopoyesis y de la influencia de la radiación ionizante en el sistema hematopoyético.
	OA.III.2.06	describir, en términos generales, las dos categorías de efectos de la radiación ionizante en la fisiología gastrointestinal.
	OA.III.2.07	resumir la disfunción cardioneurovascular en la irradiación letal.
	OA.III.2.08	explicar qué se entiende por exposición “localizada” a la radiación y las posibles consecuencias de esta exposición.
	OA.III.2.09	explicar qué caracteriza el síndrome cutáneo por radiación.
III.3. Efectos somáticos estocásticos	OA.III.3.01	explicar qué se entiende por “efecto estocástico” de la radiación ionizante y resumir el riesgo relativo de carcinogénesis asociado a ese tipo de radiación.

## Objetivos de aprendizaje

Módulo	Núm.	Descripción
		Una vez cursado este módulo, el estudiante será capaz de:
III.4. Efectos hereditarios estocásticos	OA.III.3.02	resumir las primeras etapas y los mecanismos de la oncogénesis, y las principales fuentes de datos sobre los efectos de la exposición a la radiación en los seres humanos.
	OA.III.3.03	explicar el concepto de factor de riesgo.
	OA.III.4.01	explicar la diferencia entre los efectos somáticos y hereditarios de la exposición a la radiación ionizante y describir las fuentes de datos sobre los efectos hereditarios en los seres humanos.
	OA.III.4.02	resumir las causas de los efectos hereditarios.
III.5. Efectos en el embrión y el feto	OA.III.4.03	presentar un cuadro general de los coeficientes de riesgo de efectos hereditarios y de las fuentes de datos adecuadas.
	OA.III.5.01	resumir los fundamentos de la embriología y las distintas sensibilidades del embrión y el feto en las diferentes etapas del desarrollo.
III.6. Estudios y aspectos epidemiológicos	OA.III.5.02	explicar los posibles efectos de la exposición prenatal.
	OA.III.6.01	explicar cómo se utiliza la epidemiología en la protección radiológica.
	OA.III.6.02	describir los parámetros epidemiológicos.
	OA.III.6.03	dar una descripción general de varios ejemplos de estudios epidemiológicos.
III.7. Concepto de detrimento por radiación	OA.III.7.01	explicar los conceptos de factor de ponderación del tejido, dosis efectiva y dosis colectiva.
	OA.III.7.02	resumir los componentes del daño para la salud relacionados con los efectos estocásticos.
	OA.III.7.03	indicar los límites de dosis actuales para la exposición ocupacional y del público, y la base para el establecimiento de esos valores.

### 4.3.3. Ejercicios prácticos

Núm.	Ejercicio práctico	Tipo
III-1	Dosimetría biológica	Demostración o estudio de caso
III-2	Interpretación de datos epidemiológicos	Estudio de caso
III-3	Evaluación de los riesgos relacionados con las dosis	Estudio de caso

### 4.3.4. Bibliografía de la Parte III

BIOLOGICAL EFFECTS OF IONIZING RADIATION (BEIR), Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation: BEIR VII Report Committee to Assess Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation, National Research Council, ISBN: 0-309-55226-5 (2005).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Diagnosis and Treatment of Radiation Injuries, Safety Reports Series No. 2, IAEA, Vienna (1998).

COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, *Recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica 1990*, Publicación ICRP 60, editada por la Sociedad Española de Protección radiológica (SEPR) con la autorización de la ICRP, EDICOMPLET S. A., Madrid, 1995.

- *Las Recomendaciones 2007 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica*, Publicación ICRP 103, editada por la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR) con la autorización de la ICRP, Senda Editorial S. A., Madrid, 2008.

UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION (UNSCEAR), Sources and Effects of Ionizing Radiation (2000 Report to the General Assembly), United Nations, New York (2000).

- Hereditary Effects of Radiation. 2001 Report to the General Assembly with Scientific Annex, United Nations, New York (2001).

- Efectos de las radiaciones de dosis bajas en la salud, Informe 2010 a la Asamblea General con anexo científico, Naciones Unidas, Nueva York, 2010.

#### 4.4. PARTE IV: SISTEMA INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA Y MARCO REGULADOR

**Objetivo:** Familiarizar a los estudiantes con el papel que desempeñan las organizaciones internacionales en la protección radiológica, en particular con las recomendaciones de la ICRP sobre el sistema internacional de protección radiológica, y ofrecerles una visión general de las normas de seguridad del OIEA pertinentes, incluidos los principales componentes del marco jurídico y regulador de la seguridad, las medidas de control reglamentario correspondientes, los principios fundamentales de la cultura de la seguridad y la creación de competencias en materia de seguridad radiológica.

##### 4.4.1. Contenido

Módulo	Contenido	Objetivo de aprendizaje (núm.)
IV.1. Organizaciones internacionales	<p><b>Papel de las organizaciones internacionales en la protección radiológica</b></p> <p>Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA)</p> <p>Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), Comisión Internacional de Unidades y Medidas Radiológicas (ICRU)</p> <p>Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR)</p> <p>Organización Internacional del Trabajo (OIT)</p> <p>Organización Mundial de la Salud (OMS)</p> <p>Organización del Tratado de Prohibición Completa de los Ensayos Nucleares (OTPCE), Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE (AEN de la OCDE)</p> <p>Organización Panamericana de la Salud (OPS)</p> <p>Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)</p> <p>Otras organizaciones: Comunidad Europea de la Energía Atómica (EURATOM), Organización Internacional de Normalización (ISO), Asociación Internacional de Suministradores y Productores de Fuentes (ISSPA), Asociación Nuclear Mundial (WNA)</p>	OA.IV.1.01
IV.2. Marco de protección radiológica	<p><b>Organizaciones pertinentes y su función</b></p> <p>Contribución de los datos científicos del UNSCEAR; recomendaciones de la ICRP; Organismo Internacional de Energía Atómica: establecimiento y aplicación de normas de seguridad, instrumentos jurídicamente vinculantes, convenciones</p>	<p>OA.IV.2.01</p> <p>OA.IV.2.02</p> <p>OA.IV.2.03</p>

Módulo	Contenido	Objetivo de aprendizaje (núm.)
IV.3. Recomendaciones de la ICRP	<p><b>Introducción a las recomendaciones de la ICRP</b></p> <p>Estructura y finalidades de las recomendaciones; estructura del sistema de protección; ámbito de aplicación de las recomendaciones; exclusión y exención</p> <p><b>Sistema de protección radiológica de las personas</b></p> <p>Tipos de situaciones de exposición; categorías de exposición, determinación de las personas expuestas; niveles de protección radiológica</p> <p><b>Principios de la protección radiológica</b></p> <p>Justificación; optimización de la protección; restricciones de dosis y niveles de referencia; límites de dosis</p> <p><b>Exposición médica de los pacientes</b></p> <p>Justificación de la exposición médica de los pacientes; optimización de la protección en las dosis administradas a pacientes en la exposición médica</p> <p><b>Protección del medio ambiente</b></p> <p>Objetivo de la protección radiológica del medio ambiente; animales y plantas de referencia</p>	<p>OA.IV.3.01</p> <p>OA.IV.3.02</p> <p>OA.IV.3.03</p>
IV.4. <i>Nociones fundamentales de seguridad</i> del OIEA	<p><b>Objetivo y principios de seguridad</b></p> <p><i>Nociones Fundamentales de Seguridad:</i> objetivo fundamental de la seguridad y principios de seguridad conexos (propósito)</p>	<p>OA.IV.4.01</p>
IV.5. Marco gubernamental, jurídico y regulador para la seguridad	<p><b>Marco legislativo</b></p> <p>Alcance del marco jurídico básico: base estatutaria; leyes de habilitación</p> <p><b>Responsabilidades y funciones del gobierno</b></p> <p>Política y estrategia nacional</p> <p>Establecimiento de un marco para la seguridad</p> <p>Establecimiento de un órgano regulador, independencia del órgano regulador</p> <p>Responsabilidad primordial por la seguridad, cumplimiento de la reglamentación y la responsabilidad en materia de seguridad</p> <p>Coordinación de las diferentes autoridades que tienen responsabilidades de seguridad dentro del marco regulador de la seguridad</p>	<p>OA.IV.5.01</p> <p>OA.IV.5.02</p> <p>OA.IV.5.03</p> <p>OA.IV.5.04</p> <p>OA.IV.5.05</p> <p>OA.IV.5.06</p> <p>OA.IV.5.07</p>

Módulo	Contenido	Objetivo de aprendizaje (núm.)
IV.6. Normas básicas de seguridad del OIEA	<p><b>Régimen de seguridad mundial</b></p>	
	<p>Obligaciones y arreglos internacionales para la cooperación internacional</p>	
	<p>Intercambio de experiencia operacional y en materia de reglamentación</p>	
	<p><b>Responsabilidades y funciones del órgano regulador</b></p>	
	<p>Estructura orgánica del órgano regulador y asignación de recursos; independencia efectiva en el desempeño de las funciones de regulación</p>	
	<p>Dotación de personal y competencia del órgano regulador</p>	
	<p>Sistema de gestión del órgano regulador</p>	
	<p>Enlace con órganos consultivos, organizaciones de apoyo y partes autorizadas</p>	
	<p>Estabilidad y coherencia del control reglamentario</p>	
	<p>Autorización de instalaciones y actividades por el órgano regulador; demostración de la seguridad para la autorización de instalaciones y actividades</p>	
	<p>Examen y evaluación de la información de importancia para la seguridad; enfoque graduado en el examen y la evaluación de las instalaciones o actividades</p>	
	<p>Inspección de instalaciones y actividades; tipos de inspección de instalaciones y actividades; enfoque graduado en la inspección de instalaciones y actividades</p>	
	<p>Establecimiento de una política de aplicación coercitiva</p>	
	<p>Exigencia de medidas correctivas por las partes autorizadas</p>	
<p>Reglamentos y guías; examen de los reglamentos y guías; promoción de los reglamentos y guías entre las partes interesadas</p>		
<p>Registros relacionados con la seguridad</p>		
<p>Comunicación y consulta con las partes interesadas</p>		
<p><b>Introducción a las Normas básicas de seguridad</b></p>	OA.IV.6.01	
<p>Antecedentes; objetivo; ámbito de aplicación; estructura</p>	OA.IV.6.02	
<p><b>Requisitos generales de protección y seguridad</b></p>	OA.IV.6.03	
<p>Aplicación de los principios de la protección radiológica</p>	OA.IV.6.04	
<p>Establecimiento de un marco jurídico y regulador</p>		
<p>Responsabilidades del órgano regulador</p>		

Módulo	Contenido	Objetivo de aprendizaje (núm.)
IV.7 Evaluación de la eficacia de los programas de reglamentación	<p>Responsabilidades de otras partes</p> <p>Requisitos de gestión</p> <p><b>Gestión y evaluación de la eficacia del programa de reglamentación</b></p> <p>Sistema de gestión; recopilación y análisis de datos del programa; criterios de desempeño del programa</p> <p>Niveles de evaluación del programa</p> <p>Metodología para evaluar la eficacia: indicadores del desempeño, criterios de desempeño; examen por homólogos</p>	<p>OA.IV.7.01</p> <p>OA.IV.7.02</p>
IV.8 Evaluación de la seguridad de instalaciones y actividades	<p><b>Cumplimiento de los requisitos para la evaluación de la seguridad</b></p> <p>Proceso de evaluación de la seguridad</p> <p>Enfoque graduado de la evaluación de la seguridad</p> <p>Uso y mantenimiento de la evaluación de la seguridad por la administración</p> <p>Metodología para evaluar la eficacia; posible riesgo de radiación, funciones de seguridad, características del emplazamiento, disposiciones para la protección radiológica, aspectos técnicos, factores humanos. Defensa en profundidad y márgenes de seguridad. Análisis de la seguridad: análisis determinista/probabilista, criterios para juzgar la seguridad, análisis de incertidumbres y de sensibilidad, uso de datos de la experiencia operacional. Investigaciones de accidentes, incidentes y exposiciones anómalas y seguimiento con medidas correctivas. Enseñanzas extraídas de la experiencia, indicadores del desempeño, criterios de desempeño; examen por homólogos</p>	<p>OA.IV.8.01</p>
IV.9. Seguridad tecnológica y física de las fuentes radiactivas	<p><b>Código de Conducta sobre la Seguridad Tecnológica y Física de las Fuentes Radiactivas</b></p> <p>Ámbito de aplicación y objetivos</p> <p>Principios básicos: legislación y reglamentación; órgano regulador; importación y exportación de fuentes radiactivas; papel del OIEA</p> <p>Orientaciones sobre la importación, la exportación y el transporte de fuentes radiactivas, inventario nacional de fuentes radiactivas; recuperación de fuentes huérfanas</p>	<p>OA.IV.9.01</p> <p>OA.IV.9.02</p>

Módulo	Contenido	Objetivo de aprendizaje (núm.)
IV.10 Cultura de la seguridad y creación de competencias en materia de seguridad radiológica	<p><b>Herramienta del OIEA en apoyo de las actividades de reglamentación</b></p> <p>Introducción al Sistema de Información para Autoridades Reguladoras (RAIS)</p> <p><b>Cultura de la seguridad del personal de todos los niveles</b></p> <p>Prioridad de la seguridad: políticas, procedimientos; responsabilidades; estructura jerárquica en la adopción de decisiones; arreglos organizativos; líneas de comunicación; indicadores de la cultura de la seguridad; ejemplos de cultura de la seguridad</p> <p><b>Estrategia nacional para la enseñanza y capacitación sobre seguridad radiológica, del transporte y de los desechos</b></p> <p>Marco jurídico: política y estrategia nacional de seguridad</p> <p>Partes interesadas pertinentes</p> <p>Comités nacionales para el establecimiento de una estrategia nacional de enseñanza y capacitación y la vigilancia de su aplicación</p> <p>Análisis de las necesidades de enseñanza y capacitación</p> <p>Diseño de un programa nacional de enseñanza y capacitación</p> <p>Desarrollo y ejecución del programa nacional de enseñanza y capacitación</p> <p>Evaluación del programa nacional de enseñanza y capacitación</p>	<p>OA.IV.10.01</p> <p>OA.IV.10.02</p>

#### 4.4.2. Objetivos de aprendizaje

Objetivos de aprendizaje		
Módulo	Núm.	Descripción
IV.1. Organizaciones internacionales	OA.IV.1.01	Una vez cursado este módulo, el estudiante será capaz de: resumir los mandatos de las organizaciones internacionales y el papel que desempeñan en la protección radiológica.
	OA.IV.2.01	describir la función del UNSCEAR, la ICRP y el OIEA en el marco de protección radiológica.
IV.2. Marco de protección radiológica	OA.IV.2.02	explicar los diferentes tipos de normas de seguridad del OIEA y su jerarquía.

Módulo	Objetivos de aprendizaje	
	Núm.	Descripción
		Una vez cursado este módulo, el estudiante será capaz de:
IV.3. Recomendaciones de la ICRP	OA.IV.2.03	explicar la diferencia entre los instrumentos jurídicos vinculantes y no vinculantes del OIEA.
	OA.IV.3.01	resumir las recomendaciones formuladas en la Publicación 103 de la ICRP.
	OA.IV.3.02	describir el sistema de protección radiológica y los tipos y categorías de exposición.
	OA.IV.3.03	explicar los principios básicos de la protección radiológica.
IV.4. <i>Nociones fundamentales de seguridad del OIEA</i>	OA.IV.4.01	describir el objetivo fundamental de la seguridad y los principios de seguridad conexos recogidos en los <i>Principios fundamentales de seguridad del OIEA</i> .
IV.5. Marco gubernamental, jurídico y regulador para la seguridad	OA.IV.5.01	explicar las principales responsabilidades y funciones del gobierno.
	OA.IV.5.02	explicar las principales responsabilidades y funciones de la autoridad reguladora.
	OA.IV.5.03	resumir los elementos de una infraestructura reguladora de la seguridad radiológica.
	OA.IV.5.04	explicar los diferentes tipos de autorización para una instalación o actividad.
	OA.IV.5.05	explicar el propósito del examen y la evaluación de una instalación o actividad.
	OA.IV.5.06	explicar el propósito del examen de una instalación o actividad.
	OA.IV.5.07	describir la aplicación del concepto de enfoque graduado.
IV.6. Introducción a las Normas básicas de seguridad del OIEA	OA.IV.6.01	indicar el objetivo y el ámbito de aplicación de las Normas básicas de seguridad del OIEA.
	OA.IV.6.02	explicar los tipos de situaciones de exposición y las categorías de exposición.
	OA.IV.6.03	explicar la división de las responsabilidades de protección radiológica entre el gobierno, el órgano regulador y otras partes pertinentes.
	OA.IV.6.04	describir los requisitos de gestión para la protección y la seguridad.
IV.7 Evaluación de la eficacia de los programas de reglamentación	OA.IV.7.01	explicar el elemento principal de un sistema de gestión.
	OA.IV.7.02	enumerar los principales indicadores del desempeño en las actividades de reglamentación.

Módulo	Objetivos de aprendizaje	
	Núm.	Descripción
		Una vez cursado este módulo, el estudiante será capaz de:
IV.8 Evaluación de la seguridad de instalaciones y actividades	OA.IV.8.01	describir los principales elementos del proceso de evaluación de la seguridad.
IV.9. Seguridad tecnológica y física de las fuentes radiactivas	OA.IV.9.01	indicar los requisitos establecidos en el Código de Conducta.
	OA.IV.9.02	explicar el propósito del uso del Sistema de Información para Autoridades Reguladoras (RAIS).
IV.10 Cultura de la seguridad y creación de competencias en materia de seguridad radiológica	OA.IV.10.01	enumerar las principales características de una cultura de la seguridad sólida.
	OA.IV.10.02	explicar el concepto de estrategia nacional de enseñanza y capacitación sobre seguridad radiológica, del transporte y de los desechos.

#### 4.4.3. Ejercicios prácticos

Núm.	Ejercicio práctico	Tipo
IV-1	Preparación de un marco regulador conceptual para un país con un número definido de un determinado tipo de fuentes de radiación	Estudio de caso
IV-2	Empleo de materiales informatizados de un sistema de información de una autoridad reguladora (incluido el Sistema de Información para Autoridades Reguladoras (RAIS) del OIEA)	Estudio de caso
IV-3	Estudio del proceso de concesión de la licencia para una práctica industrial o médica	Estudio de caso
IV-4	Realización de un examen de la seguridad para solicitar la licencia de una instalación de radiografía industrial u otro tipo de práctica	Estudio de caso
IV-5	Evaluación de una solicitud para el empleo de fuentes radiactivas en detectores de humo u otros productos de consumo (teniendo en cuenta el principio de la justificación)	Estudio de caso

IV-6.	Preparación de un comunicado de prensa de una autoridad reguladora sobre un tema de actualidad	Estudio de caso
IV-7	Lista de verificación para un ejercicio de inspección en una instalación de irradiación industrial	Estudio de caso

#### 4.4.4. Bibliografía de la Parte IV

COMUNIDAD EUROPEA DE LA ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN MARÍTIMA INTERNACIONAL, AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, *Principios fundamentales de seguridad, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° SF-1*, OIEA, Viena, 2007.

COMISIÓN EUROPEA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, *Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: Normas básicas internacionales de seguridad, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GSR Part 3*, OIEA, Viena, 2016.

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Evaluación mediante examen por pares de la efectividad de un programa regulador para la seguridad radiológica*, IAEA-TECDOC-1217/S; Viena, 2002.

- Training in radiation protection and the safe use of radiation sources, Safety Reports Series No. 20, IAEA, Vienna (2001).

- International Nuclear Safety Advisory Group, Key Practical Issues in Strengthening Safety Culture, INSAG Series No. 15, IAEA, Vienna, (2002).

- *Aplicación de los conceptos de exclusión, exención y dispensa, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° RS-G-1.7*, OIEA, Viena, 2007.

- *Código de Conducta sobre la Seguridad Tecnológica y Física de las Fuentes Radiactivas*, OIEA, Viena, 2004.

- Establishing the Infrastructure for Radiation Safety, Specific Safety Guide No. SSG-44, IAEA, Vienna (2004).

- *Directrices sobre la Importación y Exportación de Fuentes Radiactivas*, OIEA, Viena, 2012.

- *Inspección de las fuentes de radiación y aplicación coercitiva*, IAEA-TECDOC-1526, OIEA, Viena, 2010.
- *Notificación y autorización para utilizar fuentes de radiación*, IAEA-TECDOC-1525, OIEA, Viena, 2010.
- *Evaluación de la seguridad de las instalaciones y actividades*, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GSR Part 4, OIEA, Viena, 2010.
- *Marco gubernamental, jurídico y regulador para la seguridad*, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GSR Part 1, Viena, 2010.
- *Managing Regulatory Body Competence*, Safety Reports Series No. 79, IAEA, Vienna, (2014).
- *Use of a Graded Approach in the Application of the Management System Requirements for Facilities and Activities*, IAEA TECDOC Series No. 1740, IAEA, Vienna, (2014).
- *Organization, Management and Staffing of the Regulatory Body for Safety*, IAEA Safety Standards Series No. GSG-12, IAEA, Vienna, (2018).
- *A Methodology for Establishing a National Strategy for Education and Training in Radiation, Transport and Waste Safety*, Safety Reports Series No. 93, IAEA, Vienna, (2018).
- *Functions and Processes of the Regulatory Body for Safety*, IAEA Safety Standards Series No. GSG-13, IAEA, Vienna, (2018).

COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, *Las Recomendaciones 2007 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica*, Publicación ICRP 103, editada por la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR) con la autorización de la ICRP, Senda Editorial S. A., Madrid, 2008.

#### 4.5. PARTE V: EVALUACIÓN DE LAS EXPOSICIONES (NO MÉDICAS) EXTERNAS E INTERNAS

**Objetivo:** Enseñar a los estudiantes a medir, monitorizar, calcular e interpretar las dosis recibidas por las personas en casos de exposición externa, así como a diseñar un programa de monitorización para evaluar las dosis individuales y en el lugar de trabajo. Capacitarlos en el uso de técnicas apropiadas para evaluar las dosis recibidas por incorporación de radionucleidos en casos simples de contaminación interna.

##### 4.5.1. Contenido

Módulo	Contenido	Objetivo de aprendizaje (núm.)
V.1. Evaluación de la exposición ocupacional causada por fuentes de radiación externas	<p><b>Programas de monitorización para la evaluación de dosis individuales</b></p> <p>Diseño de programas de monitorización</p> <p>Dosimetría personal</p> <p>Evaluación de la dosis efectiva en diversas condiciones de exposición externa: aproximaciones prácticas</p> <p>Dosímetros personales integradores (termoluminiscentes, de placas de película, de cámaras de condensación, etc.) calibrados para medir la dosis equivalente personal; uso de dosímetros personales electrónicos; requisitos de funcionamiento de los dosímetros personales</p> <p>Dosimetría del cuerpo entero, las extremidades y la piel</p> <p>Evaluación de exposiciones ordinarias, especiales y accidentales</p> <p>Análisis de incertidumbres: (tipo A) obtención de valores de la sensibilidad no homogéneos debido a la limitada sensibilidad de los detectores y a la radiación de fondo, variabilidad de las cifras de los detectores a una dosis nula; (tipo B) dependencia de la energía, dependencia direccional, alinealidad de la respuesta, atenuación debida a la temperatura y la humedad, efectos de la exposición a la luz o a otros tipos de radiación ionizante, choque mecánico, errores de calibración, variación de la radiación de fondo natural local</p> <p><b>Técnicas de reconstrucción de dosis</b></p> <p>Dosimetría de accidentes; citogenética; EPR; construcción de dosis con dosimetría por termoluminiscencia y maniqués Alderson; dosimetría en accidentes de criticidad</p>	<p>OA.V.1.01</p> <p>OA.V.1.02</p> <p>OA.V.1.03</p> <p>OA.V.1.04</p> <p>OA.V.1.05</p> <p>OA.V.1.06</p> <p>OA.V.1.07</p> <p>OA.V.1.08</p>

Módulo	Contenido	Objetivo de aprendizaje (núm.)
V.2. Evaluación de la exposición ocupacional causada por incorporación de radionucleidos	<p><b>Programa de monitorización para el lugar de trabajo</b></p> <p>Monitorización ordinaria, de una tarea y especial; monitores fijos y portátiles; monitorización para la planificación de los trabajos; monitorización para detectar cambios en el entorno laboral; sistemas de monitorización de campos de radiación, de superficies; uso de la dosis equivalente ambiental y de la dosis equivalente direccional</p>	
	<p><b>Interpretación de las mediciones</b></p> <p>Niveles de registro; evaluación de las dosis del cuerpo entero, las extremidades y la piel; cálculo de la dosis efectiva causada por la exposición externa; monitorización radiológica ordinaria, de una tarea y especial por exposición externa; monitorización radiológica ordinaria, de una tarea y especial</p>	
	<p><b>Calibración</b></p> <p>Calibración del haz de radiación; principio de la cavidad de Bragg-Gray; medición de la dosis absorbida con ionización en una cavidad con gas; equilibrio electrónico; composición de una cavidad homogénea; cavidad grande; cavidad pequeña; efectos de recombinación; factores de corrección para la determinación de la dosis absorbida en agua en haces de fotones y electrones</p>	
	<p>Patrones primarios y secundarios; fuentes usadas para la calibración; pruebas rutinarias del equipo, pruebas de funcionamiento, ensayos de prototipos</p> <p><b>Sistema de gestión de la calidad</b></p> <p>Procedimientos de control de calidad; intercomparación; pruebas de competencia</p>	
	<p>Patrones primarios y secundarios; fuentes usadas para la calibración; pruebas rutinarias del equipo, pruebas de funcionamiento, ensayos de prototipos</p> <p><b>Modos de incorporación</b></p> <p>Inhalación (tamaños de las partículas, diámetro aerodinámico de la mediana de la actividad (DAMA), determinación de la distribución de tamaños en aerosoles), ingestión y absorción a través de la piel o de heridas</p> <p>Caso especial del agua y el vapor tritiados: incorporación de vapor y salpicaduras de agua a través de la piel e incorporación por respiración</p>	<p>OA.V.2.01</p> <p>OA.V.2.02</p> <p>OA.V.2.03</p> <p>OA.V.2.04</p> <p>OA.V.2.05</p>

Incorporación de radionucleidos por los trabajadores; incorporación de radionucleidos por los miembros de la población

### **Introducción a los modelos biocinéticos utilizados por la ICRP**

Aspectos cuantitativos de la incorporación; captación por la sangre y transporte a diversos órganos; deposición en órganos

Modelización por compartimentos; relaciones entre los compartimentos como una de las bases para especificar los procedimientos de monitorización; retención y eliminación; compartimentos exponenciales, período de semieliminación biológica y período de semieliminación efectiva

Modelos biocinéticos para la evaluación de la exposición interna: modelos de la ICRP (persona de referencia) y parámetros pertinentes; modelo del aparato respiratorio humano (HRTM); modelo del tubo digestivo humano (HATM); penetración a través de heridas y de la piel intacta; resumen de los modelos sistémicos

### **Programa de monitorización**

Programa de monitorización: necesidad, diseño de un programa de monitorización ordinaria, métodos de medición, frecuencia de la monitorización, niveles de referencia, monitorización especial

Monitorización del lugar de trabajo: monitorización de las superficies y el aire; concepto de la concentración derivada en aire (CDA)

Monitorización individual – métodos directos: principios; geometría de la medición: cuerpo entero, glándula tiroidea, pulmón; métodos de detección; procedimientos de medición

Monitorización individual – métodos indirectos: muestras biológicas (orina, heces, aliento, sangre, secreciones nasales, muestras de tejidos); normalización de las muestras; muestras físicas (del aire, de superficies); métodos de manipulación; métodos de análisis (separación radioquímica, detección)

Requisitos de funcionamiento de los sistemas de detección en la dosimetría interna

### **Cálculo de la dosis efectiva comprometida**

Dosis efectiva comprometida; dosis efectiva comprometida por unidad de incorporación; dosis efectiva comprometida por unidad de incorporación en el adulto patrón y en función de la edad; coherencia de las mediciones con los modelos biocinéticos

<b>Módulo</b>	<b>Contenido</b>	<b>Objetivo de aprendizaje (núm.)</b>
V.3. Evaluación de la exposición del público	<p>Cálculo de la contribución de los órganos a la dosis efectiva</p> <p>Límites primarios y secundarios; caso especial del radón y sus descendientes</p> <p>Introducción a las directrices (EURADOS) y los programas informáticos para el cálculo de la dosis interna (características y disponibilidad)</p> <p><b>Calibración</b></p> <p>Calibración para técnicas de medición directa e indirecta</p> <p><b>Sistema de gestión de la calidad</b></p> <p>Procedimientos de control de calidad; intercomparación; pruebas de competencia</p> <p><b>Conceptos básicos</b></p> <p>Vías de exposición; grupos críticos y persona representativa; métodos genéricos de evaluación de dosis; incertidumbres en las evaluaciones de dosis</p> <p><b>Evaluación de la exposición del público debida a descargas radiactivas al medio ambiente</b></p> <p>Estrategia de monitorización: monitorización en la fuente y monitorización ambiental; técnicas de muestreo y magnitudes de la monitorización; interpretación de los resultados de la monitorización</p> <p>Ejemplos de la aplicación a diferentes fuentes: instalaciones médicas, plantas de producción de radioisótopos, instalaciones de gestión de desechos, instalaciones nucleares</p> <p><b>Evaluación de la exposición del público debida a otros escenarios</b></p> <p>Escenarios de exposición del público y determinación de los parámetros importantes para la evaluación. Enfoque graduado de la evaluación de la exposición del público</p>	OA.V.3.01

#### 4.5.2. Objetivos de aprendizaje

Módulo	Objetivos de aprendizaje	
	Núm.	Descripción
V.1. Evaluación de la exposición ocupacional causada por fuentes de radiación externas	OA.V.1.01	Una vez cursado este módulo, el estudiante será capaz de: elaborar un programa de monitorización individual.
	OA.V.1.02	describir los diferentes tipos de dosímetros personales y las circunstancias en que debe utilizarse cada uno.
	OA.V.1.03	interpretar los resultados de los dosímetros.
	OA.V.1.04	determinar las circunstancias en que los resultados de los dosímetros pueden no dar una estimación adecuada de la dosis.
	OA.V.1.05	explicar los conceptos de la exactitud y la incertidumbre aceptables, y aplicar estos conceptos a la determinación de las incertidumbres y los límites de detección de sistemas de dosimetría práctica.
	OA.V.1.06	especificar las técnicas de medición que pueden utilizarse para la dosimetría de accidentes.
	OA.V.1.07	describir los principios básicos de la monitorización del lugar de trabajo, y determinar los métodos de monitorización que pueden utilizarse como parte del programa de evaluación de la exposición debida a la radiación externa y a la incorporación de radionucleidos.
	OA.V.1.08	describir las técnicas y los requisitos de calibración y prueba de los instrumentos de protección radiológica.
V.2. Evaluación de la exposición ocupacional causada por incorporación de radionucleidos	OA.V.2.01	resumir los principios en que se sustentan el desarrollo y uso de los modelos biocinéticos, así como la necesidad de modelos específicos cuando la incorporación se aproxima a ciertos límites.
	OA.V.2.02	describir los principios y criterios que permiten determinar la necesidad de monitorización para la evaluación de la exposición interna.
	OA.V.2.03	explicar los principios y técnicas utilizados para la medición directa de los materiales radiactivos depositados en el cuerpo humano.
	OA.V.2.04	describir los principios y limitaciones de la monitorización indirecta y seleccionar las técnicas de medición y los métodos de evaluación adecuados.

<b>Objetivos de aprendizaje</b>		
<b>Módulo</b>	<b>Núm.</b>	<b>Descripción</b>
		Una vez cursado este módulo, el estudiante será capaz de:
	OA.V.2.05	evaluar la información proporcionada por un dosímetro o por una medición de la incorporación, especialmente cuando el resultado indique una exposición alta o inhabitual, y determinar las medidas que puede ser necesario adoptar.
V.3. Evaluación de la exposición del público	OA.V.3.01	especificar los métodos para evaluar la dosis recibida por el público.

#### **4.5.3. Ejercicios prácticos**

<b>Núm.</b>	<b>Ejercicio práctico</b>	<b>Tipo</b>
V-1.	Elaboración de un programa de monitorización ordinaria (exposición interna y externa)	Estudio de caso
V-2.	Interpretación de las mediciones hechas con un dosímetro personal	Estudio de caso
V-3.	Demostración de sistemas de monitorización práctica de zonas, de superficies y del aire	Demostración
V-4.	Calibración de diferentes dosímetros en laboratorios secundarios de calibración dosimétrica (SSDL)	Visita técnica a un SSDL
V-5.	Medición del contenido de radionucleidos del cuerpo por conteo de cuerpo entero	Visita técnica a una instalación de conteo de cuerpo entero
V-6.	Medición de los radionucleidos con técnicas de bioanálisis – procedimientos correspondientes de garantía y control de calidad	Ejercicio de laboratorio
V-7	Cálculo de dosis internas con ayuda de los modelos de la ICRP para la contaminación aguda con determinados radionucleidos	Ejercicios
V-8	Monitorización de la glándula tiroidea	Ejercicio de laboratorio
V-9	Monitorización del radón/torón con métodos pasivos y activos	Ejercicio de laboratorio

#### 4.5.4. Bibliografía de la Parte V

BELL S., A Beginner's Guide to Uncertainty of Measurement, NPL Measurement Good Practice Guide No. 11 (Issue 2), National Physical Laboratory, Teddington (2001).

CASTELLANI C.M., MARSH J.W., HURTMAN C., BLANCHARDON E., BERARD P., GUISSANI A., LOPEZ M.A., IDEAS Guidelines (Version 2) for the Estimation of Committed Doses from Incorporation Monitoring Data, EURADOS Report 2013-01, ISSN 2226-8057, Braunschweig (2013).

COMISIÓN EUROPEA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, *Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: Normas básicas internacionales de seguridad, Colección de Normas de Seguridad del OIEA*, N° GSR Part 3, OIEA, Viena, 2016.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Direct Methods for Measuring Radionuclides in the Human Body, Safety Series No. 114, IAEA, Vienna (1996).

- Calibration of Radiation Protection Monitoring Instruments, Safety Series No. 16, IAEA, Vienna (2000).

- Indirect Methods for Assessing Intakes of Radionuclides Causing Occupational Exposure, Safety Reports Series No. 18, IAEA, Vienna, (2002).

- Methods for Assessing Occupational Radiation Doses due to Intakes of Radionuclides, Safety Reports Series No. 37, IAEA, Vienna, (2004).

- *Monitorización del medio ambiente y de las fuentes de radiación con fines de protección radiológica, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° RS-G-1.8, OIEA, Viena, 2010.

- Intercomparison of Personal Dose Equivalent Measurements by Active Personal Dosimeters, IAEA TECDOC Series No. 1564, IAEA, Vienna, (2007).

- Measurement Uncertainty, IAEA TECDOC Series No. 1585, IAEA, Vienna (2008).

- Determination and Interpretation of Characteristic Limits for Radioactivity Measurements - Decision Threshold, Detection Limit and Limits of the Confidence Interval, IAEA Analytical Quality in Nuclear Applications Series No. 48, IAEA, Vienna (2018).

- Radiation Protection of the Public and the Environment, IAEA Safety Standards Series No. GSG-8, IAEA, Vienna (2018).

- Prospective Radiological Environmental Impact Assessment for Facilities and Activities, IAEA Safety Standards Series No. GSG-10, IAEA, Vienna (2018).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR OFFICE, Occupational Radiation Protection, IAEA Safety Standards Series No. GSG-7, IAEA, Vienna (2018).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION, WORLD HEALTH ORGANIZATION, Radiation Protection and Safety in Medical Uses of Ionizing Radiation, IAEA Safety Standards Series No. SSG-46, IAEA, Vienna (2018).

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Human Respiratory Tract Model for Radiological Protection, ICRP Publication 66. Ann. ICRP 24 (1-3) (1994).

- General Principles for the Radiation Protection of Workers, ICRP Publication 75. Ann. ICRP 27 (1) (1997).

- Human Alimentary Tract Model for Radiological Protection, ICRP Publication 100. Ann. ICRP 36 (1-2) (2006).

- Conversion Coefficients for Radiological Protection Quantities for External Radiation Exposures, ICRP Publication 116, Ann. ICRP 40(2-5) (2010).

- Occupational Intakes of Radionuclides: Part 1, ICRP Publication 130. Ann. ICRP 44(2) (2015).

- Occupational Intakes of Radionuclides: Part 2, ICRP Publication 134. Ann. ICRP 45(3/4), (2016).

- Occupational Intakes of Radionuclides: Part 3, ICRP Publication 137. Ann. ICRP 46(3/4) (2017).

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Determination of the characteristic limits (decision threshold, detection limit and limits of the confidence interval) for measurements of ionizing radiation -- Fundamentals and application, ISO 11929:2010, ISO, Geneva (2010).

NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS, Development of a Biokinetic Model for Radionuclide-Contaminated Wounds and Procedures for Their Assessment, Dosimetry and Treatment, NCRP report 156, NCRP, Bethesda (2006).

-Uncertainties in Internal Radiation Dose Assessment, Report No. 164, NCRP, Bethesda (2009).

#### 4.6. PARTE VI: SITUACIONES DE EXPOSICIÓN PLANIFICADA – REQUISITOS GENÉRICOS

**Objetivo:** Familiarizar a los estudiantes con los requisitos genéricos de la protección radiológica en las situaciones de exposición planificada para todas las categorías de exposición (ocupacional, médica y del público).

##### 4.6.1. Contenido

Módulo	Contenido	Objetivo de aprendizaje (núm.)
VI.1 Requisitos genéricos para situaciones de exposición planificada	<p><b>Situación de exposición planificada</b></p> <p>Introducción a las situaciones de exposición planificada</p> <p><b>Alcance de los requisitos</b></p> <p>Ámbito de aplicación de los requisitos para las situaciones de exposición planificada</p> <p><b>Enfoque graduado</b></p> <p>Exención y dispensa (criterios de exención y dispensa); notificación y autorización (registro o concesión de una licencia)</p> <p><b>Justificación de las prácticas</b></p> <p>Responsabilidades; prácticas que no se consideran justificadas; justificación de la imagenología humana para fines distintos del diagnóstico o tratamiento médico</p> <p><b>Optimización de la protección y la seguridad</b></p> <p>Responsabilidades; establecimiento de restricciones de dosis y del riesgo; optimización de la exposición ocupacional y del público; tiempo, distancia y blindaje; valor más bajo que pueda razonablemente alcanzarse (ALARA), número mínimo de fuentes; protección contra la contaminación; intendencia; jerarquía en la infraestructura (diseño) y los procedimientos de las medidas protectoras</p> <p><b>Límites de dosis</b></p> <p>Responsabilidades; establecimiento de límites de dosis para la exposición del público y la exposición ocupacional. Límites de dosis especificados para las exposiciones ocupacional y del público a raíz de situaciones de exposición planificada</p> <p><b>Responsabilidades de las partes pertinentes</b></p> <p>Protección y seguridad en situaciones de exposición planificada; evaluación de la seguridad de instalaciones y actividades; monitorización para la verificación del</p>	<p>OA.VI.1.01</p> <p>OA.VI.1.02</p> <p>OA.VI.1.03</p> <p>OA.VI.1.04</p> <p>OA.VI.1.05</p> <p>OA.VI.1.06</p> <p>OA.VI.1.07</p> <p>OA.VI.1.08</p> <p>OA.VI.1.09</p> <p>OA.VI.1.10</p> <p>OA.VI.1.11</p>

Módulo	Contenido	Objetivo de aprendizaje (núm.)
<p>VI.2 Requisitos para la exposición ocupacional en situaciones de exposición planificada</p>	<p>cumplimiento; prevención y mitigación de accidentes; exposición potencial; investigaciones de circunstancias anómalas y retroinformación sobre la experiencia operacional; seguridad de los generadores de radiación y las fuentes radiactivas; sujeción de la imagenología humana con fines no médicos al sistema de protección y seguridad</p> <p><b>Alcance de los requisitos</b></p> <p>Ámbito de aplicación de los requisitos para la exposición ocupacional en situaciones de exposición planificada</p> <p><b>Requisitos y responsabilidades de las partes pertinentes relacionados específicamente con la exposición ocupacional</b></p> <p>Responsabilidades del órgano regulador respecto de la exposición ocupacional: optimización, límites de dosis; monitorización y registro de la exposición ocupacional</p> <p>Responsabilidades de los empleadores, los titulares registrados y los titulares de licencias, obligaciones y deberes de los trabajadores</p> <p><b>Programa de protección radiológica</b></p> <p>Evaluación radiológica y de la seguridad previa; alcance y estructura del programa de protección radiológica; responsabilidad y obligaciones de los titulares registrados, los titulares de licencias y los empleadores; responsabilidad de los trabajadores y otras personas en el lugar de trabajo; clasificación de zonas (controladas, supervisadas); reglas locales y equipo de protección personal; monitorización individual; monitorización del lugar de trabajo; organización de la protección radiológica; disposiciones administrativas especiales; infraestructura; función del oficial de protección radiológica; función del experto cualificado; capacitación; líneas de comunicación (interna, entre empleadores, con la autoridad reguladora); cultura de la seguridad; garantía de calidad; preparación para emergencias</p> <p><b>Evaluación de la exposición ocupacional y vigilancia de la salud de los trabajadores</b></p> <p>Evaluación de la exposición; registros de la exposición</p> <p>Vigilancia de la salud: objetivos; responsabilidades; examen médico de los trabajadores; asesoramiento; atención a los trabajadores sobreexpuestos; historias clínicas</p>	<p>OA.VI.2.01</p> <p>OA.VI.2.02</p> <p>OA.VI.2.03</p> <p>OA.VI.2.04</p> <p>OA.VI.2.05</p> <p>OA.VI.2.06</p> <p>OA.VI.2.07</p> <p>OA.VI.2.08</p> <p>OA.VI.2.09</p> <p>OA.VI.2.10</p> <p>OA.VI.2.11</p> <p>OA.VI.2.12</p> <p>OA.VI.2.13</p> <p>OA.VI.2.14</p> <p>OA.VI.2.15</p> <p>OA.VI.2.16</p> <p>OA.VI.2.17</p> <p>OA.VI.2.18</p> <p>OA.VI.2.19</p> <p>OA.VI.2.20</p> <p>OA.VI.2.21</p>

### **Seguridad tecnológica y física de las fuentes**

Protección física de las fuentes y los desechos; ensayos de estanqueidad; señales y marcado; acondicionamiento; blindaje; almacenamiento; retirada del servicio; procedimientos de emergencia

### **Características del diseño de las instalaciones**

Característica del diseño (considerando también los efectos de dispersión); sistema de ventilación; cálculo de blindajes; enclavamientos de seguridad; equipo de manipulación a distancia; campanas de humos; celdas calientes; cajas de guantes; vestuario; barreras físicas; instalaciones de almacenamiento; tubería de efluentes líquidos y control del decrecimiento radiactivo; monitores de radiación fijos; señales de advertencia; garantía de calidad; estudio de la puesta en servicio y examen reglamentario

### **Protección personal**

Ropa protectora; protección respiratoria; control de la contaminación; descontaminación de superficies y uso de equipo de protección personal; controles administrativos y de los procedimientos

### **Clasificación de zonas**

Zonas controladas y supervisadas; políticas y procedimientos

Reglas locales y supervisión; cumplimiento de los límites de dosis; mantenimiento de registros y presentación de informes

### **Garantía de calidad**

Establecimiento del sistema de gestión de la calidad: evaluación rutinaria del desempeño técnico y de la administración; auditorías y examen; autoevaluación; retroinformación para introducir mejoras

### **Información, instrucción y capacitación**

Provisión de información, instrucción y capacitación adecuadas para la protección y seguridad de los trabajadores; categorías de personas que deben recibir capacitación; desarrollo de competencias mediante la capacitación (básica, inicial y de actualización); métodos de capacitación; enfoque sistemático de la capacitación

### **Condiciones de servicio**

Requisitos aplicables a las condiciones de servicio para la exposición ocupacional de los trabajadores y los asuntos relacionados con la seguridad

OA.VI.2.22

OA.VI.2.23

OA.VI.2.24

OA.VI.2.25

OA.VI.2.26

OA.VI.2.27

OA.VI.2.28

OA.VI.2.29

Módulo	Contenido	Objetivo de aprendizaje (núm.)
VI.3 Requisitos para la exposición del público en situaciones de exposición planificada	<p><b>Disposiciones especiales para los trabajadores</b></p> <p>Mujeres trabajadoras; protección del embrión y el feto; bebés lactantes, personas menores de 18 años de edad</p> <p><b>Alcance de los requisitos</b></p> <p>Ámbito de aplicación de los requisitos para la exposición del público en situaciones de exposición planificada</p> <p><b>Responsabilidades del gobierno y del órgano regulador relacionadas específicamente con la exposición del público</b></p> <p>Restricciones de dosis y del riesgo; limitación de las dosis; límites operacionales; disposiciones en casos en que la fuente de una práctica pueda causar una exposición del público fuera del territorio</p> <p><b>Sistema de protección y seguridad contra la exposición del público en situaciones de exposición planificada</b></p> <p>Responsabilidades de las partes pertinentes en relación con el control y la optimización de la exposición del público; visitantes en zonas controladas o zonas supervisadas; contaminación y exposición externa en zonas de acceso público</p> <p><b>Gestión de las descargas y los desechos radiactivos</b></p> <p>Responsabilidades de las partes pertinentes en relación con la gestión de los desechos radiactivos y las descargas de materiales radiactivos al medio ambiente de conformidad con la autorización</p> <p><b>Monitorización y presentación de informes</b></p> <p>Responsabilidades de las partes pertinentes en relación con los programas de monitorización ambiental: registros, evaluación de las dosis recibidas por el público, verificación del cumplimiento de los límites para las descargas, niveles de referencia ambientales derivados, restricciones de dosis en la monitorización de fuentes, límites de dosis en la monitorización individual; registro de los resultados; conservación de los registros y presentación de informes, capacidad de realizar monitorizaciones de emergencia</p> <p><b>Productos de consumo</b></p> <p>Responsabilidades de las partes pertinentes en relación con la exención o el uso autorizado de productos de consumo por el público; requisitos referentes al diseño y la</p>	<p>OA.VI.3.01</p> <p>OA.VI.3.02</p> <p>OA.VI.3.03</p> <p>OA.VI.3.04</p> <p>OA.VI.3.05</p> <p>OA.VI.3.06</p> <p>OA.VI.3.07</p> <p>OA.VI.3.08</p> <p>OA.VI.3.09</p>

Módulo	Contenido	Objetivo de aprendizaje (núm.)
VI.4. Requisitos para la exposición médica	<p>fabricación de los productos, y a la presentación de información e instrucciones legibles en las etiquetas</p> <p><b>Alcance de los requisitos</b></p> <p>Ámbito de aplicación de los requisitos para la exposición médica en situaciones de exposición planificada</p> <p><b>Responsabilidades del gobierno relacionadas específicamente con la exposición médica</b></p> <p>Responsabilidades del gobierno con respecto a la autorización de las partes pertinentes; niveles de referencia para diagnóstico, restricciones de dosis (personas que cuidan o confortan a pacientes, voluntarios en la investigación biomédica); criterios y directrices para el alta de pacientes sometidos a procedimientos terapéuticos</p> <p><b>Responsabilidades del órgano regulador relacionadas específicamente con la exposición médica</b></p> <p>Responsabilidad del órgano regulador con respecto a los profesionales de la salud que determinan la exposición médica (radiólogos, físicos médicos, tecnólogos médicos en radiología y todos los demás profesionales de la salud con funciones específicas de protección radiológica de los pacientes)</p> <p><b>Responsabilidades de los titulares registrados y los titulares de licencias relacionadas específicamente con la exposición médica</b></p> <p>Remisión apropiada; responsabilidad de garantizar la protección y la seguridad; información adecuada de la persona que se someterá a la exposición sobre los riesgos y los beneficios previstos</p> <p><b>Justificación de la exposición médica</b></p> <p>Justificación genérica; justificación en el caso de un paciente en particular; justificación específica del uso de procedimientos radiológicos como parte de un programa de detección sistemática o de un programa de investigación biomédica</p> <p><b>Optimización de la protección y la seguridad en la exposición médica</b></p> <p>Consideraciones de diseño; consideraciones operacionales; calibración; dosimetría de los pacientes; niveles de referencia para diagnóstico; garantía de calidad; restricciones de dosis</p>	<p>OA.VI.4.01</p> <p>OA.VI.4.02</p> <p>OA.VI.4.03</p> <p>OA.VI.4.04</p> <p>OA.VI.4.05</p> <p>OA.VI.4.06</p> <p>OA.VI.4.07</p> <p>OA.VI.4.08</p> <p>OA.VI.4.09</p> <p>OA.VI.4.10</p>

<b>Módulo</b>	<b>Contenido</b>	<b>Objetivo de aprendizaje (núm.)</b>
	<p><b>Mujeres embarazadas o lactantes</b></p> <p>Disposiciones para la protección radiológica adecuada de las mujeres que estén o puedan estar embarazadas o que estén amamantando</p> <p><b>Alta de pacientes sometidos a una terapia radioisotópica</b></p> <p>Disposiciones para la adecuada protección radiológica de los miembros de la población y de los familiares antes del alta de pacientes sometidos a terapia radioisotópica</p> <p><b>Exposición médica involuntaria y accidental</b></p> <p>Responsabilidades de los titulares registrados y los titulares de licencias con respecto a la reducción al mínimo de la probabilidad de una exposición médica involuntaria o accidental; requisitos relacionados con la investigación de la exposición involuntaria o accidental</p> <p><b>Exámenes y registros</b></p> <p>Exámenes radiológicos periódicos en la instalación de radiología médica; mantenimiento de registros</p>	

#### 4.6.2. Objetivos de aprendizaje

<b>Objetivos de aprendizaje</b>		
<b>Módulo</b>	<b>Núm.</b>	<b>Descripción</b>
VI.1 Requisitos genéricos para situaciones de exposición planificada	Una vez cursado este módulo, el estudiante será capaz de:	
	OA.VI.1.01	describir todos los requisitos fundamentales establecidos en las Normas básicas de seguridad para las situaciones de exposición planificada, y en quién recae la responsabilidad de cumplir esos requisitos.
	OA.VI.1.02	explicar el concepto de “enfoque graduado”.
	OA.VI.1.03	explicar la diferencia entre “notificación” y “autorización”.
	OA.VI.1.04	describir los conceptos de “exención” y “dispensa” y las circunstancias en que se aplican.
	OA.VI.1.05	explicar la jerarquía de la justificación de las prácticas, la optimización de las prácticas y la limitación de las dosis.
OA.VI.1.06	describir los principios fundamentales de la prevención y mitigación de accidentes y los conceptos de buenas prácticas tecnológicas y defensa en profundidad.	

<b>Objetivos de aprendizaje</b>		
<b>Módulo</b>	<b>Núm.</b>	<b>Descripción</b>
		Una vez cursado este módulo, el estudiante será capaz de:
	OA.VI.1.07	explicar la necesidad y la importancia de la investigación y retroinformación sobre la experiencia operacional.
	OA.VI.1.08	enumerar los requisitos específicos que se aplican a los generadores y las fuentes radiactivas.
	OA.VI.1.09	resumir los requisitos específicos que se aplican a la imagenología humana con fines distintos del diagnóstico o tratamiento médico o de la investigación biomédica.
	OA.VI.1.10	explicar la jerarquía de las medidas protectoras.
	OA.VI.1.11	explicar el concepto del valor más bajo que pueda razonablemente alcanzarse (ALARA).
VI.2 Requisitos para la exposición ocupacional en situaciones de exposición planificada	OA.VI.2.01	determinar las situaciones de exposición planificada en que se aplican los requisitos de las Normas básicas de seguridad para la exposición ocupacional.
	OA.VI.2.02	indicar las responsabilidades específicas del órgano regulador con respecto a la exposición ocupacional.
	OA.VI.2.03	resumir los requisitos de monitorización y registro de la exposición ocupacional.
	OA.VI.2.04	explicar la importancia de la cooperación entre los empleadores, los titulares registrados y los titulares de licencias.
	OA.VI.2.05	describir el concepto de programa de protección radiológica y enumerar los componentes de esos programas.
	OA.VI.2.06	explicar qué se entiende por “clasificación de zonas “y aplicar los criterios de clasificación en situaciones operacionales.
	OA.VI.2.07	describir la necesidad de evaluar la exposición ocupacional y vigilar la salud y los medios para hacerlo, y el objetivo del mantenimiento de registros al respecto.
	OA.VI.2.08	indicar los requisitos específicos que se aplican a las mujeres trabajadoras.
	OA.VI.2.09	elaborar un programa de protección radiológica.
	OA.VI.2.10	realizar una evaluación de la seguridad.
	OA.VI.2.11	describir la función del experto cualificado (en protección radiológica).
	OA.VI.2.12	describir la función del oficial de protección radiológica.
	OA.VI.2.13	elaborar y aplicar un programa de monitorización del lugar de trabajo.

<b>Objetivos de aprendizaje</b>		
<b>Módulo</b>	<b>Núm.</b>	<b>Descripción</b>
		Una vez cursado este módulo, el estudiante será capaz de:
	OA.VI.2.14	especificar las disposiciones de vigilancia de la salud adecuadas para los trabajadores sometidos a exposición ocupacional.
	OA.VI.2.15	describir los requisitos de vigilancia de la salud relacionados con los escenarios de respuesta a emergencias.
	OA.VI.2.16	explicar el concepto de protección física de las fuentes radiactivas.
	OA.VI.2.17	realizar un ensayo de estanqueidad de una fuente radiactiva sellada.
	OA.VI.2.18	especificar las señales de advertencia radiológica adecuadas para una instalación.
	OA.VI.2.19	evaluar la idoneidad de los arreglos de blindaje para una serie de fuentes de radiación y aplicaciones diferentes.
	OA.VI.2.20	ofrecer orientación sobre los enclavamientos de seguridad de una instalación.
	OA.VI.2.21	recomendar disposiciones de control de la contaminación adecuadas para diferentes escenarios.
	OA.VI.2.22	elaborar un programa de protección respiratoria adecuado.
	OA.VI.2.23	clasificar las zonas como controladas o supervisadas.
	OA.VI.2.24	elaborar reglas locales adecuadas para una instalación.
	OA.VI.2.25	especificar los requisitos de delimitación, dosimetría y mantenimiento de registros para las zonas controladas y supervisadas.
	OA.VI.2.26	especificar las responsabilidades del gobierno o del órgano regulador con respecto a la optimización.
	OA.VI.2.27	explicar el concepto de las restricciones de dosis.
	OA.VI.2.28	enumerar los elementos fundamentales de un programa de garantía de calidad.
	OA.VI.2.29	aplicar el enfoque sistemático en la elaboración de cursos de capacitación.
VI.3 Requisitos para la exposición del público en situaciones de exposición planificada	OA.VI.3.01	determinar las situaciones de exposición planificada en que se aplican los requisitos de las Normas básicas de seguridad para la exposición del público.
	OA.VI.3.02	resumir las responsabilidades específicas del gobierno y los órganos reguladores con respecto a la exposición del público en situaciones planificadas.

<b>Objetivos de aprendizaje</b>		
<b>Módulo</b>	<b>Núm.</b>	<b>Descripción</b>
		Una vez cursado este módulo, el estudiante será capaz de:
	OA.VI.3.03	describir las consideraciones generales relativas a la exposición del público que deben tener en cuenta las partes pertinentes.
	OA.VI.3.04	describir las consideraciones específicas en relación con las descargas y los desechos radiactivos.
	OA.VI.3.05	indicar los requisitos específicos de monitorización y presentación de informes en relación con la exposición del público en situaciones de exposición planificada.
	OA.VI.3.06	especificar los objetivos y componentes de un programa de monitorización ambiental.
	OA.VI.3.07	especificar los requisitos de presentación de informes sobre la monitorización ambiental.
	OA.VI.3.08	describir las diferentes técnicas de muestreo para la monitorización ambiental.
	OA.VI.3.09	describir los diferentes objetivos de los programas de monitorización ejecutados antes, durante y después de las operaciones.
VI.4. Requisitos para la exposición médica	OA.VI.4.01	explicar qué se entiende por “exposición médica” e indicar las responsabilidades generales del gobierno y los órganos reguladores en relación con esa exposición.
	OA.VI.4.02	describir las responsabilidades específicas de los titulares registrados y los titulares de licencias en relación con la exposición médica.
	OA.VI.4.03	explicar los criterios para la justificación de la exposición médica.
	OA.VI.4.04	describir los distintos factores que deberían tomarse en consideración para optimizar la protección en la exposición médica.
	OA.VI.4.05	describir los conceptos de a) niveles de referencia para diagnóstico y b) restricciones de dosis, y cómo deberían aplicarse.
	OA.VI.4.06	explicar la importancia de la garantía de calidad en la exposición médica.
	OA.VI.4.07	indicar los requisitos específicos para las mujeres embarazadas y lactantes.
	OA.VI.4.08	describir los requisitos específicos en relación con el alta de pacientes sometidos a una terapia radioisotópica.
	OA.VI.4.09	especificar los requisitos en caso de exposición involuntaria o accidental.

<b>Objetivos de aprendizaje</b>		
<b>Módulo</b>	<b>Núm.</b>	<b>Descripción</b>
		Una vez cursado este módulo, el estudiante será capaz de:
	OA.VI.4.10	explicar la importancia de los exámenes periódicos y el mantenimiento de registros.

#### **4.6.3. Ejercicios prácticos**

(Ningún ejercicio práctico previsto)

#### **4.6.4. Bibliografía de la Parte VI**

COMISIÓN EUROPEA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, *Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: Normas básicas internacionales de seguridad, Colección de Normas de Seguridad del OIEA*, N° GSR Part 3, OIEA, Viena, 2016.

#### 4.7. PARTE VII: SITUACIONES DE EXPOSICIÓN PLANIFICADA EN APLICACIONES NO MÉDICAS

**Objetivo:** Dotar a los estudiantes de un buen conocimiento de las aplicaciones prácticas de los principios y conceptos de la protección radiológica en un amplio abanico de situaciones de exposición planificada (excluida la exposición médica). Los estudiantes aprenderán también a elaborar programas de protección radiológica adecuados para una gran variedad de aplicaciones.

##### 4.7.1. Contenido

Módulo	Contenido	Objetivo de aprendizaje (núm.)
VII.1. Seguridad en la radiografía industrial	<p><b>Radiografía industrial</b></p> <p>Panorama general de la radiografía industrial; tipos de dispositivos causantes de exposición (fuentes de radiografía gamma y sus contenedores; equipo de radiografía de rayos X; equipo rastreador de tuberías; aparatos de radiografía en tiempo real); responsabilidades organizativas respecto de los recintos blindados; procedimientos de radiografía móvil; almacenamiento y transporte de las fuentes; seguridad en el mantenimiento del equipo; programa de protección radiológica: protección de los trabajadores; protección del público; preparación y respuesta para casos de emergencia; enseñanzas extraídas de la exposición accidental en radiografía industrial, gestión de las fuentes en desuso</p>	<p>OA.VII.1.01</p> <p>OA.VII.1.02</p> <p>OA.VII.1.03</p> <p>OA.VII.1.04</p>
VII.2. Seguridad en los irradiadores y aceleradores de uso industrial	<p><b>Irradiadores y aceleradores de uso industrial</b></p> <p>Panorama general de los irradiadores y aceleradores de uso industrial; responsabilidades organizativas; requisitos básicos de seguridad, requisitos reglamentarios específicos; características del diseño de la instalación; seguridad relacionada con el equipo; mantenimiento; programa de protección radiológica; protección de los trabajadores; preparación y respuesta para casos de emergencia; enseñanzas extraídas de la exposición accidental en irradiadores y aceleradores de uso industrial; gestión de las fuentes en desuso</p>	<p>OA.VII.2.01</p> <p>OA.VII.2.02</p> <p>OA.VII.2.03</p> <p>OA.VII.2.04</p>
VII.3. Seguridad en el uso de calibradores nucleares y fuentes de diagrafia de pozos	<p><b>Calibradores nucleónicos y fuentes de diagrafia de pozos</b></p> <p>Panorama general de los dispositivos de medición y de diagrafia de pozos; responsabilidades organizativas; requisitos básicos de seguridad; seguridad relacionada con el equipo; accidentes relacionados con calibradores nucleares y diagrafias de pozos; lecciones aprendidas; programa de protección radiológica; protección de los trabajadores y del público; gestión de las fuentes en desuso</p>	<p>OA.VII.3.01</p> <p>OA.VII.3.02</p>

<b>Módulo</b>	<b>Contenido</b>	<b>Objetivo de aprendizaje (núm.)</b>
VII.4. Seguridad en el uso de trazadores	<b>Radiotrazadores</b> Panorama general de los usos de los trazadores; responsabilidades organizativas; requisitos básicos de seguridad; programa de protección radiológica. Control de los efluentes; protección de los trabajadores y del público	OA.VII.4.01
VII.5. Seguridad en las plantas de producción de radioisótopos	<b>Plantas de producción de radioisótopos</b> Panorama general de las plantas de producción de radioisótopos; responsabilidades organizativas; requisitos básicos de seguridad. Seguridad relacionada con la planta; requisitos reglamentarios específicos; programa de protección radiológica. Instalaciones de ciclotrones; control de los efluentes; protección de los trabajadores y del público; características del diseño de la instalación; planificación y preparación para casos de emergencia; transporte seguro de los radioisótopos	OA.VII.5.01 OA.VII.5.02 OA.VII.5.03 OA.VII.5.04 OA.VII.5.05
VII.6. Seguridad en las instalaciones nucleares	<b>Instalaciones nucleares</b> Tipos de instalación: planta de fabricación de combustible nuclear, reactor nuclear (incluidos los conjuntos críticos y subcríticos, los reactores de investigación y las centrales nucleares), instalación de almacenamiento de combustible gastado, planta de enriquecimiento, instalación de reprocesamiento; requisitos básicos de seguridad; características de seguridad y principios de diseño (redundancia, diversidad, separación física, concepto de las barreras múltiples); programa de protección radiológica; protección de los trabajadores y del público, planificación y preparación para casos de emergencia	OA.VII.6.01 OA.VII.6.02 OA.VII.6.03
VII.7. Seguridad en la extracción y el procesamiento de materias primas	<b>Extracción y procesamiento de materias primas</b> Panorama general de la extracción y el procesamiento de materias primas; requisitos básicos de seguridad; consideraciones reglamentarias; exclusión, exención y dispensa; rehabilitación; programa de protección radiológica; controles tecnológicos, por ejemplo, ventilación; protección de los trabajadores y del público	OA.VII.7.01 OA.VII.7.02 OA.VII.7.03 OA.VII.7.04 OA.VII.7.05
VII.8. Transporte seguro de materiales radiactivos	<b>Transporte seguro</b> Terminología del ámbito reglamentario; conceptos básicos de seguridad: materiales y bultos; límites de actividad y restricciones relativas a los materiales; límites aplicables a los bultos y contenidos típicos; requisitos relativos a los materiales, requisitos relativos a los bultos y su diseño; procedimientos de ensayo de los materiales y bultos;	OA.VII.8.01 OA.VII.8.02 OA.VII.8.03

Módulo	Contenido	Objetivo de aprendizaje (núm.)
VII.9. Seguridad en la gestión de los desechos radiactivos	<p>controles y comunicaciones; etiquetas, índice de transporte; materiales fisibles; responsabilidades del remitente y del transportista; planificación y preparación para casos de emergencia; autoridades competentes nacionales; organizaciones y acuerdos modelo internacionales; responsabilidad y seguros internacionales; servicios de información prestados por el OIEA; capacitación</p> <p><b>Gestión de los desechos radiactivos</b></p> <p>Fuentes de desechos radiactivos, incluidas las aplicaciones médicas, tipos de desechos, clasificación y caracterización de los desechos. Opciones técnicas básicas de gestión: dilución y dispersión, concentración y contención, almacenamiento para el decaimiento radiactivo y la desclasificación; minimización de los desechos. Gestión de los desechos antes de la disposición final: acopio, segregación, tratamiento, acondicionamiento, almacenamiento en condiciones de seguridad</p> <p>Control de efluentes: enfoque del control reglamentario, fijación de los niveles de descarga autorizados. Establecimiento de programas de protección radiológica en los diversos tipos de instalaciones de gestión de desechos. Gestión de fuentes selladas en desuso: opciones técnicas y aspectos de seguridad. Gestión de los desechos resultantes de las clausuras. Disposición final de desechos sólidos: opciones de disposición final para diferentes tipos de desechos, principios de seguridad y tecnologías para garantizar la seguridad a largo plazo, métodos de evaluación de la seguridad. Gestión de los desechos resultantes del uranio y el torio, extracción y tratamiento</p> <p>Gestión de los desechos de materiales radiactivos naturales (NORM) y de materiales radiactivos naturales reforzados técnicamente (TENORM); limpieza de zonas contaminadas</p>	<p>OA.VII.9.01</p> <p>OA.VII.9.02</p> <p>OA.VII.9.03</p> <p>OA.VII.9.04</p> <p>OA.VII.9.05</p>
VII.10. Productos de consumo	<p><b>Productos de consumo</b></p> <p>Definición y consideración de prácticas particulares. Sistema de protección y seguridad de los productos de consumo. Notificación y autorización.</p> <p>Optimización, criterios para la exención del control reglamentario. Importación, transporte y disposición final de los productos de consumo. Armonización internacional de la venta de productos de consumo al público</p>	<p>OA.VII.10.01</p> <p>OA.VII.10.02</p> <p>OA.VII.10.03</p>

#### 4.7.2. Objetivos de aprendizaje

Módulo	Objetivos de aprendizaje	
	Núm.	Descripción
		Una vez cursado este módulo, el estudiante será capaz de:
VII.1. Seguridad en la radiografía industrial	OA.VII.1.01	elaborar un programa de protección radiológica para la radiografía industrial en escenarios de radiografía móvil y en recintos blindados.
	OA.VII.1.02	especificar los sistemas de seguridad y alerta necesarios para la radiografía móvil y la radiografía en recintos blindados.
	OA.VII.1.03	dar instrucciones a las personas sobre las medidas que deberán adoptar en caso de emergencia relacionada con una fuente de radiografía gamma o un aparato de rayos X.
	OA.VII.1.04	especificar los requisitos de etiquetado, rotulado y documentación de los vehículos que transporten contenedores con equipo de radiografía gamma.
VII.2. Seguridad en los irradiadores y aceleradores de uso industrial	OA.VII.2.01	describir el sistema de categorización de los irradiadores industriales.
	OA.VII.2.02	resumir los requisitos de diseño de los irradiadores y aceleradores de uso industrial.
	OA.VII.2.03	evaluar la idoneidad de los sistemas de enclavamiento y alerta instalados en los irradiadores y aceleradores de uso industrial.
	OA.VII.2.04	determinar los accidentes o incidentes que quepa razonablemente prever en relación con irradiadores y aceleradores de uso industrial, y especificar los planes de emergencia para hacerles frente.
VII.3. Seguridad en el uso de calibradores nucleares y fuentes de radiografía de pozos	OA.VII.3.01	describir los diferentes tipos de calibradores nucleares utilizados en la industria y sus métodos de funcionamiento.
	OA.VII.3.02	resumir los sistemas de seguridad y de alerta necesarios para las diferentes categorías de medidores.
VII.4. Seguridad en el uso de trazadores	OA.VII.4.01	elaborar un programa de protección radiológica para el uso seguro de trazadores en una variedad de escenarios.
VII.5. Seguridad en las plantas de producción de radioisótopos	OA.VII.5.01	resumir los diferentes procesos que se utilizan para producir radioisótopos.

Módulo	Objetivos de aprendizaje	
	Núm.	Descripción
		Una vez cursado este módulo, el estudiante será capaz de:
	OA.VII.5.02	describir los peligros radiológicos relacionados con la producción de radioisótopos.
	OA.VII.5.03	describir los métodos de control de los peligros radiológicos en las plantas de producción de radioisótopos.
	OA.VII.5.04	describir los requisitos de un programa de protección radiológica para las instalaciones de producción de radioisótopos.
	OA.VII.5.05	describir el contenido de los planes de emergencia para las plantas de producción de radioisótopos.
VII.6. Seguridad en las instalaciones nucleares	OA.VII.6.01	describir los diferentes tipos de plantas e instalaciones nucleares.
	OA.VII.6.02	resumir los principales arreglos organizativos para la protección radiológica.
	OA.VII.6.03	explicar los principales procedimientos de seguridad aplicados al planificar las actividades de protección radiológica en una instalación nuclear.
VII.7. Seguridad en la extracción y el procesamiento de materias primas	OA.VII.7.01	indicar cuáles materias primas están sujetas a control reglamentario y cuáles no.
	OA.VII.7.02	explicar la importancia del enfoque graduado para las operaciones de control del procesamiento de las materias primas.
	OA.VII.7.03	diseñar un programa de monitorización inicial del lugar de trabajo para evaluar la magnitud del peligro radiológico generado por el procesamiento de las materias primas.
	OA.VII.7.04	especificar las disposiciones de monitorización individual, cuando sea necesario, para las personas que trabajen con las materias primas.
	OA.VII.7.05	explicar las disposiciones de protección tecnológicas y administrativas que pueden emplearse para restringir la exposición a la radiación producida por las materias primas.
VII.8. Transporte seguro de materiales radiactivos	OA.VII.8.01	especificar los requisitos de empaquetado y de etiquetado para el transporte de una serie de materiales radiactivos.
	OA.VII.8.02	describir las pruebas de comportamiento que deben superar diferentes tipos de bultos.
	OA.VII.8.03	enumerar las responsabilidades del remitente y del destinatario.

<b>Objetivos de aprendizaje</b>		
<b>Módulo</b>	<b>Núm.</b>	<b>Descripción</b>
		Una vez cursado este módulo, el estudiante será capaz de:
VII.9. Seguridad en la gestión de los desechos radiactivos	OA.VII.9.01	especificar las responsabilidades del titular de la licencia o el titular registrado con respecto a la gestión y la disposición final de los desechos.
	OA.VII.9.02	enumerar las clasificaciones de los desechos.
	OA.VII.9.03	describir cómo reducir al mínimo los desechos.
	OA.VII.9.04	describir los métodos de disposición final de los desechos radiactivos.
	OA.VII.9.05	elaborar un programa de gestión de desechos.
VII.10. Productos de consumo	OA.VII.10.01	definir qué es un producto de consumo.
	OA.VII.10.02	enumerar los productos de consumo de uso común e indicar los radionucleidos presentes en cada uno.
	OA.VII.10.03	explicar el proceso de justificación y optimización de un tipo de producto de consumo.

#### 4.7.3. Ejercicios prácticos

<b>Núm.</b>	<b>Ejercicio práctico</b>	<b>Tipo</b>
VII-1	Visita a una instalación de radiografía industrial	Visita técnica
VII-2	Visita a un irradiador o acelerador de uso industrial o de investigación	Visita técnica
VII-3	Visita a una instalación de producción de radioisótopos	Visita técnica
VII-4	Preparación de un organigrama y de los puntos principales de un programa de protección radiológica en una instalación industrial (irradiación o radiografía industrial)	Estudio de caso
VII-5	Aplicación del principio del 'valor más bajo que pueda razonablemente alcanzarse' (ALARA) a la exposición ocupacional	Estudio de caso
VII-6	Ensayos de estanqueidad de fuentes selladas	Ejercicio de laboratorio
VII-7	Uso de equipo de protección personal en instalaciones nucleares	Demostración
VII-8	Elección de un dosímetro personal y de instrumentos de monitorización	Demostración

VII-9	Preparación de un laboratorio para trabajar temporalmente con fuentes no selladas	Demostración
VII-10	Monitorización de un lugar de trabajo para detectar la radiación externa; selección de la instrumentación; interpretación de los resultados	Demostración
VII-11	Monitorización de un lugar de trabajo para detectar la contaminación de superficies y del aire; uso de mediciones brutas de radiación alfa y beta, de la espectrometría gamma y de técnicas de muestreo del aire	Demostración
VII-12	Descontaminación de superficies	Ejercicio de laboratorio
VII-13	Determinación de la dosis individual causada por la contaminación del aire	Estudio de caso
VII-14	Gestión de los registros de dosis personales, monitorización especial de las medidas de reducción de dosis, medidas de seguimiento	Estudio de caso
VII-15	Comparación de las dosis predichas para el personal sobre la base de la monitorización del lugar de trabajo con los resultados de la monitorización individual en campos de radiación mixta	Estudio de caso

#### 4.7.4. Bibliografía de la Parte VII

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiological Safety Aspects of the Operation of Electron Linear Accelerators, Technical Reports Series No. 188, IAEA, Vienna (1979).

- *El accidente radiológico de San Salvador*, OIEA, Viena, 1991.

- The Radiological Accident in Soreq, IAEA, Vienna (1993).

- Lessons Learned from Accidents in Industrial Radiography, Safety Reports Series No. 7, IAEA, Vienna (1998).

- *Protección radiológica y gestión de desechos radiactivos en la explotación de centrales nucleares*, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° NS-G-2.7, OIEA, Viena, 2010.

- Radiation Protection and the Management of Radioactive Waste in the Oil and Gas Industry, Safety Reports Series No. 34, IAEA, Vienna (2003).

- Industry – A Guidebook, Technical Reports Series No.423, IAEA, Vienna (2004).

- Radiotracer Applications in Industry – A Guidebook, Technical Reports Series No.423, IAEA, Vienna (2004).

- *Gestión de desechos procedentes de la utilización de materiales radiactivos en medicina, industria, agricultura, investigación y educación*, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° WS- G-2.7, OIEA, Viena, 2009.

- Radiation Protection Aspects of Design for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. NS-G-1.13, IAEA, Vienna (2005).
  - *Seguridad de los reactores de investigación, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° NS-R-4, OIEA, Viena, 2010.
  - *Seguridad de los generadores de radiación y de las fuentes radiactivas selladas, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° RS-G-1.10, OIEA, Viena, 2009.
  - *Programas de protección radiológica para el transporte de materiales radiactivos, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° TS-G-1.3, Viena, 2011.
  - Radiation Protection and Radioactive Waste Management in the Design and Operation of Research Reactors, IAEA Safety Standards Series No. NS-G-4.6, IAEA, Vienna (2008).
  - *Seguridad de las instalaciones del ciclo del combustible nuclear, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° NS-R-5, OIEA, Viena, 2018.
  - *Clasificación de desechos radiactivos, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° GSG-1, OIEA, Viena, 2015.
  - *Gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° GSR Part 5, OIEA, Viena, 2010.
  - *Seguridad radiológica de las instalaciones de irradiación de rayos gamma, electrones y rayos X, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° SSG-8, OIEA, Viena, 2015.
  - *Seguridad radiológica en la radiografía industrial, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° SSG-11, OIEA, Viena, 2013.
  - Radiation Safety for Consumer Products, IAEA Safety Standards Series No. SSG-36, IAEA, Vienna (2016).
  - *Seguridad de las instalaciones del ciclo del combustible nuclear, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° SSR-4, OIEA, Viena, 2018.
  - *Reglamento para el Transporte Seguro de Materiales Radiactivos, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° SSR-6 (Rev. 1), OIEA, Viena, 2019.
  - Regulatory control of radioactive discharges to the environment, IAEA Safety Standards Series No. GSG-9, IAEA, Vienna (2018).
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR OFFICE, Occupational Radiation Protection, IAEA Safety Standards Series No. GSG-7, IAEA, Vienna (2018).

#### 4.8. PARTE VIII: SITUACIONES DE EXPOSICIÓN PLANIFICADA EN APLICACIONES MÉDICAS

**Objetivo:** Dotar a los estudiantes de un conocimiento general sobre la aplicación de los principios de la protección radiológica en las aplicaciones médicas.

##### 4.8.1. Contenido

Módulo	Contenido	Objetivo de aprendizaje (núm.)
VIII.1. Consideraciones generales	<p><b>Principios generales</b></p> <p>Exposición médica con fines de diagnóstico y tratamiento; inscripción en el registro de los profesionales; titulares de licencias; función y responsabilidades del radiólogo, el físico médico y el tecnólogo médico en radiología</p> <p><b>Capacitación</b></p> <p>Trabajadores que deben ser capacitados; contenido de los programas de capacitación; actualización de los programas; cursos de actualización</p> <p><b>Exposiciones médicas involuntarias y accidentales</b></p> <p>Detección e investigación de las exposiciones médicas involuntarias y accidentales; notificación al órgano regulador, cuando proceda; lecciones aprendidas y retroinformación a los operadores</p> <p><b>Registros</b></p> <p>Determinación de la información que deberá registrarse en relación con el tipo de exposición médica</p>	<p>OA.VIII.1.01</p> <p>OA.VIII.1.02</p> <p>OA.VIII.1.03</p> <p>OA.VIII.1.04</p> <p>OA.VIII.1.05</p> <p>OA.VIII.1.06</p> <p>OA.VIII.1.07</p>
VIII.2. Radiología diagnóstica y procedimientos intervencionistas guiados por imágenes	<p><b>Introducción</b></p> <p>Principios de protección radiológica aplicables a la radiología diagnóstica y a los procedimientos intervencionistas guiados por imágenes</p> <p><b>Justificación</b></p> <p>Niveles de justificación; casos especiales: embarazo, pacientes pediátricos; técnicas alternativas; evaluación del detrimento; directrices para la remisión</p> <p><b>Optimización</b></p> <p><b>Consideraciones de diseño del equipo</b></p> <p>Requisitos o normas internacionales (IEC, ISO) para los generadores de radiación; características técnicas básicas; examen y mantenimiento periódicos</p>	<p>OA.VIII.2.01</p> <p>OA.VIII.2.02</p> <p>OA.VIII.2.03</p> <p>OA.VIII.2.04</p> <p>OA.VIII.2.05</p> <p>OA.VIII.2.06</p> <p>OA.VIII.2.07</p> <p>OA.VIII.2.08</p> <p>OA.VIII.2.09</p> <p>OA.VIII.2.10</p> <p>OA.VIII.2.11</p> <p>OA.VIII.2.12</p>

Módulo	Contenido	Objetivo de aprendizaje (núm.)
	<p><b>Consideraciones operacionales</b></p> <p>Elección del equipo apropiado; factores que afectan a la dosis recibida por el paciente, y elección de la técnica y los parámetros que permitirán lograr la mínima exposición del paciente necesaria para alcanzar el objetivo clínico; exposición de mujeres embarazadas; utilización del blindaje de órganos</p> <p><b>Calibración</b></p> <p>Calibración de los generadores de radiación, con inclusión de las magnitudes, los protocolos y la trazabilidad; calibración de los dosímetros</p> <p><b>Dosimetría de los pacientes</b></p> <p>Evaluación de las dosis típicas de los procedimientos radiológicos comunes y los procedimientos intervencionistas guiados por imágenes</p> <p><b>Niveles de referencia para diagnóstico y restricciones de dosis</b></p> <p>Niveles de referencia para el diagnóstico del paciente sobre la base de los estudios pertinentes; restricciones de dosis para las personas que lo cuidan y confortan</p> <p><b>Programa de garantía de calidad para la exposición médica</b></p> <p>Elementos organizativos; pruebas de aceptación y pruebas rutinarias del equipo; auditoría y examen periódicos</p> <p><b>Exposiciones médicas involuntarias y accidentales</b></p> <p>Ejemplos</p> <p><b>Control de la exposición ocupacional y del público. Evaluación de la seguridad, particularidades</b></p> <p>Control de la exposición ocupacional: particularidades relacionadas con el diseño, fuente de la exposición ocupacional, definición de zonas, ejemplos de reglas locales, personal que se considerará sometido a exposición ocupacional y métodos de evaluación de dosis correspondientes, equipo de protección personal, definición de los niveles de investigación, restricción de dosis. Control de la exposición del público: fuentes de exposición del público, medidas para garantizar el control de la exposición del público (diseño, control de visitantes, señalización). Evaluación de la seguridad: determinación de los aspectos que deberán tomarse en consideración al realizar la evaluación de la seguridad, riesgos y accidentes posibles</p>	<p>OA.VIII.2.13</p> <p>OA.VIII.2.14</p> <p>OA.VIII.2.15</p> <p>OA.VIII.2.16</p> <p>OA.VIII.2.17</p> <p>OA.VIII.2.18</p> <p>OA.VIII.2.19</p> <p>OA.VIII.2.20</p> <p>OA.VIII.2.21</p> <p>OA.VIII.2.22</p> <p>OA.VIII.2.23</p> <p>OA.VIII.2.24</p> <p>OA.VIII.2.25</p> <p>OA.VIII.2.26</p> <p>OA.VIII.2.27</p> <p>OA.VIII.2.28</p>

Módulo	Contenido	Objetivo de aprendizaje (núm.)
VIII.3. Medicina nuclear: diagnóstico y tratamiento	<p><b>Introducción</b></p> <p>Principios de protección radiológica aplicables a los procedimientos de medicina nuclear</p> <p><b>Justificación</b></p> <p>Niveles de justificación; casos especiales: embarazo, pacientes pediátricos, mujeres lactantes; técnicas alternativas; evaluación del detrimento</p> <p>Directrices para la remisión</p> <p><b>Optimización</b></p> <p><i>Consideraciones de diseño del equipo</i></p> <p>Requisitos o normas internacionales (IEC, ISO) para los aparatos de imagenología; características técnicas básicas de los monitores y los detectores de radiación; examen y mantenimiento periódicos</p> <p><i>Consideraciones operacionales</i></p> <p>Elección del equipo y los radiofármacos adecuados; factores que afectan a la dosis recibida por el paciente; reducción al mínimo de la exposición del paciente (teniendo en cuenta los enfoques diferentes de los procedimientos de diagnóstico y de tratamiento); exposición de mujeres embarazadas; exposición de mujeres lactantes</p> <p><i>Calibración</i></p> <p>Calibración de las fuentes, con inclusión de las magnitudes, los protocolos y la trazabilidad; calibración de los dosímetros</p> <p><i>Dosimetría de los pacientes</i></p> <p>Determinación de la dosis en medicina nuclear (diagnóstico y tratamiento): introducción al método de la dosis médica de radiación interna para el cálculo de dosis</p> <p><i>Niveles de referencia para diagnóstico y restricciones de dosis</i></p> <p>Niveles de referencia para el diagnóstico del paciente sobre la base de los estudios pertinentes; restricciones de dosis para las personas que lo cuidan y confortan</p> <p><i>Programa de garantía de calidad para la exposición médica</i></p> <p>Elementos organizativos; pruebas de aceptación y pruebas rutinarias del equipo; auditoría y examen periódicos</p>	<p>OA.VIII.3.01</p> <p>OA.VIII.3.02</p> <p>OA.VIII.3.03</p> <p>OA.VIII.3.04</p> <p>OA.VIII.3.05</p> <p>OA.VIII.3.06</p> <p>OA.VIII.3.07</p> <p>OA.VIII.3.08</p> <p>OA.VIII.3.09</p> <p>OA.VIII.3.10</p> <p>OA.VIII.3.11</p> <p>OA.VIII.3.12</p> <p>OA.VIII.3.13</p>

Módulo	Contenido	Objetivo de aprendizaje (núm.)
	<p><i>Alta de los pacientes después del tratamiento</i></p> <p>Actividad en los pacientes que reciben el alta tras un tratamiento de medicina nuclear</p> <p><b>Exposiciones médicas involuntarias y accidentales</b></p> <p>Ejemplos</p> <p><b>Control de la exposición ocupacional y del público. Evaluación de la seguridad, particularidades</b></p> <p>Control de la exposición ocupacional: particularidades relacionadas con el diseño, fuente de la exposición ocupacional, definición de zonas, ejemplos de reglas locales, personal que se considerará sometido a exposición ocupacional y métodos de evaluación de dosis correspondientes, equipo de protección personal, definición de los niveles de investigación, restricción de dosis. Control de la exposición del público: fuentes de exposición del público, medidas para garantizar el control de la exposición del público (diseño, control de visitantes, señalización). Evaluación de la seguridad: determinación de los aspectos que deberán tomarse en consideración al realizar la evaluación de la seguridad, riesgos y accidentes posibles</p>	
VIII.4. Radioterapia	<p><b>Introducción</b></p> <p>Principios de protección radiológica aplicables a los procedimientos de radioterapia (teleterapia y braquiterapia)</p> <p><b>Justificación</b></p> <p>Niveles de justificación; casos especiales: embarazo, pacientes pediátricos; técnicas alternativas; evaluación del detrimento</p> <p><b>Optimización</b></p> <p><i>Consideraciones de diseño del equipo</i></p> <p>Requisitos o normas internacionales (IEC, ISO) para los generadores de radiación y las fuentes radiactivas; examen y mantenimiento periódicos</p> <p><i>Consideraciones operacionales</i></p> <p>Administración de la dosis prescrita al volumen previsto en la planificación, velando por que en los volúmenes restantes la dosis sea la más baja que pueda razonablemente alcanzarse</p>	<p>OA.VIII.4.01</p> <p>OA.VIII.4.02</p> <p>OA.VIII.4.03</p> <p>OA.VIII.4.04</p> <p>OA.VIII.4.05</p> <p>OA.VIII.4.06</p> <p>OA.VIII.4.07</p> <p>OA.VIII.4.08</p> <p>OA.VIII.4.09</p> <p>OA.VIII.4.10</p> <p>OA.VIII.4.11</p> <p>OA.VIII.4.12</p> <p>OA.VIII.4.13</p>

Módulo	Contenido	Objetivo de aprendizaje (núm.)
	<p>Introducción al concepto de distribución de dosis y su uso para la planificación del tratamiento; utilización del blindaje de órganos; exposición de mujeres con capacidad reproductiva</p> <p><b>Calibración</b></p> <p>Calibración de las fuentes, con inclusión de las magnitudes, los protocolos y la trazabilidad; calibración de los dosímetros</p> <p><b>Dosimetría de los pacientes</b></p> <p>Introducción a la dosimetría de los pacientes en teleterapia y braquiterapia</p> <p><b>Programa de garantía de calidad para la exposición médica</b></p> <p>Elementos organizativos; pruebas de aceptación y pruebas rutinarias del equipo; auditoría y examen periódicos</p> <p><b>Exposiciones involuntarias y accidentales</b></p> <p>Ejemplos</p> <p><b>Control de la exposición ocupacional y del público. Evaluación de la seguridad, particularidades</b></p> <p>Control de la exposición ocupacional: particularidades relacionadas con el diseño, fuente de la exposición ocupacional, definición de zonas, ejemplos de reglas locales, personal que se considerará sometido a exposición ocupacional y métodos de evaluación de dosis correspondientes, equipo de protección personal, definición de los niveles de investigación, restricción de dosis. Control de la exposición del público: fuentes de exposición del público, medidas para garantizar el control de la exposición del público (diseño, control de visitantes, señalización), pacientes que reciben implantes permanentes, fuentes en desuso. Evaluación de la seguridad: determinación de los aspectos que deberán tomarse en consideración al realizar la evaluación de la seguridad, riesgos y accidentes posibles</p>	

#### 4.8.2. Objetivos de aprendizaje

Módulo	Objetivos de aprendizaje	
	Núm.	Descripción
VIII.1. Consideraciones generales	OA.VIII.1.01	Una vez cursado este módulo, el estudiante será capaz de: describir las diferentes prácticas que entrañan una exposición médica a radiación ionizante.
	OA.VIII.1.02	describir el objetivo o los objetivos de la optimización de la exposición médica.
	OA.VIII.1.03	explicar cómo se derivan y aplican los niveles de referencia para diagnóstico.
	OA.VIII.1.04	enumerar las categorías de personal médico de radiología, describir sus papeles y funciones y explicar los títulos y competencias requeridos en cada caso.
	OA.VIII.1.05	describir qué se entiende por exposición médica “involuntaria” y “accidental”.
	OA.VIII.1.06	planificar una investigación de una exposición médica involuntaria o accidental.
	OA.VIII.1.07	explicar los usos de los sistemas de Seguridad en los Procedimientos Radiológicos (SAFRAD) y Seguridad en Radioncología (SAFRON).
VIII.2. Radiología diagnóstica y procedimientos intervencionistas guiados por imágenes	OA.VIII.2.01	describir los principios y las tecnologías de la radiología diagnóstica.
	OA.VIII.2.02	aplicar los tres niveles de justificación a un estudio de radiología diagnóstica.
	OA.VIII.2.03	describir qué define la “idoneidad” del equipo médico de radiografía diagnóstica.
	OA.VIII.2.04	describir los aspectos que deberían considerarse parte de las características de diseño generales.
	OA.VIII.2.05	enumerar las características de diseño específicas para las tecnologías de radiografía diagnóstica.
	OA.VIII.2.06	explicar la necesidad e importancia del mantenimiento del equipo de radiografía diagnóstica.
	OA.VIII.2.07	describir cómo influyen las consideraciones operacionales en la optimización de la dosis administrada al paciente en radiografía diagnóstica.
	OA.VIII.2.08	examinar las consideraciones operacionales específicas que se aplican a la optimización de la dosis administrada al paciente en diferentes técnicas de radiología diagnóstica.

<b>Objetivos de aprendizaje</b>		
<b>Módulo</b>	<b>Núm.</b>	<b>Descripción</b>
		Una vez cursado este módulo, el estudiante será capaz de:
	OA.VIII.2.09	describir la importancia de la dosimetría del paciente en el proceso de optimización de su protección.
	OA.VIII.2.10	aplicar el concepto de “dosis típica” al proceso de optimización.
	OA.VIII.2.11	explicar las metodologías directas e indirectas para estimar la dosis administrada al paciente en radiología diagnóstica y en los procedimientos intervencionistas guiados por imágenes.
	OA.VIII.2.12	describir resumidamente las magnitudes operacionales que pueden utilizarse para determinar la dosis administrada al paciente en los procedimientos de radiología diagnóstica.
	OA.VIII.2.13	aplicar el concepto de los niveles de referencia para diagnóstico a la optimización de las dosis administradas a los pacientes en radiología diagnóstica.
	OA.VIII.2.14	explicar las magnitudes utilizadas en los niveles de referencia para diagnóstico de la radiología diagnóstica.
	OA.VIII.2.15	explicar cómo se derivan los niveles de referencia para diagnóstico, y cómo se utilizan en la práctica.
	OA.VIII.2.16	explicar la diferencia entre los niveles de referencia para diagnóstico y las restricciones de dosis.
	OA.VIII.2.17	describir los objetivos del programa de garantía de calidad en la radiología diagnóstica y sus componentes esenciales.
	OA.VIII.2.18	explicar la diferencia entre la garantía de calidad y el control de calidad en el contexto de la radiología diagnóstica.
	OA.VIII.2.19	enumerar los sistemas que se someterán a ensayo como parte del programa de garantía de calidad y explicar por qué es importante hacerlo.
	OA.VIII.2.20	enumerar las normas publicadas pertinentes con respecto a las tolerancias aceptadas en las pruebas de garantía de calidad.
	OA.VIII.2.21	examinar las posibilidades de daños graves a raíz del uso de la radiología diagnóstica y las consecuencias del incumplimiento de las buenas prácticas.
	OA.VIII.2.22	explicar por qué las pacientes embarazadas merecen particular atención con respecto a la protección radiológica.

<b>Objetivos de aprendizaje</b>		
<b>Módulo</b>	<b>Núm.</b>	<b>Descripción</b>
		Una vez cursado este módulo, el estudiante será capaz de:
	OA.VIII.2.23	describir las variaciones del riesgo radiológico para el embrión o el feto durante el embarazo.
	OA.VIII.2.24	aplicar los protocolos adecuados para determinar la posibilidad de un embarazo.
	OA.VIII.2.25	explicar la importancia del embarazo en el proceso de justificación.
	OA.VIII.2.26	describir qué constituye una estructura de seguridad radiológica adecuada en un entorno de radiología diagnóstica.
	OA.VIII.2.27	aplicar los requisitos básicos para el control de la exposición ocupacional y del público en el entorno de radiología diagnóstica.
	OA.VIII.2.28	describir los principales aspectos que deben tenerse en cuenta al realizar una evaluación de la seguridad de una instalación de radiología médica.
VIII.3. Medicina nuclear: diagnóstico y tratamiento	OA.VIII.3.01	explicar qué se entiende por “medicina nuclear” y cómo puede aplicarse este término al diagnóstico y el tratamiento.
	OA.VIII.3.02	describir las consideraciones generales que se aplican a la justificación de los procedimientos de imagenología nuclear y de terapia nuclear.
	OA.VIII.3.03	resumir las cuestiones particulares que deben tenerse en cuenta en la justificación de los procedimientos de medicina nuclear en pacientes embarazadas o lactantes.
	OA.VIII.3.04	describir las cuestiones particulares que deben tenerse en cuenta en la justificación de los procedimientos de medicina nuclear en pacientes pediátricos.
	OA.VIII.3.05	explicar las cuestiones particulares que deben tenerse en cuenta en la justificación de los procedimientos de medicina nuclear en voluntarios de investigaciones biomédicas.
	OA.VIII.3.06	describir el equipo empleado en medicina nuclear y los estudios o tratamientos para los que se utiliza.
	OA.VIII.3.07	explicar la importancia de las pruebas del funcionamiento y las calibraciones rutinarias en un entorno de medicina nuclear.

<b>Objetivos de aprendizaje</b>		
<b>Módulo</b>	<b>Núm.</b>	<b>Descripción</b>
		Una vez cursado este módulo, el estudiante será capaz de:
	OA.VIII.3.08	describir las consideraciones operacionales generales que se aplican a la optimización de la dosis administrada al paciente en medicina nuclear (imagenología y tratamiento).
	OA.VIII.3.09	explicar la importancia de la calibración de las fuentes utilizadas en medicina nuclear y cómo encontrar una orientación detallada sobre los protocolos aceptados.
	OA.VIII.3.10	explicar la importancia de la calibración de los calibradores de dosis.
	OA.VIII.3.11	describir el método de la dosis médica de radiación interna para el cálculo de dosis.
	OA.VIII.3.12	explicar los factores que deben tenerse en cuenta al dar el alta a pacientes que se han sometido a estudios o tratamientos de medicina nuclear.
	OA.VIII.3.13	aplicar los requisitos básicos para el control de la exposición ocupacional y del público al entorno de medicina nuclear.
VIII.4. Radioterapia	OA.VIII.4.01	describir los principios básicos y las finalidades de la radioterapia.
	OA.VIII.4.02	describir los principales métodos de radioterapia y el equipo utilizado.
	OA.VIII.4.03	describir las consideraciones generales que se aplican a la justificación de la radioterapia.
	OA.VIII.4.04	describir las consideraciones operacionales generales que se aplican a la optimización de la dosis administrada al paciente en radioterapia.
	OA.VIII.4.05	explicar el concepto de planificación del tratamiento.
	OA.VIII.4.06	describir los protocolos de calibración y explicar las magnitudes relativas.
	OA.VIII.4.07	explicar la necesidad de garantía de calidad y de control de calidad en la radioterapia.
	OA.VIII.4.08	describir los procedimientos básicos de control de calidad para el equipo de radioterapia externa, el simulador, el sistema de planificación del tratamiento y la administración de dosis.
	OA.VIII.4.09	describir los procedimientos básicos de control de calidad para las unidades de poscarga remota de baja tasa de dosis y alta tasa de dosis.

<b>Objetivos de aprendizaje</b>		
<b>Módulo</b>		
<b>Núm.</b>	<b>Descripción</b>	
	Una vez cursado este módulo, el estudiante será capaz de:	
OA.VIII.4.10	describir los principales conceptos y magnitudes relacionados con la dosimetría de los pacientes en radioterapia.	
OA.VIII.4.11	describir las vías que podrían llevar a exposiciones involuntarias o accidentales en radioterapia.	
OA.VIII.4.12	aplicar los requisitos básicos para el control de la exposición ocupacional y del público al entorno de radioterapia.	
OA.VIII.4.13	describir los principales aspectos del diseño, con especial referencia al blindaje, de las instalaciones de radioterapia.	

#### **4.8.3. Ejercicios prácticos**

<b>Núm.</b>	<b>Ejercicio práctico</b>	<b>Tipo</b>
VIII-1	Determinación de las dosis que se administrarán a los pacientes	Demostración
VIII-2	Optimización de la protección del paciente en radiología diagnóstica y en las intervenciones guiadas por imágenes	Demostración
VIII-3	Optimización de la protección del paciente en medicina nuclear y radioterapia	Demostración
VIII-4	Procedimientos de control de calidad en las aplicaciones médicas	Estudio de caso
VIII-5	Visita a un hospital: servicios de radiología, radioterapia, medicina nuclear; demostración de procedimientos y especificación de la información que deberá registrarse	Visita técnica
VIII-6	Análisis de accidentes en la exposición médica	Estudio de caso
VIII-7	Preparación de un organigrama y de los puntos principales de un programa de protección radiológica en un hospital (radioterapia, radiología diagnóstica o medicina nuclear)	Estudio de caso
VIII-8	Cálculos del blindaje para una instalación de rayos X	Ejercicio

#### 4.8.4. Bibliografía de la Parte VIII

EUROPEAN COMMISSION, Criteria for Acceptability of Medical Radiological Equipment used in Diagnostic Radiology, Nuclear Medicine and Radiotherapy, Radiation Protection No. 162, EC, Luxembourg (2012).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Accidental Overexposure of Radiotherapy Patients in San José, Costa Rica, IAEA, Vienna (1998).

- Lessons Learned from Accidental Exposures in Radiotherapy, Safety Reports Series No. 17, IAEA, Vienna (2000).

- Investigation of an Accidental Exposure of Radiotherapy Patients in Panama, IAEA, Vienna (2001).

- Radiological Protection of Patients in Diagnostic and Interventional Radiology, Nuclear Medicine and Radiotherapy, Proceedings Series, IAEA, Vienna (2001).

- *Optimización de la protección radiológica en el control de la exposición ocupacional, Colección de Informes de Seguridad N° 21*, OIEA, Viena, 2004.

- Accidental Overexposure of Radiotherapy Patients in Bialystok, IAEA, Vienna (2004).

- Applying Radiation Safety Standards in Nuclear Medicine, Safety Reports Series No 40, IAEA, Vienna, (2005).

- Applying Radiation Safety Standards in Diagnostic Radiology and Interventional Procedures Using X Rays, Safety Reports Series No 39, IAEA, Vienna, (2006).

- Applying Radiation Safety Standards in Radiotherapy, Safety Reports Series No 38, IAEA, Vienna, (2006).

- Nuclear Medicine Resources Manual, IAEA, Vienna, (2006).

- Radiation Protection in the Design of Radiotherapy Facilities, Safety Reports Series No 47, IAEA, Vienna, (2006).

- Dosimetry in Diagnostic Radiology: An International Code of Practice, Technical Reports Series No. 457, IAEA, Vienna (2007).

- Release of Patients After Radionuclide Therapy Safety Reports Series No. 63, IAEA, Vienna, (2009).

- Radiation Protection in Paediatric Radiology, Safety Reports Series No. 71, IAEA, Vienna, (2012).

- Diagnostic Radiology Physics - A Handbook for Teachers and Students, IAEA, Vienna (2014).

- Nuclear Medicine Physics - A Handbook for Teachers and Students, IAEA, Vienna (2015).

- Sitio web dedicado a la protección radiológica de los pacientes, OIEA, Viena. Disponible en: <https://rpop.iaea.org>.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR OFFICE, Occupational Radiation Protection, IAEA Safety Standards Series No. GSG-7, IAEA, Vienna (2018).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION, WORLD HEALTH ORGANIZATION, Radiation Protection and Safety in Medical Uses of Ionizing Radiation, IAEA Safety Standards Series No. SSG-46, IAEA, Vienna (2018).

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Avoidance of Radiation Injuries from Medical Interventional Procedure, Publication No. 85, Ann ICRP 30(2), Elsevier Science Ltd, Oxford (2000).

- Prevention of Accidents to Patients Undergoing Radiation Therapy, Publication No. 86, Ann ICRP 30(3), Elsevier Science Ltd, Oxford (2000).

- Prevention of High-dose- rate Brachytherapy Accidents, Publication No. 97, Ann ICRP 35(2), Elsevier Science Ltd, Oxford (2005).

- Radiological Protection in Medicine, ICRP Publication 105. Ann. ICRP 37 (6), Elsevier Science Ltd, Oxford (2007).

- Preventing Accidental Exposures from New External Beam Radiation Therapy Technologies, Publication No. 112, Ann ICRP 39(4), Elsevier Science Ltd, Oxford (2009).

- Radiological Protection in Cardiology, Publication No. 120, Ann ICRP 42(1), Elsevier Science Ltd, Oxford (2013).

- Radiological Protection in Paediatric Diagnostic and Interventional Radiology, Publication No. 121, Ann ICRP 42(2), Elsevier Science Ltd, Oxford (2013).

#### 4.9. PARTE IX: SITUACIONES DE EXPOSICIÓN DE EMERGENCIA, Y PREPARACIÓN Y RESPUESTA PARA CASOS DE EMERGENCIA

**Objetivo:** Enseñar a los estudiantes los requisitos básicos de protección en situaciones de exposición de emergencia. Dotarlos de un conocimiento adecuado del sistema de preparación y respuesta para casos de emergencia, sus requisitos básicos, principios y objetivos, la base para su planificación, las medidas protectoras y otras medidas de respuesta, y la comunicación con el público. Los estudiantes conocerán asimismo las disposiciones que deben adoptarse para una respuesta efectiva y eficiente en caso de emergencia nuclear o radiológica.

##### 4.9.1. Contenido

Módulo	Contenido	Objetivo de aprendizaje (núm.)
IX.1 Requisitos y principios básicos	<p><b>Requisitos establecidos en las Normas básicas de seguridad</b></p> <p>Alcance</p> <p>Requisitos genéricos: sistema de gestión de emergencias</p> <p>Exposición del público: preparación y respuesta ante una emergencia</p> <p>Exposición de los trabajadores de emergencias: disposiciones para controlar la exposición de los trabajadores de emergencias</p> <p>Disposiciones para la transición de una situación de exposición de emergencia a una situación de exposición existente</p>	OA.IX.1.01
	<p><b>Principios generales</b></p> <p>Objetivos de la preparación y respuesta para casos de emergencia; principios y conceptos de dosis utilizados en situaciones de exposición de emergencia; vías de exposición y técnicas básicas de protección radiológica en caso de emergencia nuclear o radiológica; principales medidas protectoras en caso de emisión accidental al medio ambiente; tipos de emergencia y lecciones aprendidas de los sucesos accidentales del pasado</p>	OA.IX.1.02
IX.2 Base de la planificación para situaciones de exposición de emergencia	<p><b>Base de la planificación</b></p> <p>Evaluación de los peligros; categorías de preparación para casos de emergencia; uso de los valores D para la evaluación de los peligros; concepto de las operaciones para una emergencia nuclear o radiológica</p>	OA.IX.2.01
		OA.IX.2.02

<b>Módulo</b>	<b>Contenido</b>	<b>Objetivo de aprendizaje (núm.)</b>
IX.3 Estrategias de protección para situaciones de exposición de emergencia	<p><b>Estrategia de protección</b></p> <p>Elaboración de estrategias de protección para situaciones de exposición de emergencia en la etapa de planificación; optimización de las estrategias de protección durante la fase de respuesta; criterios genéricos y niveles de intervención operacional que se utilizarán para la adopción de decisiones</p>	<p>OA.IX.3.01</p> <p>OA.IX.3.02</p> <p>OA.IX.3.03</p> <p>OA.IX.3.04</p>
IX.4 Protección del público y protección de los trabajadores	<p><b>Medidas protectoras y otras medidas de respuesta</b></p> <p>Medidas para mitigar las consecuencias de una emergencia nuclear o radiológica; medidas de protección durante las emergencias nucleares; medidas de protección durante las emergencias radiológicas, protección de los trabajadores de emergencias y de los ayudantes en la emergencia</p>	<p>OA.IX.4.01</p> <p>OA.IX.4.02</p>
IX.5 Sistema y operaciones de gestión de emergencias	<p><b>Sistema de gestión de emergencias</b></p> <p>Funciones y responsabilidades en la preparación y respuesta para casos de emergencia; organizaciones de respuesta a emergencias genéricas; sistema de comando de incidentes; integración y coordinación de la respuesta</p>	<p>OA.IX.5.01</p>
IX.6 Evaluación radiológica	<p><b>Evaluación radiológica</b></p> <p>Monitorización ambiental en situaciones de emergencia; métodos de monitorización de la radiación y la contaminación sobre el terreno; muestreo sobre el terreno y mediciones de las muestras; retos de la monitorización ambiental; monitorización de la población; proyecciones de dosis; evaluación de dosis de exposición externa y evaluación de dosis de exposición interna; medidas de descontaminación</p>	<p>OA.IX.6.01</p>
IX.7 Respuesta médica en situaciones de exposición de emergencia	<p><b>Respuesta médica</b></p> <p>Responsabilidades y gestión de la respuesta médica (prehospitalaria y hospitalaria); triaje de las víctimas; diagnóstico y tratamiento; dosimetría física y biológica (y su aplicación al diagnóstico, el tratamiento y el pronóstico), capacitación de los participantes en la atención médica a las víctimas (personal médico y paramédico); efectos psicológicos</p>	<p>OA.IX.7.01</p> <p>OA.IX.7.02</p> <p>OA.IX.7.03</p> <p>OA.IX.7.04</p> <p>OA.IX.7.05</p>

<b>Módulo</b>	<b>Contenido</b>	<b>Objetivo de aprendizaje (núm.)</b>
IX.8 Impartición de instrucciones y comunicación con el público en una emergencia nuclear o radiológica	<b>Impartición de instrucciones y comunicación con el público</b> Impartición de instrucciones y advertencias a la población de las zonas afectadas; percepción del riesgo; objetivos de la comunicación en una emergencia; componentes esenciales de la planificación de la comunicación con el público; comunicación de conceptos relacionados con la emergencia radiológica; comunicación de los peligros para la salud	OA.IX.8.01 OA.IX.8.02
IX.9 Planes y procedimientos, capacitación y ejercicios	<b>Elementos de infraestructura</b> Enfoque gradual de la elaboración de planes y procedimientos de respuesta a emergencias; contenido de los planes y procedimientos de respuesta a emergencias; concepto de planificación integrada; elaboración y ejecución de programas de capacitación en las competencias que deben tener los cargos clave de la organización de respuesta a emergencias; preparación, ejecución y evaluación de ejercicios de respuesta a emergencias	OA.IX.9.01 OA.IX.9.02
IX.10 Arreglos internacionales	<b>Papel del OIEA</b> Papel del OIEA en la preparación y respuesta para casos de emergencia; normas de seguridad del OIEA sobre la preparación y respuesta para casos de emergencia; Red de Respuesta y Asistencia (RANET) del OIEA	OA.IX.10.01 OA.IX.10.02

#### 4.9.2. Objetivos de aprendizaje

<b>Módulo</b>	<b>Objetivos de aprendizaje</b>	
	<b>Núm.</b>	<b>Descripción</b>
IX.1 Requisitos y principios básicos	OA.IX.1.01	Una vez cursado este módulo, el estudiante será capaz de: resumir los requisitos básicos que se aplican a las situaciones de exposición de emergencia.
	OA.IX.1.02	explicar los principios genéricos de la protección contra situaciones de exposición de emergencia.
IX.2 Base de la planificación para situaciones de exposición de emergencia	OA.IX.2.01	describir los diferentes tipos de accidente radiológico.

Módulo	Objetivos de aprendizaje	
	Núm.	Descripción
		Una vez cursado este módulo, el estudiante será capaz de:
IX.3 Estrategias de protección para situaciones de exposición de emergencia	OA.IX.2.02	describir algunos accidentes importantes y explicar las enseñanzas que se pueden extraer de ellos.
	OA.IX.3.01	aplicar la metodología para determinar las categorías de amenazas de las distintas prácticas.
	OA.IX.3.02	explicar los conceptos de las áreas y zonas objeto de la planificación de emergencia.
	OA.IX.3.03	describir la Escala Internacional de Sucesos Nucleares (INES).
IX.4 Protección del público y protección de los trabajadores	OA.IX.3.04	describir la estructura general recomendada de una organización de respuesta a emergencias nucleares y radiológicas.
	OA.IX.4.01	especificar el objetivo de la elaboración de un plan de emergencia.
IX.5 Sistema y operaciones de gestión de emergencias	OA.IX.4.02	enumerar los principales componentes de los planes y procedimientos de emergencia.
	OA.IX.5.01	enumerar las principales tareas del iniciador de la respuesta, el asesor radiológico, los primeros actuantes y el controlador <i>in situ</i> .
IX.6 Evaluación radiológica	OA.IX.6.01	describir el principal elemento que debe considerarse al realizar una evaluación radiológica.
IX.7 Respuesta médica en situaciones de exposición de emergencia	OA.IX.7.01	describir las tareas del personal encargado de la respuesta médica de emergencia dentro y fuera del emplazamiento.
	OA.IX.7.02	explicar el proceso de monitorización de la población.
	OA.IX.7.03	explicar las funciones del centro de recepción.
	OA.IX.7.04	enumerar los métodos pertinentes de dosimetría física y biológica utilizados para el diagnóstico y el tratamiento.

Módulo	Objetivos de aprendizaje	
	Núm.	Descripción
		Una vez cursado este módulo, el estudiante será capaz de:
IX.8 Impartición de instrucciones y comunicación con el público en una emergencia nuclear o radiológica	OA.IX.7.05	resumir la importancia de los efectos psicológicos de los accidentes nucleares o radiológicos, y describir las medidas para reducir y gestionar las consecuencias psicológicas.
	OA.IX.8.01	resumir los métodos de comunicación con los medios informativos y con el público durante una emergencia.
IX.9 Planes y procedimientos, capacitación y ejercicios	OA.IX.8.02	enumerar los temas sobre los que es preciso comunicar.
	OA.IX.9.01	describir el enfoque para establecer planes y procedimientos de respuesta a emergencias.
IX.10 Arreglos internacionales	OA.IX.9.02	resumir el contenido de los planes y procedimientos de respuesta a emergencias.
	OA.IX.10.01	describir la función del OIEA en la preparación y respuesta para casos de emergencia.
	OA.IX.10.02	enumerar las principales normas de seguridad y publicaciones del OIEA sobre la preparación y respuesta para casos de emergencia.

#### 4.9.3. Ejercicios prácticos

Núm.	Ejercicio práctico	Tipo
IX-1	Aplicación de algunos modelos de evaluación de dosis en el caso de una emergencia nuclear o radiológica o de una situación de exposición prolongada	Ejercicio de laboratorio
IX-2	Respuesta a una emergencia hipotética: pérdida de una fuente de radiografía gamma	Estudio de caso
IX-3	Respuesta a un accidente hipotético: emisión al medio ambiente de una cantidad sustancial de materiales radiactivos	Estudio de caso
IX-4	Estimación de dosis individuales durante un accidente con sobreexposición	Estudio de caso
IX-5	Búsqueda de una fuente perdida	Simulación

IX-6	Respuesta a un accidente de transporte hipotético relacionado con materiales radiactivos	Simulación
IX-7	Comunicación con el público durante una situación de emergencia hipotética	Simulación

#### 4.9.4. Bibliografía de la Parte IX

COMISIÓN EUROPEA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, *Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: Normas básicas internacionales de seguridad, Colección de Normas de Seguridad del OIEA*, N° GSR Part 3, OIEA, Viena, 2016.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN MARÍTIMA INTERNACIONAL, INTERPOL, AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, COMISIÓN PREPARATORIA DE LA ORGANIZACIÓN DEL TRATADO DE PROHIBICIÓN COMPLETA DE LOS ENSAYOS NUCLEARES, PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE, OFICINA DE COORDINACIÓN DE ASUNTOS HUMANITARIOS DE LAS NACIONES UNIDAS, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIA, *Preparación y respuesta para casos de emergencia nuclear o radiológica, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° GSR Part 7, OIEA, Viena, 2018.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, *Criterios aplicables a la preparación y respuesta a situaciones de emergencia nuclear o radiológica, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° GSG-2, OIEA, Viena, 2013.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, OFICINA DE COORDINACIÓN DE ASUNTOS HUMANITARIOS DE LAS NACIONES UNIDAS, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, *Disposiciones de preparación para emergencias nucleares o radiológicas, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° GS-G-2.1, OIEA, Viena, 2010.

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Convención sobre la Pronta Notificación de Accidentes Nucleares*, OIEA, Viena, 1986.

- *Convención sobre Asistencia en caso de Accidente Nuclear o Emergencia Radiológica*, OIEA, Viena, 1986.

- Arrangements for the Termination of a Nuclear or Radiological Emergency, IAEA Safety Standards Series No. GSG-11, IAEA, Vienna (2018).

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Application of the Commission's Recommendations for the Protection of People in Emergency Exposure Situations, ICRP Publication 109, Ann. ICRP 39 (1), Elsevier (2009).

#### 4.10. PARTE X: SITUACIONES DE EXPOSICIÓN EXISTENTE

**Objetivo:** Dar a conocer a los estudiantes los requisitos básicos de protección en las situaciones de exposición existente. Los estudiantes conocerán también las causas de este tipo de situaciones, los enfoques para mitigar sus consecuencias y las circunstancias en que deben aplicarse los requisitos referentes a la exposición ocupacional.

##### 4.10.1. Contenido

Módulo	Contenido	Objetivo de aprendizaje (núm.)
X.1. Requisitos y principios básicos	<p><b>Introducción y antecedentes</b></p> <p>Examen de los tipos de situación de exposición</p> <p>Determinación del tipo de situación de exposición aplicable, especialmente cuando estén presentes elementos de más de un tipo de situación</p> <p><b>Requisitos de las Normas básicas de seguridad</b></p> <p>Exclusión de las formas de exposición que escapen a toda posibilidad de control</p> <p>Tipos de exposición sujetos a los requisitos para las situaciones de exposición existente: exposición debida a la contaminación de zonas por actividades y accidentes del pasado, exposición a fuentes naturales: productos, otros materiales, radón, radiación cósmica</p> <p><b>Requisitos generales aplicables a las situaciones de exposición existente</b></p> <p>Estrategia nacional, asignación de responsabilidades, marco jurídico y regulador, determinación y evaluación de las exposiciones de interés</p> <p>Estrategia de protección para reducir las dosis; establecimiento de niveles de referencia</p> <p>Justificación y optimización de las medidas correctivas/protectoras; puesta en perspectiva: exposición a fuentes naturales en todo el mundo</p>	<p>OA.X.1.01</p> <p>OA.X.1.02</p> <p>OA.X.1.03</p> <p>OA.X.1.04</p>
X.2. Rehabilitación de áreas contaminadas con materiales radiactivos residuales	<p><b>Marco jurídico y regulador</b></p> <p>Ejemplos de áreas contaminadas</p> <p>Estrategia de rehabilitación, determinación de las áreas que necesitan rehabilitación; mecanismos de financiación</p> <p>Planificación y ejecución de la rehabilitación; consideraciones reglamentarias</p> <p>Gestión de los desechos radiactivos</p>	<p>OA.X.2.01</p> <p>OA.X.2.02</p> <p>OA.X.2.03</p>

Módulo	Contenido	Objetivo de aprendizaje (núm.)
X.3. Exposición a los descendientes de período corto del $^{222}\text{Rn}$	<p><b>Programa de rehabilitación</b></p> <p>Evaluación previa</p> <p>Plan de rehabilitación: justificación y optimización</p> <p>Aplicación de medidas reparadoras: protección y seguridad (incluida la protección de los trabajadores encargados de la rehabilitación), gestión de los desechos radiactivos. Actividades posteriores a la rehabilitación: posibles controles y restricciones</p> <p><b>Estudio de caso</b></p> <p>Rehabilitación de los depósitos de residuos de fosfato costeros y marinos: Proyecto Taparura de Sfax, en Túnez</p>	
	<p><b>Conceptos básicos</b></p> <p>Radón y modo en que conduce a la exposición del pulmón</p> <p>Magnitudes especiales de la concentración y exposición: energía alfa potencial, factor de equilibrio, magnitudes de la concentración equivalente de equilibrio. Concentración del <math>^{222}\text{Rn}</math> como indicador indirecto de la concentración de sus descendientes</p> <p><b>Concentraciones del <math>^{222}\text{Rn}</math> y sus efectos en la salud</b></p> <p>Concentraciones en edificios y lugares de trabajo subterráneos. Estudios epidemiológicos del cáncer de pulmón causado por los descendientes del <math>^{222}\text{Rn}</math>: trabajadores de minas subterráneas, <math>^{222}\text{Rn}</math> en las viviendas</p> <p>Dosis efectiva debida a la exposición a los descendientes del <math>^{222}\text{Rn}</math></p> <p><b>Control de la exposición</b></p> <p>Determinación de las situaciones de exposición preocupantes – estudios nacionales</p> <p>Plan de acción nacional para abordar las altas concentraciones de <math>^{222}\text{Rn}</math>, campañas de información pública</p> <p>Niveles de referencia para las concentraciones de <math>^{222}\text{Rn}</math></p> <p>Justificación y optimización de las medidas reparadoras en lugares de trabajo, viviendas y otros edificios</p> <p>Métodos para reducir las concentraciones de <math>^{222}\text{Rn}</math> en los edificios</p>	<p>OA.X.3.01</p> <p>OA.X.3.02</p> <p>OA.X.3.03</p> <p>OA.X.3.04</p> <p>OA.X.3.05</p> <p>OA.X.3.06</p> <p>OA.X.3.07</p>

<b>Módulo</b>	<b>Contenido</b>	<b>Objetivo de aprendizaje (núm.)</b>
X.4. Exposición a los radionucleidos presentes en los productos y a la radiación cósmica	<p><b>Exposición a los radionucleidos presentes en los productos</b></p> <p>Productos a los que se aplican los requisitos; niveles de referencia para los radionucleidos presentes en los productos</p> <p>Alimentos: niveles de orientación para la contaminación posterior a una emergencia; agua potable: medidas reparadoras, niveles orientativos para la contaminación</p> <p>Fertilizantes/mejoras del suelo: concentraciones de la actividad, exposición, necesidades consiguientes de control</p> <p>Materiales de construcción: vías de exposición, medidas reparadoras en edificios ya existentes, medidas preventivas en edificios nuevos</p> <p><b>Exposición a la radiación cósmica</b></p> <p>Fuentes y características de la radiación cósmica; dosis medias en el mundo</p> <p>Tasas de dosis en los aviones comerciales</p> <p>Exposición de la tripulación y necesidades consiguientes de control</p> <p>Exposición de las tripulaciones de naves espaciales y necesidades consiguientes de control</p>	<p>OA.X.4.01</p> <p>OA.X.4.02</p> <p>OA.X.4.03</p>

#### 4.10.2. Objetivos de aprendizaje

<b>Módulo</b>	<b>Objetivos de aprendizaje</b>	
	<b>Núm.</b>	<b>Descripción</b>
X.1. Requisitos y principios básicos	OA.X.1.01	Una vez cursado este módulo, el estudiante será capaz de: definir el concepto de situación de exposición existente.
	OA.X.1.02	explicar por qué algunos tipos de exposición escapan a toda posibilidad de control y dar ejemplos.
	OA.X.1.03	especificar las responsabilidades de los gobiernos con respecto a las situaciones de exposición existente.
	OA.X.1.04	describir el proceso de optimización de las medidas reparadoras y de protección.

Módulo	Objetivos de aprendizaje	
	Núm.	Descripción
		Una vez cursado este módulo, el estudiante será capaz de:
X.2. Rehabilitación de áreas contaminadas con materiales radiactivos residuales	OA.X.2.01	reconocer una situación de exposición existente que requiere medidas de rehabilitación.
	OA.X.2.02	especificar los temas que deben incorporarse en una estrategia nacional de rehabilitación.
	OA.X.2.03	elaborar y ejecutar un programa de rehabilitación para un área contaminada con materiales radiactivos residuales.
X.3. Exposición a los descendientes de período corto del $^{222}\text{Rn}$	OA.X.3.01	explicar las vías de exposición primaria tras la inhalación de $^{222}\text{Rn}$ .
	OA.X.3.02	determinar los escenarios en que puede haber concentraciones mayores de $^{222}\text{Rn}$ en el aire y un riesgo de exposición importante.
	OA.X.3.03	diseñar un estudio nacional para detectar las zonas con concentraciones preocupantes de radón y determinar las áreas y edificios que tendrán prioridad en el estudio.
	OA.X.3.04	explicar los principales componentes de un plan de acción nacional para la reducción de la exposición al radón.
	OA.X.3.05	aplicar los niveles de referencia nacionales para el $^{222}\text{Rn}$ en los lugares de trabajo y las viviendas.
	OA.X.3.06	especificar las medidas reparadoras para reducir los niveles de radón en las viviendas.
	OA.X.3.07	especificar las medidas protectoras para restringir la exposición al radón en el lugar de trabajo.
X.4. Exposición a los radionucleidos presentes en los productos y a la radiación cósmica	OA.X.4.01	especificar los productos que pueden contener radionucleidos.
	OA.X.4.02	indicar la orientación internacional para los radionucleidos en los alimentos y en el agua.
	OA.X.4.03	explicar las fuentes de radiación cósmica y las vías de exposición.

#### 4.10.3. Ejercicios prácticos

Núm.	Ejercicio práctico	Tipo
X-1	Medición del radón en viviendas y comparación con el nivel de referencia	Ejercicio de laboratorio
X-2	Estimación de dosis individuales y rehabilitación en una zona contaminada con materiales radiactivos residuales	Estudio de caso

X-3	Estimación de las dosis individuales debidas a productos	Estudio de caso
X-4	Comunicación con el público y con los medios informativos tras la rehabilitación de una zona contaminada con materiales radiactivos residuales	Simulación

#### 4.10.4. Bibliografía de la Parte X

COMISIÓN EUROPEA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, *Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: Normas básicas internacionales de seguridad, Colección de Normas de Seguridad del OIEA*, N° GSR Part 3, OIEA, Viena, 2016.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR OFFICE, *Radiation Protection against Radon in Workplaces other than Mines, Safety Reports Series No. 33*, IAEA, Vienna (2003).

- *Proceso de rehabilitación de zonas afectadas por actividades y accidentes pasados, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° WS-G-3.1, OIEA, Viena, 2009.

- *Gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° GSR Part 5, OIEA, Viena, 2010.

- *Disposición final de desechos radiactivos, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° SSR-5, OIEA, Viena, 2012.

- *Reglamento para el Transporte Seguro de Materiales Radiactivos, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° SSR-6, OIEA, Viena, 2013.

COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, *Las Recomendaciones 2007 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica*, Publicación 103, editada por la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR) con la autorización de la ICRP, SENDA EDITORIAL S. A., Madrid, 2008.

- *Radiological Protection against Radon Exposure, ICRP Publication 126, Ann. ICRP 43(3)*. ICRP (2014).

PROGRAMA CONJUNTO FAO/OMS SOBRE NORMAS ALIMENTARIAS, COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS, *Norma General del Codex para los Contaminantes y las Toxinas presentes en los Alimentos y Piensos, Lista 1 - Radionucleidos, CODEX STAN 193-1995*, CCA, Roma, 2015.

UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION, UNSCEAR 2006 Report to the General Assembly, Vol. II, Annex E: Source-to effects Assessment for Radon in Homes and Workplaces, United Nations, New York (2008).

- Sources and Effects of Ionizing Radiation, UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly with Scientific Annexes, Vol. 1, Annex B: Exposures of the Public and Workers from Various Sources of Radiation, United Nations, New York (2010).

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, *Manual de la OMS sobre el radón en interiores: una perspectiva de salud pública*, OMS, Ginebra, 2015.

- *Guías para la calidad del agua potable* — 4ª ed., OMS, Ginebra, 2011.

#### 4.11. PARTE XI: CAPACITACIÓN DE INSTRUCTORES

**Objetivo:** Enseñar a los estudiantes a organizar e impartir cursos de capacitación. Desarrollar sus habilidades didácticas. Aplicar esas habilidades en la presentación oral de la Parte XII.

##### 4.11.1. Contenido

Módulo	Contenido	Objetivo de aprendizaje (núm.)
XI.1. Ser instructor (introducción)	<p><b>Consideraciones generales sobre el aprendizaje</b></p> <p>Factores que afectan al éxito de una secuencia didáctica: ambiente del aula, estado mental del estudiante; profesor/instructor. Diferentes formas de aprender. Diferentes estilos de las personas. Adaptación del estilo del instructor a las necesidades de los distintos estudiantes.</p>	<p>OA.XI.1.01</p> <p>OA.XI.1.02</p> <p>OA.XI.1.03</p>
XI.2. Cómo aprenden los adultos	<p><b>Comparación entre la andragogía y la pedagogía</b></p> <p>Andragogía – modelo de Knowles. Honey y Mumford – estilos de aprendizaje. Ciclo de aprendizaje de Kolb: importancia de la experiencia y la reflexión. Motivación: por qué es importante y cómo mejorarla. Aplicación a las secuencias didácticas sobre protección radiológica.</p>	<p>OA.XI.2.01</p> <p>OA.XI.2.02</p> <p>OA.XI.2.03</p> <p>OA.XI.2.04</p>
XI.3. Diseño del curso y planificación de las clases	<p><b>Análisis de las necesidades de capacitación</b></p> <p>Enfoque sistemático del aprendizaje. Procesos de adquisición de conocimiento, competencia y cualificación. Características de las personas que recibirán la capacitación: expertos cualificados; oficiales de protección radiológica; operadores cualificados; profesionales de la salud; médicos; trabajadores, incluidos los operadores de aplicaciones radiológicas y los que intervienen marginalmente en las operaciones; personal de las autoridades reguladoras; y personal de respuesta a emergencias.</p> <p><b>Diseño del curso</b></p> <p>Finalidades y objetivos, plan de estudios, programa del curso, planes de las clases, apuntes de clases, guiones gráficos, materiales didácticos. Optimización del tiempo de aprendizaje para cumplir los objetivos. Métodos de capacitación: enseñanza en aulas; aprendizaje a distancia; capacitación en el servicio. Preparación de demostraciones, ejercicios prácticos, estudios de casos y visitas de campo. Preparación de exámenes (evaluaciones de los estudiantes).</p> <p><b>Evaluaciones de los estudiantes</b></p> <p>Beneficios de las evaluaciones. Objetivo, momento y diferentes modos de evaluar el aprendizaje. Uso de los resultados de las evaluaciones.</p>	<p>OA.XI.3.01</p> <p>OA.XI.3.02</p> <p>OA.XI.3.03</p> <p>OA.XI.3.04</p> <p>OA.XI.3.05</p> <p>OA.XI.3.06</p> <p>OA.XI.3.07</p> <p>OA.XI.3.08</p> <p>OA.XI.3.09</p>

<b>Módulo</b>	<b>Contenido</b>	<b>Objetivo de aprendizaje (núm.)</b>
	<b>Evaluación del curso</b> Evaluaciones antes y después al curso. Retroinformación de los estudiantes y de los instructores. Indicadores del desempeño.	
XI.4. Comunicación con un grupo	<b>Ser profesor</b> Factores que refuerzan y que dificultan la comunicación del mensaje cuando se habla con un grupo. Creación de la atmósfera adecuada. Motivación de los estudiantes. Adaptación del lenguaje. Lenguaje corporal. Fomento de los debates de grupo. Preguntas y respuestas. Escucha activa.	OA.XI.4.01 OA.XI.4.02 OA.XI.4.03 OA.XI.4.04 OA.XI.4.05
XI.5. Medios didácticos	<b>Utilización de medios didácticos</b> Variedad de medios didácticos disponibles: presentaciones, rotafolios, vídeos, simuladores, sistemas de voto, juegos didácticos, etc. Ventajas e inconvenientes de cada uno. Uso eficaz de los medios didácticos en una secuencia de capacitación. Empleo de herramientas y metodologías de aprendizaje electrónico. Reglas sencillas para mejorar las presentaciones en PowerPoint. Presentación de los datos.	OA.XI.5.01 OA.XI.5.02 OA.XI.5.03 OA.XI.5.04
XI.6. Presentación oral del proyecto final	<b>Presentación del proyecto</b> Preparación de las presentaciones orales del proyecto final del curso (Parte XII) por los estudiantes. Aplicación de las habilidades didácticas aprendidas en la Parte XI. Apoyo del profesor de la Parte XI. Realización de la presentación por los estudiantes. Evaluación por el profesor y el resto de los estudiantes.	OA.XI.6.01

#### 4.11.2. Objetivos de aprendizaje

<b>Objetivos de aprendizaje</b>		
<b>Módulo</b>	<b>Núm.</b>	<b>Descripción</b>
		Una vez cursado este módulo, el estudiante será capaz de:
XI.1. Ser instructor (introducción)	OA.XI.1.01	entender que no existe una solución única y definitiva para ningún aspecto de la capacitación.
	OA.XI.1.02	describir algunos de los diferentes estilos de los instructores.
	OA.XI.1.03	entender que un instructor debe ser capaz de adaptar su estilo a las necesidades de los diferentes estudiantes.
XI.2. Cómo aprenden los adultos	OA.XI.2.01	describir la diferencia entre la andragogía y la pedagogía.

<b>Objetivos de aprendizaje</b>		
<b>Módulo</b>	<b>Núm.</b>	<b>Descripción</b>
		Una vez cursado este módulo, el estudiante será capaz de:
	OA.XI.2.02	explicar los principales elementos del ciclo de aprendizaje de Kolb.
	OA.XI.2.03	explicar la importancia de la motivación e implicación de los estudiantes.
	OA.XI.2.04	reconocer la necesidad de crear una atmósfera confortable para los estudiantes.
XI.3. Diseño del curso y planificación de las clases	OA.XI.3.01	explicar los requisitos relativos al nivel de instrucción, capacitación y experiencia de trabajo de los diferentes profesionales o de las personas de distintas categorías de empleo que recibirán capacitación en protección radiológica en los Estados Miembros.
	OA.XI.3.02	definir las finalidades y los objetivos de la capacitación teniendo en cuenta la categoría de los estudiantes.
	OA.XI.3.03	seleccionar el método de capacitación más apropiado para cada grupo destinatario.
	OA.XI.3.04	describir la técnica del guion gráfico para planificar una secuencia didáctica.
	OA.XI.3.05	aplicar la técnica del guion gráfico para realizar una secuencia didáctica interactiva y eficaz con diferentes actividades de capacitación.
	OA.X.3.06	valorar los beneficios de las evaluaciones de los estudiantes.
	OA.X.3.07	decidir cómo y cuándo evaluar a los estudiantes y sobre qué temas, y qué hacer con los resultados de las evaluaciones.
	OA.X.3.08	describir los beneficios de una evaluación del curso con pruebas anteriores y posteriores a la actividad.
	OA.X.3.09	explicar cómo pueden utilizarse los datos y estadísticas extraídos de los cuestionarios de retroinformación y de las evaluaciones anteriores y posteriores al curso para obtener indicadores de los resultados de la capacitación.
XI.4. Comunicación con un grupo	OA.XI.4.01	explicar qué factores refuerzan o dificultan la comunicación del mensaje cuando se habla con un grupo.
	OA.XI.4.02	describir qué hace que una capacitación presencial sea interactiva y eficaz.
	OA.XI.4.03	describir los aspectos que ayudan a lograr un buen desempeño.
	OA.XI.4.04	indicar los elementos que contribuyen a que una persona sea un buen oyente.

Módulo	Objetivos de aprendizaje	
	Núm.	Descripción
		Una vez cursado este módulo, el estudiante será capaz de:
XI.5. Medios didácticos	OA.XI.4.05	explicar los diferentes tipos de preguntas y cómo responder a ellas en un entorno grupal.
	OA.XI.5.01	enumerar los principales medios didácticos disponibles.
	OA.XI.5.02	describir las ventajas y los inconvenientes de los diferentes medios didácticos.
	OA.XI.5.03	explicar algunas reglas sencillas para mejorar las presentaciones en PowerPoint.
	OA.XI.5.04	examinar diferentes formas de presentar los datos.
XI.6. Presentación oral del proyecto final	OA.XI.6.01	aplicar las habilidades didácticas adquiridas en esta Parte (XI) para preparar y realizar las presentaciones orales del proyecto final del curso.

#### 4.11.3. Ejercicios prácticos

Núm.	Ejercicio práctico	Tipo
XI-1	Test preliminar sobre las aptitudes interpersonales	Cuestionarios escritos
XI-2	Charla de tres minutos sobre un tema de carácter general	Charla
XI.3	Ejercicio en grupo: Planificación de una secuencia didáctica: preparación de una secuencia didáctica sobre protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación, con diversas actividades de capacitación y utilizando la técnica del guion gráfico	Estudio de caso
XI-4	Preparación y realización de la presentación oral del proyecto final (Parte XII)	Presentaciones

#### 4.11.4. Bibliografía de la Parte XI

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Training in Radiation Protection and the Safe Use of Radiation Sources, Safety Reports Series No. 20, IAEA, Vienna (2001).

- Establishing the Infrastructure for Radiation Safety, Specific Safety Guide No. SSG-44, IAEA, Vienna (2018).

## 4.12. PARTE XII: PROYECTO FINAL DEL CURSO

**Objetivo:** Aplicar los conocimientos y habilidades adquiridos a lo largo del curso para resolver un problema concreto de protección y seguridad radiológicas y presentar los resultados y las conclusiones.

### **Procedimiento para ejecutar la Parte XII**

#### **Selección y asignación de los temas del proyecto final**

El director del curso contactará a los estudiantes a su debido tiempo, antes del comienzo de la actividad, para darles información sobre el propósito del proyecto final del curso y pedirles que propongan un tema de común acuerdo con sus supervisores locales (es decir, el supervisor de la organización de cada estudiante). El proyecto debería abordar un problema de protección y seguridad radiológicas de interés para la organización en que el participante ya esté trabajando y/o de importancia a nivel nacional. El proyecto debería brindar la oportunidad de aplicar los conocimientos y habilidades adquiridos en las Partes IV a X, particularmente en el uso de las normas de seguridad del OIEA.

Los estudiantes comunicarán al director del curso el tema seleccionado para el proyecto final, con la información de contacto de su supervisor local. El director organizará una reunión de los estudiantes con los profesores que podrían supervisar sus proyectos (los supervisores de los proyectos finales). Una vez acordados los temas y designados los profesores que supervisarán los proyectos, se informará de ello a los supervisores locales.

#### **Realización del proyecto final**

La realización del proyecto puede requerir tiempo para el examen del tema junto con el supervisor, el estudio en bibliotecas, el trabajo experimental/práctico, la preparación del informe del proyecto y la presentación final. El director del curso deberá tener en cuenta todo esto al preparar el calendario del proyecto. El director del curso y el supervisor del proyecto dispondrán lo necesario para que los estudiantes tengan acceso a los recursos requeridos.

- Revisión bibliográfica: información sobre las últimas novedades y determinación de la situación del momento, especialmente en relación con las normas de seguridad del OIEA más recientes y su aplicación;
- Trabajo experimental/práctico: facilitación de los recursos necesarios.

En el calendario del curso deberán dedicarse al menos dos semanas al proyecto final; este período podría distribuirse a lo largo de todo el curso.

#### **Evaluación del proyecto final**

Los estudiantes deberán ser informados de antemano de los criterios que se aplicarán para evaluar el proyecto final. La evaluación se basará en:

- El informe: los estudiantes prepararán un informe del proyecto final, que contendrá un breve resumen, la descripción de la situación del momento, una indicación de la pertinencia/justificación del proyecto y los materiales y métodos utilizados (incluidas las normas de seguridad pertinentes del OIEA), así como los resultados, las conclusiones y recomendaciones y las referencias bibliográficas.
- La presentación oral: los estudiantes deberán presentar públicamente su proyecto final. Se les alentará a utilizar para ello una gran variedad de herramientas didácticas. La presentación oral del proyecto final está comprendida en la Parte XI: Capacitación de instructores.

## REFERENCIAS

- [1] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Curso de enseñanza de posgrado sobre protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: Programa tipo, Colección Cursos de Capacitación del OIEA N° 18*, Viena, 2003.
- [2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Training in Radiation Protection and the Safe Use of Radiation Sources*, IAEA Safety Reports Series No. 20, Vienna (2001).



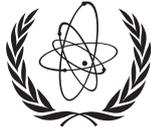
## COLABORADORES EN LA REDACCIÓN Y LA REVISIÓN

Da Silva, A. A.	Comisión Nacional de Energía Nuclear (Brasil)
Dimitriou, P.	Comisión Griega de Energía Atómica (Grecia)
Harbison, S. A.	Consultor (Reino Unido)
Hassan, S.	Organismo Nuclear Malasio (Malasia)
Hunt, J.	Consultor (Brasil)
Jaafar, M. S.	Organismo Nuclear Malasio (Malasia)
Kaplanis, P.	Consultor (Chipre)
Kharita, M. H.	Comisión de Energía Atómica de Siria (República Árabe Siria)
Konstantinos, K.	Comisión Griega de Energía Atómica (Grecia)
Larcher, A. M.	Autoridad Regulatoria Nuclear (Argentina)
Luciani, A.	OIEA
Margetic, A.	Autoridad Regulatoria Nuclear (Argentina)
Moreno, S. F.	Autoridad Regulatoria Nuclear (Argentina)
Nasri, B.	Centro Nacional de Energía, Ciencias y Tecnologías Nucleares (Marruecos)
Nicolas, R. O.	Autoridad Regulatoria Nuclear (Argentina)
Noureddine, A.	Comisión de Energía Atómica (Argelia)
Othman, M. S.	Organismo Nuclear Malasio (Malasia)
Papadopoulos, S.	Autoridad Regulatoria Nuclear (Argentina)
Paynter, R.	EUTERP Foundation (Reino Unido)
Prendes Alonso, M	Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (Cuba)
Robinson, I	Consultor (Reino Unido)

Rodrigues, D.	Comisión Nacional de Energía Nuclear (Brasil)
Serfor-Armah, Y.	Escuela de Ciencias Nucleares y Afines, Comisión de Energía Atómica de Ghana (Ghana)
Shweikani, R.	Comisión de Energía Atómica de Siria (República Árabe Siria)
Sotiris, E.	Comisión Griega de Energía Atómica (Grecia)
Timoshchenko, A. I.	Universidad Estatal de Belarús (Belarús)
Valentino, L.	Autoridad Regulatoria Nuclear (Argentina)
Valverde, N. J. de Lima	Consultor (Brasil)
Wheatley, J.	OIEA
Wymer, D.	Consultor (Sudáfrica)
Zulkifli, M. H.	Organismo Nuclear Malasio (Malasia)

### **Reuniones de consultores**

Viena (Austria): 11 a 15 de abril de 2011; 11 a 13 de julio de 2012; 24 a 26 de julio de 2013; 6 a 8 de agosto de 2014; 4 a 6 de agosto de 2015; 2 a 4 de agosto de 2016; 30 de mayo a 2 de junio de 2017; 1 a 3 de agosto de 2018.



# IAEA

Organismo Internacional de Energía Atómica

Nº 26

## PEDIDOS DE PUBLICACIONES

Las publicaciones de pago del OIEA pueden adquirirse a través de los proveedores que se indican a continuación o en las principales librerías locales.

Los pedidos de publicaciones gratuitas deben hacerse directamente al OIEA. Al final de la lista de proveedores se proporcionan los datos de contacto.

### AMÉRICA DEL NORTE

#### ***Bernan / Rowman & Littlefield***

15250 NBN Way, Blue Ridge Summit, PA 17214, EE. UU.

Teléfono: +1 800 462 6420 • Fax: +1 800 338 4550

Correo electrónico: [order@renoufbooks.com](mailto:order@renoufbooks.com) • Sitio web: [www.renoufbooks.com](http://www.renoufbooks.com)

### RESTO DEL MUNDO

Póngase en contacto con su proveedor local de preferencia o con nuestro distribuidor principal:

#### ***Eurospan Group***

Gray's Inn House

127 Clerkenwell Road

Londres EC1R 5DB

Reino Unido

#### ***Pedidos comerciales y consultas:***

Teléfono: +44 (0)176 760 4972 • Fax: +44 (0)176 760 1640

Correo electrónico: [euroman@turpin-distribution.com](mailto:euroman@turpin-distribution.com)

#### ***Pedidos individuales:***

[www.eurospanbookstore.com/iaea](http://www.eurospanbookstore.com/iaea)

#### ***Para más información:***

Teléfono: +44 (0)207 240 0856 • Fax: +44 (0)207 379 0609

Correo electrónico: [info@eurospangroup.com](mailto:info@eurospangroup.com) • Sitio web: [www.eurospangroup.com](http://www.eurospangroup.com)

### Los pedidos de publicaciones, tanto de pago como gratuitas, pueden enviarse directamente a:

Dependencia de Mercadotecnia y Venta

Organismo Internacional de Energía Atómica

Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Vienna, Austria

Teléfono: +43 1 2600 22529 o 22530 • Fax: +43 1 26007 22529

Correo electrónico: [sales.publications@iaea.org](mailto:sales.publications@iaea.org) • Sitio web: [www.iaea.org/publications](http://www.iaea.org/publications)



