





# Diseño de cursos de protección radiológica para operadores de prácticas industriales

 Niurka González Rodríguez,  Isis Ma. Fernández Gómez,  Mercedes Salgado Mojena,  Dayana Ramos Machado  
Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR)  
niurka@cphr.edu.cu

## Resumen

El empleo de radiaciones ionizantes aporta grandes beneficios en la medicina, la industria y la investigación y en su aplicación deben minimizarse los riesgos radiológicos, para lo cual se deben cumplir estrictos requisitos de seguridad, uno de los cuales es lograr la adecuada capacitación del personal vinculado a su uso, lo que constituye una importante barrera contra la ocurrencia de eventos adversos. En las guías nacionales específicas para las prácticas industriales, se establecen los requisitos relativos a la capacitación en materia de protección radiológica para las diferentes categorías ocupacionales. No obstante, aun existiendo experiencias previas en la implementación de cursos con este fin, no se contaba con un programa definido y estructurado para la categoría de “operador”. En este sentido fueron diseñados cursos para las prácticas de radiografía industrial, medidores nucleares, irradiación industrial y empleo de equipos de rayos X fijos.

El diseño incluye las características del curso, el programa, la descripción del cumplimiento de los requisitos de protección radiológica y la estimación de dosis que se prevea que reciban los participantes en el caso del empleo de fuentes de radiaciones ionizantes en las actividades prácticas del curso, sistema de evaluación, así como formatos del certificado, de la planilla para matrícula y registros de datos de participante y de asistencia.

Este diseño permitirá la armonización de los conocimientos que se transmiten a los usuarios de los mismos permitiendo de esa forma cumplir los requisitos reguladores en cuanto a contenido y carga horaria.

---

***Palabras clave:** entrenamiento; herramientas educativas; aprendizaje; protección contra las radiaciones; personal radiólogo; radiografía industrial; guías de protección contra las RAD.*

---

## Design of radiation protection courses for operators of industrial practices

### Abstract

The use of ionizing radiation provides benefits in medicine, industry and research and in its application, radiological risks must be minimized, for which safety requirements are established, one of which is to achieve adequate training of personnel, which constitutes an important barrier against the occurrence of adverse events.

The specific national guidelines for industrial practices establish the requirements for training in radiation protection for the different occupational categories. However, even though there were previous experiences in the implementation of courses for this purpose, there was no defined and structured program for the category “operator”. In this sense, courses were designed for the practices of industrial radiography, nuclear gauges, industrial irradiation and the use of fixed X-ray equipment.

The design includes the characteristics and the program of the course, the description of compliance with the radiological protection requirements and the estimated dose that the participants are expected to receive in the case of the use of ionizing radiation sources in the practical activities, evaluation system and formats for certificate, registration form and participant and attendance data records.

This design will allow the harmonization of the knowledge that is transmitted to the participants, thus allowing to comply the regulatory requirements.

---

***Key words:** training; educational tools; radiation protection; radiological personnel; industrial radiography; regulatory guides.*

---

## Introducción

El empleo de radiaciones ionizantes es de gran utilidad en una amplia gama de sectores de la vida aportando grandes beneficios en la medicina, la industria y la investigación, sin embargo, el efecto nocivo que pueden provocar en el organismo implica riesgos que en ocasiones pueden ser elevados, de ahí la necesidad de cumplir con estrictas medidas de seguridad radiológica, las cuales han quedado establecidas en el Marco Regulador Nacional en la materia.

Por otra parte, está demostrado que el factor humano juega un importante papel en la seguridad de toda tarea a la que se vincula el hombre, siendo su actuar erróneo o inadecuado una de las principales causas de eventos adversos en la industria nuclear. Es por ello que se hace necesario lograr que todo personal que realiza prácticas con radiaciones ionizantes tenga las competencias necesarias para realizar su trabajo de forma segura, lo cual queda establecido explícitamente en las regulaciones nacionales desde el Decreto-Ley No. 207, “Sobre el Uso de la Energía Nuclear” hasta las guías de seguridad específicas de las prácticas, donde se establecen los requisitos en cuanto a capacitación en materia de protección radiológica que requiere cada categoría ocupacional.

No obstante, aun cuando existe una vasta experiencia previa en la implementación de cursos con este fin, no se contaba con un programa definido y estructurado para la categoría de “operador” por lo que se decidió realizar el diseño de cursos para este perfil ocupacional de algunas de las prácticas industriales que se desarrollan en el país tales como las de radiografía industrial, medidores nucleares, irradiación industrial y empleo de equipos de rayos X fijos.

Estos cursos fueron diseñados de forma armonizada, con un formato único que permite cumplir con lo establecido en la Resolución Conjunta CITMA – MIN-SAP: “Reglamento para la selección, capacitación y autorización del personal que realiza prácticas asociadas al empleo de radiaciones ionizantes”, en lo adelante Reglamento de personal, de forma que a la vez que el trabajador adquiere las competencias que necesita, puede demostrar que ha cumplido con el proceso y optar por la Licencia Individual que requiere de la Dirección de Seguridad Nuclear (DSN), autoridad reguladora nacional en materia de protección radiológica y seguridad nuclear para el desempeño de sus funciones.

Para cada una de las prácticas, el diseño incluye:

- las características del curso tales como su modalidad, objetivos generales y específicos, el alcance, la frecuencia y los medios de enseñanza a utilizar, entre otras,
- se desarrolló el programa del curso que abarca las materias a impartir, el contenido en cada caso, las horas lectivas y la bibliografía a emplear,
- una descripción del cumplimiento de los requisitos de protección radiológica y la estimación de dosis que se prevea que reciban los participantes en el caso de que se empleen fuentes de radiaciones ionizantes en las actividades prácticas,

- el sistema de evaluación, y los formatos del certificado, de la planilla para matrícula y de los registros de los datos de los participantes y su asistencia.

Con este diseño se cubre una de las necesidades identificadas en la Estrategia Nacional para crear Competencias en Protección y Seguridad Radiológica para el período 2015-2020.

### Requisitos de capacitación en materia de protección radiológica

En el marco regulador nacional en materia de protección radiológica, se establecen requisitos en relación a la capacitación, lo que permite garantizar que el personal con responsabilidades en la seguridad de cada instalación radiactiva o actividad, cuente con los conocimientos que necesita para realizar los trabajos de forma segura.

En el Reglamento de Personal se detallan los contenidos en materia de protección radiológica que debe incluir el programa de capacitación inicial de cada trabajador en tanto que, específicamente para las prácticas industriales, existe un grupo de guías de seguridad donde quedan establecidas las cargas horarias que deben cumplimentar las diferentes categorías ocupacionales, siendo esta de 40 horas para los operadores.

De forma general, los operadores deben poseer conocimientos acerca de la estructura atómica y nuclear, las radiaciones ionizantes, su origen y características, de la interacción de las radiaciones con la materia, los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes, las magnitudes y unidades de la protección radiológica, métodos para la detección y medición de la radiación, objetivos y principios básicos de la protección radiológica. También deben conocer sobre protección radiológica operacional en las instalaciones radiactivas y, en el caso que lo requiera, para el transporte de materiales radiactivos, así como acerca de las disposiciones jurídicas, técnicas y de procedimiento vigentes en el país, entre otros temas.

### Experiencia de cursos impartidos a entidades nacionales usuarias de radiaciones ionizantes

El Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR), entidad prestadora de servicios científico técnicos de apoyo a la seguridad radiológica, posee una amplia experiencia en la impartición de cursos a nivel nacional e internacional. Dentro de su haber se encuentra el desarrollo, por más de 20 años, del Curso Nacional de Protección Radiológica que aun cuando está dirigido a Responsables de Protección Radiológica de las entidades nacionales usuarias de radiaciones ionizantes, se ha recibido por personal de todas las categorías ocupacionales y dentro de ellos, por más de 300 trabajadores ocupacionalmente expuestos de prácticas industriales. Por otra parte, y debido a la creciente demanda de cursos específicos para las prácticas, se ha impartido capacitación para operadores de irradiación industrial, empleo de medidores nucleares fijos y móviles, empleo de equipos generadores de rayos X para el control en fronteras y empleo de equipos de rayos X para control

de procesos en minería, entre otros. Un resumen de los cursos nacionales impartidos en los últimos 5 años y de la cantidad de personas que han recibido los mismos se muestra en la tabla 1.

Por lo anterior, y teniendo en cuenta que el país carecía de un diseño armonizado de este tipo de cursos, necesidad que fue identificada e incluida en la Estrategia Nacional para crear Competencias en Protección y Seguridad Radiológica para el período 2015-2020, se decidió diseñar Cursos de Protección Radiológica para operadores de prácticas industriales en un formato único, cumpliendo con lo establecido en el Reglamento de Personal y con la carga horaria requerida por las guías de seguridad específicas para las prácticas.

### Diseño de los cursos de protección radiológica.

#### Aspectos formales

Se diseñaron los Cursos de Protección Radiológica para operadores de las prácticas de medidores nucleares en la industria, irradiación industrial, radiografía industrial y empleo de aceleradores para control aduanal, cada uno con una duración de 40 horas y uno para empleo de equipos de rayos X fijos en la industria con una duración de 20 horas.

Para cada uno de ellos se confeccionó un Expediente cuyo contenido cumple con lo establecido en la Resolución Nro. 19/2012-CITMA “Guía para el reconocimiento de la competencia de los Servicios de Cursos en materia de Protección Radiológica” de manera que quedasen preparados para presentar a la DSN la solicitud del Reconocimiento de Competencias.

Algunos de los aspectos formales que contiene cada uno de estos expedientes son:

- Datos generales de la entidad (nombre, organismo a la que pertenece, domicilio y representante legal),
- Características del curso: nombre del curso, modalidad, que se estableció como presencial, teórico – práctico, sus objetivos, general y específicos, así como su alcance que en todos los casos se dirigió a operadores, se estableció además la frecuencia de realización y su duración. Se definieron los requisitos de ingreso (en cada caso la vinculación a la práctica objeto del curso), las diferentes formas de organización y los medios de enseñanza a utilizar así como los materiales que se pondrán a disposición de los participantes.
- Sistema de evaluación que en todos los casos incluye actividades prácticas y examen escrito.
- Formato del certificado acreditativo, de la encuesta de satisfacción y de los registros que se llevarán en cada curso (planilla de solicitud de matrícula, datos de los participantes, control de asistencia y evaluaciones y resultados de la encuesta de satisfacción).

### Diseño de los cursos de protección radiológica.

#### Aspectos técnicos

Los cursos fueron diseñados de forma modular y para cada uno de ellos se desarrolló: el título de cada materia a impartir, su contenido y horas lectivas, las referencias bibliográficas y el Programa del Curso.

El contenido desarrollado para el Curso “Protección radiológica para la práctica de Irradiación Industrial” que tiene un total de 40 horas de duración, se presenta en la tabla 2.

**Tabla 1.** Cursos de Protección Radiológica para operadores de prácticas industriales impartidos entre los años 2016 y 2020.

Práctica	Cantidad de cursos impartidos	Total de participantes
Irradiación Industrial	2	16
Medidores Nucleares	1	32
Empleo de equipos de rayos X fijos (minería)	1	11
Empleo de equipos de rayos X para el control en fronteras	2	19

**Tabla 2.** Contenido del Curso “Protección radiológica para la práctica de Irradiación Industrial”

Título de la materia	Contenido
<b>I. Módulo introductorio</b>	
Empleo de equipos de rayos X fijos (minería)	Bienvenida e inauguración del curso. Presentación General. Organización. Objetivo. Presentación de los participantes.
Empleo de equipos de rayos X para el control en fronteras	Panorama en el ámbito internacional de la protección radiológica en la industria. Alcance del problema.
<b>II. Módulo de fundamentos de protección radiológica</b>	
Nociones sobre el fenómeno de la radiactividad.	Nociones sobre las radiaciones ionizantes. El átomo y su configuración. Fenómeno de la radiactividad. Partículas elementales y sus características. Nociones básicas de la interacción de las radiaciones con los materiales.
Magnitudes y Unidades en Protección Radiológica.	Concepto de actividad y periodo de semidesintegración radiactiva. Dosis absorbida. Dosis equivalente. Dosis efectiva. Magnitudes operacionales. Unidades del SI, conversión de unidades.

Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes.	Ionización. Efectos en el ámbito molecular, celular y en el organismo. Efectos deterministas, sus características. Efectos estocásticos, sus características. Efectos de la irradiación prenatal.
Tipos de fuentes y sus riesgos.	Radiación natural y artificial. Fuentes selladas y no selladas. Usos de fuentes radiactivas y equipos emisores de radiaciones ionizantes (investigación, medicina, industria, etc.) Categorización de las fuentes. Riesgos asociados.
Tipos de irradiadores	Empleo de la irradiación industrial. Instalaciones de irradiación de rayos gamma, categorías (I a IV) en función del diseño. Instalaciones de irradiación con generadores de radiaciones (haces de electrones y rayos X), categorías I y II.
Métodos de medición de las radiaciones.	Descripción básica del funcionamiento de los detectores para la medición de dosis y tasas de dosis: cámaras de ionización, contadores proporcionales, contadores Geiger Müller, contadores de centelleo y detectores semiconductores. Ejemplo de los usos más frecuentes. Detectores termoluminiscentes. Dosimetría TLD. Partes integrantes de un dosímetro TLD. Procedimiento general de trabajo de la dosimetría TLD, dosimetría de cuerpo entero, dosimetría de extremidades. Tipos de radiaciones para los que se utilizan los dosímetros TLD. Interpretación del reporte de dosis.
<b>III. Módulo filosofía de protección radiológica, normativa internacional. Normas nacionales y requisitos relativos a la práctica de Irradiación Industrial</b>	
Sistema Internacional de Protección Radiológica.	El papel de las organizaciones internacionales en la protección radiológica. Sistema Internacional de Protección Radiológica. Marco conceptual y objetivos de la protección radiológica. Normas Básicas Internacionales de Seguridad: Colección de Seguridad No. 115 v/s GSR parte 3. Requisitos internacionales como base de las regulaciones nacionales.
Legislación y marco regulador nacional.	Marco Regulador Nacional. Normativa nacional en protección radiológica aplicable a la práctica. Disposiciones jurídicas, técnicas y de procedimiento vigentes.
Requisitos generales relativos a la práctica.	Requisitos de protección radiológica. Requisitos administrativos. Requisitos de dirección y organización. Requisitos técnicos y de verificación.
Requisitos relativos al personal.	Requisitos de dotación del personal. Puestos de trabajo sujetos a licencias individuales. Requisitos a cumplir en los puestos de trabajo para obtener las licencias individuales. Responsabilidades del personal. Entrenamiento y cualificación.
Requisitos específicos de la exposición ocupacional.	Clasificación de las zonas de trabajo. Reglas y supervisión de locales. Cooperación entre los empleadores y titulares licenciados. Control de la exposición externa. Vigilancia radiológica y evaluación de la exposición individual. Monitores dosimétricos. Observancia de los límites de dosis. Procedimientos operacionales y de seguridad. Investigación de dosis anómalas. Vigilancia médica. Condiciones de servicio. Registros.
Requisitos específicos de la exposición del público.	Vías para la exposición del público. Vigilancia radiológica. Clausura de las instalaciones de irradiación al final de su vida útil. Gestión de fuentes radiactivas selladas en desuso. Información y señalización. Control de accesos. Procedimientos de seguridad.
Requisitos específicos de seguridad para la práctica de irradiación industrial.	Requisitos de diseño de las fuentes. Decaimiento y recambio de las fuentes. Seguridad de las fuentes y las instalaciones. Requisitos específicos para los irradiadores con almacenamiento en piscina. Requisitos de seguridad en el diseño de instalaciones de irradiación con rayos gamma y haces de electrones. Defensa en profundidad. Consideraciones para el diseño de los blindajes. Acceso a la cámara de irradiación y circuitos de enclavamiento. Sistemas estacionarios de monitoreo de área. Panel de control. Dispositivos de parada de emergencia. Ventilación. Sistemas de alarma y seguridad. Puesta en marcha y protocolos de verificación de los sistemas de seguridad. Requisitos operacionales y de seguridad. Mantenimiento.
Vigilancia radiológica en una instalación de irradiación. Evaluaciones radiológicas.	Ejercicio Práctico sobre vigilancia radiológica de zonas y puestos de trabajo y evaluación de dosis. Diseño de un programa de vigilancia radiológica. Mediciones de tasas de dosis. Selección adecuada del equipamiento, rangos de medición, procedimientos de medición e interpretación de las mediciones. Evaluaciones de dosis a partir del monitoreo radiológico de los puestos de trabajo.
Requisitos para el transporte de materiales radiactivos.	Requisitos para el transporte seguro de materiales radiactivos. Transporte de fuentes radiactivas selladas.
Sucesos radiológicos.	Preparación y respuesta a emergencias radiológicas. Causas y consecuencias de los sucesos radiológicos en la práctica. Lecciones aprendidas de los diferentes escenarios de sucesos radiológicos.
<b>IV. Programa de Protección Radiológica (PPR)</b>	
Cultura de seguridad.	Origen, definición y alcance del concepto de cultura de seguridad.
Programa de Protección Radiológica.	Programa de Protección Radiológica (PPR) para la práctica de irradiación industrial. Estructura, alcance y contenido del PPR. Estrategia de autorizaciones. Registros.
<b>V. Evaluación final</b>	
Análisis de temas de interés.	Consultas con los profesores.
Evaluación final. Discusión de la evaluación final. Revisión del cumplimiento de los objetivos. Realización de la encuesta final. Opiniones de los participantes.	

### Requisitos de Protección Radiológica durante las actividades prácticas de los cursos

Para cada curso diseñado se realizó la descripción del cumplimiento de los requisitos de protección radiológica en el caso del empleo de fuentes radiactivas en las actividades prácticas y la estimación de dosis que se prevea que reciban los estudiantes teniendo en cuenta que se pretende, siempre que sea posible, la realización de un ejercicio de medición y evaluación de la tasa de dosis equivalente ambiental para un escenario hipotético, que tiene como objetivo adicional la familiarización de los estudiantes con los procedimientos de medición y el empleo de los equipos de protección radiológica.

Un ejemplo de ello son los ejercicios planificados para el Curso "Protección radiológica para la práctica de Irradiación Industrial" con una duración total de 135 min, dividido en tres secciones de 45 minutos cada una. La primera para el diseño del programa de vigilancia radiológica, la segunda para las mediciones de tasas de dosis, que se realizarán por grupos y la tercera para la evaluación de los resultados obtenidos durante las mediciones.

Para ello se requerirá el acceso de los participantes del curso a las instalaciones radiactivas, para lo cual se coordinará la visita al lugar donde permanecen las fuentes con el titular de la instalación; los participantes en el curso deberán conocer con anterioridad las medidas de seguridad radiológica e industrial vigentes en la instalación, para lo cual se les proveerá de la información pertinente, el acceso se realizará en compañía de personal responsable de la instalación, preferiblemente, el Responsable de Protección Radiológica (RPR).

A pesar de que el acceso tiene objetivo de capacitación, se establecerán restricciones de dosis a recibir por los participantes las cuales deberán mantenerse en los niveles que para los miembros del público (en calidad de visitantes) están vigentes en la instalación y con este objetivo y con el de lograr que las dosis sean las más bajas posibles, los estudiantes permanecerán en la zona solo el tiempo imprescindible para realizar las mediciones y siempre bajo supervisión del personal autorizado.

De no lograrse el cumplimiento de estas medidas se realizará solamente un ejercicio de mesa.

### Conclusiones

Se diseñaron cursos para operadores de prácticas industriales de irradiación industrial, medidores nucleares, radiografía industrial y empleo de equipos de rayos X fijos con un formato y contenido único que garantizan el cumplimiento de los requisitos establecidos en el marco regulador nacional en materia de protección radiológica en lo relativo a los contenidos y las cargas horarias de la capacitación.

Para cada curso diseñado se confeccionó un expediente que incluyó el programa, las materias a impartir con sus contenidos así como la bibliografía que debe ser utilizada en cada caso. Se establecieron además, los requisitos que permitan garantizar la protección radiológica de los participantes en el curso durante la realización de las actividades prácticas.

### Recomendaciones

Se recomienda la presentación de los cursos diseñados a evaluación de la Dirección de Seguridad Nuclear para la obtención del Reconocimiento de competencias.

### Referencias bibliográficas

- [1]. Colectivo de autores. Protección radiológica en la aplicación de las técnicas nucleares, CPHR y CNSN. La Habana, 2002.
- [2]. Decreto Ley No. 207. Sobre el uso de la energía nuclear" de 14 de febrero del 2000, publicado en la Gaceta Oficial Ordinaria No. 20 de 17 de febrero de 2000.
- [3]. CITMA. Guía de Seguridad para la práctica de Medidores Nucleares. Resolución Nro. 15/2012 del CITMA.
- [4]. CITMA. Guía de seguridad para la práctica de radiografía industrial. Resolución Nro. 7/2015 del CITMA.
- [5]. CITMA-MINSAP. Reglamento para la selección, capacitación y autorización del personal que realiza prácticas asociadas al empleo de radiaciones ionizantes. Gaceta Oficial de la República. Resolución Conjunta CITMA – MINSAP. Marzo, 2004.
- [6]. CITMA. Guía para el reconocimiento de la competencia de los Servicios de Cursos en materia de Protección Radiológica. Resolución Nro. 19/2012 del CITMA.
- [7]. Estrategia Nacional para crear Competencias en Protección y Seguridad Radiológica. 2015 – 2020.

**Recibido:** 15 de julio de 2021

**Aceptado:** 24 de septiembre de 2021

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses en la realización, ni la comunicación del presente trabajo.

**CRedit / Gestión de proyectos:** Niurka González Rodríguez. **Análisis formal:** Niurka González Rodríguez, Isis Ma. Fernández Gómez, Mercedes Salgado Mojena, Dayana Ramos Machado. **Conceptualización:** Niurka González Rodríguez, Isis Ma. Fernández Gómez, Mercedes Salgado Mojena, Dayana Ramos Machado. **Conservación de datos:** Niurka González Rodríguez. **Redacción - primera redacción:** Niurka González Rodríguez. **Redacción - revisión y edición:** Niurka González Rodríguez, Isis Ma. Fernández Gómez, Mercedes Salgado Mojena, Dayana Ramos Machado. **Investigación:** Niurka González Rodríguez, Isis Ma. Fernández Gómez, Mercedes Salgado Mojena, Dayana Ramos Machado. **Metodología:** Niurka González Rodríguez, Isis Ma. Fernández Gómez, Mercedes Salgado Mojena, Dayana Ramos Machado. **Obtención de financiación:** Niurka González Rodríguez, Isis Ma. Fernández Gómez, Mercedes Salgado Mojena, Dayana Ramos Machado. **Recursos:** Niurka González Rodríguez, Isis Ma. Fernández Gómez, Mercedes Salgado Mojena, Dayana Ramos Machado. **Supervisión:** Niurka González Rodríguez. **Validación:** Niurka González Rodríguez, Isis Ma. Fernández Gómez, Mercedes Salgado Mojena, Dayana Ramos Machado. **Visualización:** Niurka González Rodríguez.