

**Programas de formación  
especializada y capacitación  
específica para el  
licenciamiento de personal  
de instalaciones radiactivas  
Clase I**

---

GUÍA AR 10

REVISIÓN 0

Aprobada por Resolución  
ARN N° 3/04



*Autoridad Regulatoria Nuclear*

DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

---

República Argentina – 2004

**AUTORIDAD REGULATORIA NUCLEAR**  
Av. del Libertador 8250  
(C1429BNP) Ciudad Autónoma de Buenos Aires, ARGENTINA  
Tel.: (011) 6323-1356  
Fax: (011) 6323-1771/1798  
<http://www.arn.gov.ar>

# PROGRAMAS DE FORMACIÓN ESPECIALIZADA Y CAPACITACIÓN ESPECÍFICA PARA EL LICENCIAMIENTO DE PERSONAL DE INSTALACIONES RADIATIVAS CLASE I

## PREFACIO

La presente guía formula recomendaciones en relación con programas de examen para acreditar la formación especializada y la capacitación específica requeridas para la obtención de licencias individuales y autorizaciones específicas respectivamente del personal que desempeña funciones especificadas en instalaciones radiactivas clase I.

Los contenidos de los programas sugeridos deben considerarse de carácter mínimo.

La información presentada en esta guía no tiene carácter obligatorio y puede ser utilizada para facilitar el cumplimiento - en lo que a instalaciones radiactivas clase I se refiere - de la norma AR 0.11.1 "Licenciamiento de Personal de Instalaciones Clase I" (en sus distintas revisiones).

## RECOMENDACIONES

### CARACTERÍSTICAS DE LOS PROGRAMAS DE EXAMEN

1. Los programas de formación especializada están divididos en dos niveles según la función genérica de que se trate:

#### Nivel 1:

Jefe de la Instalación  
Jefe de Operaciones  
Jefe de Radioprotección

#### Nivel 2:

Operador  
Oficial de Radioprotección  
Jefe de Mantenimiento

2. Para asignar niveles a funciones genéricas de otras instalaciones que tengan una denominación distinta a las indicadas en el punto N°1, deben considerarse funciones de responsabilidad equivalente.

3. Los programas de capacitación específica están divididos según la función especificada de que se trate.

## PROGRAMAS DE EXAMEN RECOMENDADOS (Contenidos mínimos)

### Formación Especializada - Nivel 1

1. Estructura del átomo, dimensiones, características, número atómico, número de masa. Nucleidos, isótopos, isóbaros, isómeros. Equivalencia masa-energía. Energía de unión.
2. Radiactividad: Desintegración nuclear y energía de desintegración; constante de desintegración; período de semidesintegración. Radiactividad natural: series de decaimiento.
3. Emisión alfa, beta (positiva y negativa), neutrinos; captura electrónica, rayos x característicos; transición isomérica; emisión gamma; conversión interna; electrones Auger; tabla de nucleidos.
4. Actividad, magnitudes y unidades, leyes de desintegración, actividad específica; esquemas de desintegración, curva de mezcla de nucleidos, relación madre-hija y la implicancia de diferentes períodos; ecuaciones de Bateman; radiactividad artificial.
5. Conceptos generales; ionización, ionización específica, excitación, frenamiento.
6. Interacción de la radiación directamente ionizante: interacción elástica e inelástica con núcleos y electrones; *bremstrahlung* (frenamiento) y su dependencia con el número atómico; ley de Bragg.
7. Interacción de la radiación electromagnética: efectos fotoeléctrico, Compton y de formación de pares; coeficiente de atenuación, hemiespesor, factor de *build-up*; radiación de aniquilamiento.
8. Interacción de neutrones: reacciones nucleares, dispersión elástica e inelástica, atenuación de un haz de neutrones.
9. Modelo de núcleo compuesto. Sección eficaz. Fisión. Energía liberada, rendimiento. Fusión.
10. Detectores por ionización: detectores gaseosos; cámara de ionización; contador proporcional; tubo Geiger-Müller. Detectores semiconductores.
11. Detectores por excitación: Detectores inmediatos: centelladores sólidos y líquidos; fotomultiplicadores. Detectores retardados: termoluminiscentes (TLD) y por emulsión fotográfica (film).
12. Detectores de neutrones: gaseosos y sólidos por reacción  $(n;\gamma)$ ,  $(n;\alpha)$  y por fisión.
13. Objetivos de la protección radiológica. Evolución de los conceptos de protección radiológica. Conceptos de riesgo y detrimento. Criterios actuales de protección radiológica: justificación, optimización y limitación de la dosis individual. Radiodosimetría. Bases radiobiológicas. Magnitudes y unidades. Efectos de la radiación en el hombre. Efectos inmediatos. Efectos tardíos. Límites de dosis. Clasificación de áreas de trabajo. Contaminación interna (dosimetría, cálculos). Irradiación externa (dosimetría, cálculos). Conducta en caso de emergencia. Intervención. Protección radiológica del público. Criterios generales para la limitación de descarga de efluentes radiactivos al ambiente. Limitación de la dosis en el grupo crítico, identificación de las vías.
14. Principios de criticidad. Modelo del núcleo compuesto. Sección eficaz. Fisión. Energía liberada por la fisión. Factores que afectan a la criticidad: homogeneidad, dilución, absorbentes, moderadores, geometría. Ejemplos de problemas de interacción. Consecuencias radiológicas y su mitigación ante un accidente de criticidad. Parámetros característicos de un accidente, características de una excursión crítica, riesgo asociado a un accidente de criticidad, detección de excursiones críticas y acciones a seguir.
15. Seguridad convencional que puede afectar a la seguridad radiológica y nuclear. Concepto de accidente y lesión. Riesgo personal. Riesgo en las instalaciones. Elementos de protección personal. Seguridad de las instalaciones. Incendio y explosión. Accidentes con lesiones.

16. Cálculo de blindaje para una fuente puntual gamma monoenergética. Fuentes multienergéticas. Dispersión y reenfoque. Factor de *build-up*. Radiación dispersa.
17. Blindaje para fuentes beta. Radiación de frenamiento. Selección de materiales. Consideraciones sobre fuentes alfa.
18. Elementos de manipulación a distancia. Telemanipuladores, visión indirecta. Ventanas y periscopios. Celdas calientes.
19. Física de aerosoles. Aerosoles por fragmentación y por condensación. Velocidad de sedimentación. Filtros. Prueba de filtros.
20. Sistemas de ventilación. Eliminación de fumantes y aerosoles. Ventilación de celdas calientes. Campanas para gases.
21. Gestión de residuos radiactivos, criterios aplicables de protección radiológica. Alternativas de gestión y disposición final.
22. Transporte seguro de material radiactivo. Reglamento, propósito y aplicación. Embalajes. Actividades límites.
23. Cultura de la seguridad. Características: conciencia individual, conocimientos y competencia, compromiso, motivación, supervisión, responsabilidad. Elementos básicos en la actitud de un individuo (actitud crítica, enfoque riguroso, comunicación).

## **Formación Especializada - Nivel 2**

1. Constitución de la materia: estructura del átomo, dimensiones, características, número atómico, número de masa. Nucleidos, isótopos, isóbaros, isómeros, Equivalencia masa-energía. Energía de unión.
2. Elementos de radiactividad. Desintegración nuclear. Tipos de desintegración (alfa; beta positiva y negativa; gamma). Tabla de nucleidos. Ley de decaimiento exponencial. Constante de desintegración; período de semidesintegración y vida media.
3. Actividad, magnitudes y unidades, actividad específica, transformaciones radiactivas sucesivas, equilibrio radiactivo. Series radiactivas naturales. Nucleidos artificiales.
4. Interacción de la radiación con la materia, conceptos generales; ionización específica; excitación; frenamiento; sección eficaz; camino libre medio. Interacción de la radiación directamente ionizante. Interacción de la radiación electromagnética. Interacción de neutrones.
5. Detección y medición de las radiaciones. Detectores gaseosos: cámara de ionización, contadores proporcionales, tubos Geiger-Müller. Detectores de centelleo, termoluminiscentes (TLD) y de emulsión fotográfica (film).
6. Protección radiológica. Criterios: justificación, optimización y limitación de la dosis individual. Limitación de dosis en el grupo crítico. Magnitudes y unidades de aplicación en protección radiológica. Dosimetría. Efectos biológicos. Efectos inmediatos. Efectos tardíos. Límites de dosis. Clasificación de los lugares de trabajo, áreas controladas y supervisadas. Condiciones para el acceso y permanencia. Contaminación interna e irradiación externa. Protección personal. Conducta en caso de emergencia.
7. Principios de criticidad. Modelo del núcleo compuesto. Sección eficaz. Fisión. Energía liberada por la fisión. Factores que afectan a la criticidad: homogeneidad, dilución, absorbentes, moderadores, geometría. Ejemplos de problemas de interacción. Consecuencias radiológicas y mitigación de un accidente de criticidad. Parámetros característicos de un accidente, características de una excursión crítica, riesgo asociado a un accidente de criticidad, detección de excursiones críticas y acciones a seguir.

8. Seguridad convencional que puede afectar a la seguridad radiológica y nuclear. Concepto de accidente y lesión. Riesgo personal. Riesgo de las instalaciones. Elementos de protección personal. Protección de las instalaciones. Incendio y explosión. Accidentes con lesiones.
9. Concepto y cálculos elementales de blindaje para fuentes gamma. Factor de multiplicación. Blindaje para radiación beta. Elección de materiales absorbentes.
10. Telemanipuladores. Ventanas. Visión indirecta. Celdas calientes.
11. Física de aerosoles. Tipos de aerosoles. Filtros. Sistemas de ventilación de celdas calientes. Campanas para gases.
12. Gestión de residuos radiactivos, criterios aplicables de protección radiológica. Alternativas de gestión y disposición final.
13. Transporte seguro de material radiactivo. Reglamento. Embalajes. Actividades límites.
14. Cultura de la seguridad. Características: conciencia individual, conocimientos y competencia, compromiso, motivación, supervisión, responsabilidad. Elementos básicos en la actitud de un individuo (actitud crítica, enfoque riguroso, comunicación).

### **Capacitación Específica - Jefe de la Instalación**

1. Misiones y funciones correspondientes a su función especificada.
2. Distribución de la instalación (*layout*); zonificación; recorrido del material radiactivo durante los procesos en la instalación.
3. Procesos y secuencia de las operaciones. Riesgo involucrado en el trabajo.
4. Características particulares del blindaje de las instalaciones.
5. Conocimiento de los límites de descarga establecidos para los efluentes generados en los distintos procesos. Sistemas de monitoreo de efluentes.
6. Parámetros fundamentales para el control de la criticidad. Seguridad por diseño, controles administrativos.
7. Características de los sistemas de extracción e inyección de aire y de las barreras de retención, de los sistemas de alimentación eléctrica y de los componentes mecánicos instalados.
8. Fundamentos del mantenimiento preventivo y correctivo. Programa rutinario de mantenimiento. Frecuencia y tipo de controles periódicos.
9. Monitoreo de área e individual. Características y ubicación de los distintos monitores. Equipos de protección radiológica.
10. Procedimientos para el manejo de los residuos radiactivos generados en la operación de la instalación.
11. Alarmas. Clasificación y reconocimiento de las mismas, acciones a tomar.
12. Identificación de las situaciones anormales que podrían ocasionar una liberación de material radiactivo, contramedidas a adoptar; previsiones de diseño u operación.
13. Conocimiento y capacidad para la instrucción del personal sobre los procedimientos de operación y de protección radiológica a aplicar.

14. Documentación mandatoria: licencia de operación, informe de seguridad, código de prácticas, manual de operación, manual de mantenimiento, plan de monitoreo, plan de emergencia. Normas regulatorias de protección radiológica y seguridad, salvaguardias y protección física aplicables a la instalación.

### **Capacitación Específica - Jefe de Operaciones**

1. Misiones y funciones correspondientes a su función especificada.
2. Distribución de la instalación (*layout*); zonificación; recorrido del material radiactivo durante los procesos de la instalación.
3. Procesos y secuencia de las operaciones. Riesgo involucrado en el trabajo.
4. Características particulares del blindaje de las instalaciones.
5. Límites de descarga establecidos para los efluentes generados en los distintos procesos. Sistemas de monitoreo de efluentes.
6. Parámetros fundamentales para el control de la criticidad. Seguridad por diseño, controles administrativos.
7. Características de los sistemas de extracción e inyección de aire y de las barreras de retención, de los sistemas de alimentación eléctrica y de los componentes mecánicos instalados.
8. Programa rutinario de mantenimiento preventivo. Frecuencia y tipo de controles periódicos.
9. Monitoreo de área e individual. Características y ubicación de los distintos monitores. Equipos de protección radiológica.
10. Procedimientos para el manejo de los residuos radiactivos generados en la operación de la instalación.
11. Alarmas. Clasificación y reconocimiento de las mismas, acciones a tomar.
12. Identificación de las situaciones anormales que podrían ocasionar una liberación de material radiactivo, contramedidas a adoptar; previsiones de diseño u operación.
13. Conocimiento y capacidad para la instrucción del personal sobre los procedimientos de operación a aplicar.
14. Documentación mandatoria: licencia de operación, informe de seguridad, código de prácticas, manual de operación, manual de mantenimiento, plan de emergencia. Normas regulatorias de protección radiológica y seguridad, salvaguardias y protección física aplicables a la instalación.

### **Capacitación Específica - Jefe de Mantenimiento**

1. Misiones y funciones correspondientes a su función especificada.
2. Distribución de la instalación (*layout*); zonificación; recorrido del material radiactivo durante los procesos en la instalación.
3. Características de los sistemas de extracción e inyección de aire y de las barreras de retención, de los sistemas de alimentación eléctrica y de los componentes mecánicos instalados.

4. Fundamento del mantenimiento preventivo y correctivo. Programa rutinario de mantenimiento y de los requerimientos de protección radiológica para efectuarlo. Frecuencia y tipo de controles periódicos.
5. Alarmas. Clasificación y reconocimiento de las mismas, acciones a tomar.
6. Identificación de las situaciones anormales que podrían ocasionar una liberación de material radiactivo, contramedidas a adoptar; previsiones de diseño u operación.
7. Documentación mandatoria: licencia de operación, código de prácticas, manual de mantenimiento, plan de emergencia. Normas regulatorias de protección radiológica y seguridad, salvaguardias y protección física aplicables a la instalación.

### **Capacitación Específica - Jefe de Radioprotección**

1. Misiones y funciones correspondientes a su función especificada.
2. Distribución de la instalación (*layout*); zonificación; recorrido del material radiactivo durante los procesos en la instalación.
3. Procesos y secuencia de las operaciones. Riesgo involucrado en el trabajo.
4. Características particulares del blindaje de las instalaciones.
5. Límites de descarga establecidos para los efluentes generados en los distintos procesos. Sistemas de monitoreo de efluentes.
6. Parámetros fundamentales para el control de la criticidad. Seguridad por diseño, controles administrativos.
7. Características de los sistemas de extracción e inyección de aire y de las barreras de retención, de los sistemas de alimentación eléctrica y de los componentes mecánicos instalados. Programa rutinario de mantenimiento preventivo. Frecuencia y tipo de controles periódicos.
8. Monitoreo de área e individual. Características y ubicación de los distintos monitores. Interpretación de los resultados. Equipos de protección radiológica.
9. Detalle de los procedimientos para el manejo de los residuos radiactivos generados en la operación de la instalación.
10. Alarmas. Clasificación y reconocimiento de las mismas y acciones a tomar.
11. Identificación de las situaciones anormales que podrían ocasionar una liberación de material radiactivo, contramedidas a adoptar; previsiones de diseño u operación.
12. Conocimiento y capacidad para la instrucción del personal sobre los procedimientos de protección radiológica a aplicar.
13. Operaciones de descontaminación de superficies y personas.
14. Documentación mandatoria: licencia de operación, informe de seguridad, código de prácticas, plan de monitoreo y plan de emergencia. Normas regulatorias de protección radiológica y seguridad, salvaguardias y protección física aplicables a la instalación.

### **Capacitación Específica - Operador**

1. Misiones y funciones correspondientes a su función especificada.
2. Distribución de la instalación (*layout*); zonificación; recorrido del material radiactivo durante los procesos en la instalación.
3. Procesos y secuencia de las operaciones. Riesgo involucrado en el trabajo y requerimientos de protección radiológica para desarrollar sus tareas.
4. Características particulares del blindaje de las instalaciones.
5. Límites de descarga establecidos para los efluentes generados en los distintos procesos.
6. Parámetros fundamentales para el control de la criticidad. Seguridad por diseño, controles administrativos.
7. Características de los sistemas de extracción e inyección de aire y de las barreras de retención, de los sistemas de alimentación eléctrica y de los componentes mecánicos instalados.
8. Alarmas. Clasificación y reconocimiento de las mismas, acciones a tomar.
9. Identificación de las situaciones anormales que podrían ocasionar una liberación de material radiactivo, contramedidas a adoptar; previsiones de diseño u operación.
10. Documentación mandatoria: licencia de operación, código de prácticas, manual de operación, plan de emergencia. Normas regulatorias de protección radiológica y seguridad, salvaguardias y protección física aplicables a la instalación.

### **Capacitación Específica - Oficial de Radioprotección**

1. Misiones y funciones correspondientes a su función especificada.
2. Distribución de la instalación (*layout*); zonificación; recorrido del material radiactivo durante los procesos en la instalación.
3. Procesos y secuencia de las operaciones. Riesgo involucrado en el trabajo.
4. Características particulares del blindaje de las instalaciones.
5. Límites de descarga establecidos para los efluentes generados en los distintos procesos. Sistemas de monitoreo de efluentes.
6. Parámetros fundamentales para el control de la criticidad. Seguridad por diseño, controles administrativos.
7. Características de los sistemas de extracción e inyección de aire y de las barreras de retención, de los sistemas de alimentación eléctrica y de los componentes mecánicos instalados.
8. Programa rutinario de mantenimiento preventivo. Frecuencia y tipo de controles periódicos.
9. Monitoreo de área e individual. Características y ubicación de los distintos monitores. Interpretación de los resultados. Equipos de protección radiológica.
10. Procedimientos para el manejo de los residuos radiactivos generados en la operación de la instalación.
11. Alarmas. Clasificación y reconocimiento de las mismas, acciones a tomar.

12. Identificación de las situaciones anormales que podrían ocasionar una liberación de material radiactivo al ambiente, contramedidas a adoptar; previsiones de diseño u operación.

13. Conocimiento para la instrucción del personal sobre los procedimientos de protección radiológica a aplicar.

14. Operaciones de descontaminación de superficies y personas.

15. Documentación mandatoria: licencia de operación, código de prácticas, plan de monitoreo, plan de emergencia. Normas regulatorias de protección radiológica y seguridad, salvaguardias y protección física aplicables a la instalación.