



CAPÍTULO 8  
**EMERGENCIAS RADIOLÓGICAS**

INTERVENCIONES

PLAN DE EMERGENCIA

ESCALA INTERNACIONAL DE SUCESOS NUCLEARES

ASESORAMIENTO MÉDICO

SISTEMA DE INTERVENCIÓN EN EMERGENCIAS RADIOLÓGICAS  
DE LA ARN

## CAPÍTULO 8

**EMERGENCIAS RADIOLÓGICAS**

En materia de emergencias radiológicas es importante remarcar que, el Decreto reglamentario de la Ley N° 24.804 establece, en su artículo 16, inciso o, que "a efectos de un mejor cumplimiento de sus funciones la Autoridad Regulatoria Nuclear deberá aprobar planes de contingencia para el caso de accidentes nucleares, programas para enfrentar emergencias y en los casos necesarios el correspondiente entrenamiento de trabajadores y vecinos. Dichos planes deberán prever una activa participación de la comunidad. Las Fuerzas de Seguridad y los representantes de instituciones civiles de la zona abarcada por tales procedimientos deberán responder al funcionario que, a tales efectos, designe la Autoridad Regulatoria Nuclear, organismo que a tales efectos se considera como órgano regulador en los términos del Artículo 8° de la Convención sobre Seguridad Nuclear, aprobada por Ley N° 24.776."

La reglamentación de la citada ley por un lado ratifica funciones de la ARN en casos de emergencias originadas en accidentes nucleares o radiológicos y, por otro, introduce cambios en la legislación que sustenta el accionar de la ARN al mismo tiempo que le asigna nuevas responsabilidades.

**ASPECTOS BÁSICOS**

Durante el desarrollo normal de una práctica, las exposiciones a radiaciones ionizantes producen dosis muy bajas que se reciben en forma planificada y controlada. Las dosis, siempre se mantienen por debajo de las restricciones establecidas y, además, las prácticas que se realizan tratando que aquéllas resulten tan bajas como sea razonablemente alcanzable, teniendo en cuenta factores sociales y económicos. Sin embargo, es posible que no todas las exposiciones se produzcan según lo previsto. Las fallas inesperadas de equipos, los errores de operación u otros eventos, que producen desviaciones de la operación y procedimientos normales, pueden llegar a generar exposiciones no planificadas ni controladas. Aunque no es posible pronosticarlos de forma detallada, algunos de estos sucesos son previsibles y con una cierta probabilidad de suceder que se puede estimar. En estos casos se está frente a las denominadas exposiciones potenciales.

Una exposición potencial es toda exposición que no es esperada que ocurra con certeza, pero que puede darse en una situación accidental que involucre a fuentes de radiación, debido a un evento o secuencia de eventos de naturaleza probabilística, incluyendo fallas de equipos y errores de operación.

Una de las condiciones necesarias, pero no suficiente, para que se dé una exposición potencial es un accidente. Éste se puede definir como toda situación generada por eventos no deseados, cuyas consecuencias o potenciales consecuencias no son despreciables desde el punto de vista de la protección o de la seguridad radiológica.

Pese a su carácter netamente probabilístico, los accidentes y situaciones de emergencia, al ser causantes de exposiciones potenciales, se deben considerar a la hora de evaluar las implicancias radiológicas de una práctica. En esa evaluación, la optimización de la protección, es uno de los principios fundamentales en que se basa la protección radiológica. Este principio indica que dada una determinada fuente,

asociada a una práctica en particular, las dosis individuales, el número de personas y la probabilidad de que se produzca una exposición, cuando no se tenga certeza de que ésta se vaya a recibir (como es el caso de las exposiciones potenciales) deberán mantenerse tan bajas como razonablemente sea alcanzable, teniendo en cuenta factores económicos y sociales.

En ese sentido, la actividad regulatoria de la Autoridad Regulatoria Nuclear, en relación a las exposiciones potenciales, está basada en la **prevención** y en la preparación para la **mitigación**.

La prevención se aplica desde la etapa de diseño y construcción de las instalaciones y, luego, continúa durante la operación normal. La actividad regulatoria aquí, apunta a reducir concretamente la probabilidad de que se produzcan sucesos que pudieran provocar o aumentar las exposiciones a la radiación. Esto incluye tanto el mantenimiento de la confiabilidad de los sistemas de operación y seguridad como los procedimientos de trabajo asociados.

La actividad regulatoria relacionada con la mitigación, se realiza contemplando la exigencia de sistemas tecnológicos (v. gr., el sistema de contención que poseen las centrales nucleares) como así también la situación posterior al accidente (exigencia de un plan de emergencia).

La actividad regulatoria en particular durante la etapa de diseño y luego durante la etapa de operación es fundamental, dado que así es posible imponer (y luego fiscalizar) la adopción de medidas en la concepción, el diseño y la construcción de los sistemas tecnológicos de operación y de seguridad, en los procedimientos de operación, etc.) que servirán para reducir la probabilidad de un accidente con consecuencias radiológicas, de forma que la intervención nunca llegue a ser necesaria.

Pero aún los eventos con una baja probabilidad de suceder, lamentablemente puede llegar a ocurrir. Es entonces cuando debe recurrirse a la intervención para mitigar las consecuencias.

La intervención se puede definir como toda acción que se implemente para: reducir o evitar exposiciones a fuentes radiactivas que no forman parte de prácticas controladas o que se encuentran fuera de control (como ser algunas de las consecuencias de un accidente), recobrar el control de la situación anormal y adoptar las medidas necesarias para restablecer la normalidad. Ciertas acciones de intervención están previstas y se denominan **contramedidas**.

Existen situaciones donde la intervención se realiza sobre la fuente de radiación y otras donde no se podrá aplicar a la fuente pero sí sobre el medio ambiente y la libertad de movimiento de los individuos.

Las contramedidas que compongan el programa de intervención, que siempre conllevarán algún inconveniente, se deberán justificar en el sentido de que supongan más beneficios que perjuicios. Su forma, alcance y duración se deberán optimizar con el fin de maximizar el beneficio neto. Por otra parte se deberán determinar niveles de dosis de radiación de intervención para determinar la necesidad de implementar acciones. Estos niveles no deben ser tratados como límites y sí como valores a los cuales, si se alcanzan, es recomendable implementar una dada contramedida.

Como ya se mencionó existen situaciones durante las cuales las fuentes radiactivas quedan fuera de control, es decir las radiaciones que emiten pueden llegar a afectar a las personas dado que superan las barreras de control impuestas en el diseño de las instalaciones o dispositivos para aplicación de radionucleidos. En ciertos casos sólo se pierde la capacidad de controlar los dispositivos que regulan

la radiación proveniente de las fuentes: ejemplo, fuentes encapsuladas intactas pero con problemas en los mecanismos de control y blindaje. En otros, las fuentes pierden su integridad física y se produce dispersión del material radiactivo, lo que suma a la exposición una posibilidad de contaminación radiactiva. Los involucrados en accidentes pueden ser los propios operadores que llevan a cabo la práctica o personas del público.

Más allá de las consecuencias radiológicas concretas, el tema radiológico tiene un fuerte impacto en la opinión pública. Esto se contempla a la hora de preparar las intervenciones y durante su aplicación, se tiene especial cuidado en la perturbación social que el tema radiológico o nuclear produce en la población, el cual la mayoría de las veces suele ser mayor que el daño radiológico asociado a un accidente.

### TIPOS DE ACCIDENTES O EMERGENCIAS RADIOLÓGICAS

Existe una variedad de accidentes con consecuencias radiológicas posibles. Estos, según el lugar del hecho, pueden agruparse como sigue:

- ✓ En instalaciones radiactivas: fuentes de radiación, materiales radiactivos de uso médico, industrial y comercial.
- ✓ En instalaciones nucleares: centrales nucleares y otras instalaciones del ciclo de combustible e investigación y desarrollo.
- ✓ Durante el transporte de material radiactivo: fuentes de diverso tipo y sustancias conteniendo material radiactivo.

Los accidentes más frecuentes, para los cuales hay que planificar la respuesta a la emergencia, suelen ocurrir en instalaciones no nucleares. Comprenden a eventos relacionados con el manejo o gestión de fuentes durante su aplicación, tales como pérdidas, daño en la integridad del blindaje, derrames o emisiones durante la fabricación o uso, etc. La extensión temporal y espacial de este tipo de accidentes es generalmente limitada, en relación con un accidente de importancia en una instalación nuclear. No obstante, la experiencia internacional ha demostrado que también pueden resultar en una irradiación significativa de miembros del público e incluso provocar irradiaciones agudas. Es importante recordar que, en el historial internacional de la industria nuclear, el número de personas irradiadas por fuentes radiactivas perdidas es casi igual al de personas irradiadas en accidentes en centrales nucleares. Lo mismo se puede decir del total de muertos por irradiación accidental.

En el otro extremo están los accidentes relacionados con las centrales nucleares. Los accidentes graves en este tipo de instalaciones pueden generar irradiación a personas dentro del propio emplazamiento y a miembros del público. Esto último sucede cuando se pierde la integridad de la contención y se liberan radionucleidos al medio ambiente, con la consecuente exposición a la población en los alrededores de la instalación.

En el caso de pérdida de fuentes o accidentes en el transporte de materiales radiactivos, sólo es posible una planificación genérica ya que no puede conocerse con anticipación el sitio de la emergencia.

La gran variedad de situaciones impide utilizar un solo tipo de accidente o secuencia de sucesos para servir de base al desarrollo de planes de actuación. Los planes de respuesta a la emergencia contemplan los eventos accidentales más probables y sus consecuencias asociadas, pero la efectividad de las

acciones de mitigación se basan en la actuación y evaluación por parte de personas expertas en la materia durante el mismo desarrollo de los eventos.

## INTERVENCIONES

La intervención como respuesta a una emergencia tiene como objetivo:

- ✓ Conducir la situación provocada por el accidente.
- ✓ Estimar las consecuencias potenciales.
- ✓ Introducir las contramedidas necesarias para evitar o mitigar las consecuencias radiológicas, o derivadas de ellas, en los individuos y el ambiente.
- ✓ Tomar las acciones tendientes a restablecer la situación al estado previo al accidente.

Este detalle de acciones, es de carácter general. Sin embargo, existen instalaciones donde a priori se sabe que las consecuencias de un accidente serán de poca importancia por lo que las acciones previstas para una situación accidental son sumamente sencillas. Las instalaciones menores, poseen reglas simples de intervención y, en general, las consecuencias de un accidente estarán circunscriptas al interior de las mismas.

Distinto es el caso de las instalaciones relevantes, donde, debido a su mayor potencial impacto radiológico a los trabajadores y público, se confeccionan planes de emergencias que contemplan las acciones en el interior y exterior de la instalación.

## PLAN DE EMERGENCIA

Un plan de emergencia es un conjunto de procedimientos que se deben implementar en el caso de un accidente. El plan debe ser lo suficientemente flexible de manera tal de poder adaptarse a la situación real dado que ésta, en general, diferirá de una situación accidental de referencia.

El plan de emergencia es requerido por Licencia a las instalaciones relevantes. Para las prácticas menores se solicitan procedimientos de emergencia que tiendan a contrarrestar secuencias accidentales y sus consecuencias. Las instalaciones relevantes deben tener un plan que contemple emergencias internas y, según el tamaño de la instalación y las consecuencias de las situaciones accidentales que puedan darse, también debe tener un plan que contemple emergencias con consecuencias en el exterior de esas instalaciones.

Las Entidades Responsables de estas instalaciones, deben elaborar, implementar y mantener actualizado el plan de emergencia y establecer distintos acuerdos con las autoridades públicas pertinentes para que el Responsable Primario de la instalación, en el caso de una emergencia, disponga transitoriamente de la autoridad necesaria para conducir las acciones de implementación de las contramedidas de aplicación automática en el exterior de la instalación.

Tanto la elaboración de los planes de emergencia como su mantenimiento operativo e implementación requieren un substancial compromiso de recursos económicos y humanos, por lo que la selección del alcance de dichos planes conlleva importantes implicancias prácticas.

La experiencia ha identificado varias áreas clave en la planificación de emergencias. La primera es la capacidad de reconocimiento del hecho del accidente y de la necesidad de acciones de emergencia.

Esto es relativamente sencillo si el accidente ocurre dentro de una instalación importante, pero situaciones de peligro producidas por la pérdida o mal uso de una fuente radiográfica han sido difíciles de reconocer. El segundo problema es la necesidad de una rápida adquisición e interpretación de datos. Es evidente que estos se deberán recoger en la zona afectada por el accidente. En tercer lugar, los datos interpretados tienen que llevar a decisiones y acciones o a la conclusión convincente de que no se requiere ninguna acción.

La cuarta área está relacionada con las comunicaciones durante la evolución del accidente. Tanto en relación con la operatoria de los grupos de respuesta y la población afectada como a los aspectos de transmisión de información para llevar tranquilidad a la población, en sectores alejados del área de emergencia.

### PLANES DE EMERGENCIA DE LAS CENTRALES NUCLEARES

Dada su importancia, se detallan las características de los planes de emergencia de las centrales nucleares. Este documento reúne la información sobre la organización de la instalación para hacer frente a una situación accidental. Se aplica como guía para las acciones que el personal de la central debe realizar en dichas situaciones. Asimismo, su efectividad se evalúa obligando la realización anual de Ejercicios de aplicación del plan de emergencia (simulacros), y las enseñanzas de los mismos son incorporados en las sucesivas revisiones del documento. Los requerimientos de la ARN sobre este documento establecen que el mismo tiene que cumplir con los siguientes criterios:

- ✓ Organizaciones y sus responsabilidades

El plan de emergencia debe:

- Detallar los acuerdos realizados con las autoridades públicas para la implementación de las contramedidas.
- Especificar cuales son las organizaciones encargadas de la puesta en práctica de las distintas contramedidas, sus responsabilidades y sus relaciones funcionales.
- Establecer la composición, las responsabilidades y las funciones específicas del Comité Interno de Control de Emergencias, su lugar de reunión y su centro de repliegue fuera de la central.

Las contramedidas se aplican para tratar de evitar efectos agudos de la radiación y altas probabilidades de efectos estocásticos, y para minimizar las bajas probabilidades de efectos estocásticos. Las contramedidas de aplicación automática deben prepararse siempre que exista un riesgo inminente de emisión de material radiactivo al ambiente. Las mismas son, según corresponda:

- Control del acceso y egreso en la zona potencialmente afectada.
- Búsqueda de refugio (en las viviendas con ventanas y puertas cerradas, protección respiratoria simple y ventilación posterior al pasaje de la nube radiactiva).
- Distribución de pastillas de yoduro de potasio a fin de lograr el bloqueo de tiroides con yodo no-radiactivo.

Además de las anteriores, existen contramedidas que surgen de evaluar las mediciones realizadas en el lugar del accidente. Las mismas son:

- Control de acceso y egreso en la zona afectada.
- Evacuación.

- Restricción al consumo de alimentos y agua contaminados.
- Relocalización temporaria de pobladores.
- Relocalización definitiva de pobladores.
- Eventualmente, descontaminación de personas, vehículos, caminos, edificios, terrenos, etc.

✓ Procedimientos

El plan de emergencia debe:

- Establecer las condiciones de la instalación en las que el responsable declarará la emergencia en sus distintos niveles, a saber:
  - Estado de alerta interno en la instalación.
  - Estado de alerta fuera del emplazamiento.
  - Emergencia interna en la instalación.
  - Emergencia fuera del emplazamiento.
- Especificar la correspondencia entre los distintos niveles de emergencia y los niveles de alarma de Defensa Civil.
- Incluir los procedimientos para hacer frente a la situación de emergencia, contemplando:
  - La pronta detección de la emergencia.
  - La activación de la organización para hacer frente a la situación de emergencia.
  - La evaluación de la situación.
  - La iniciación de la aplicación de las contramedidas.
  - La finalización de la aplicación de las contramedidas.
  - Las acciones de recuperación del área afectada.
- Establecer los procedimientos y detallar los sistemas de comunicación necesarios para el manejo de la emergencia.
- Detallar las contramedidas a aplicar, de acuerdo con el tipo de accidente y su posible evolución. Deben existir procedimientos para los casos de:
  - Escape de gases nobles únicamente.
  - Escape gases nobles y elementos volátiles.
  - Escape de gases nobles, elementos volátiles y aerosoles.
- Detallar la forma de implementación de las distintas contramedidas, indicando:
  - En qué circunstancias se implementará la contramedida.
  - Quién se encargará de su implementación.
  - En qué zona se implementará.
  - En qué circunstancia y de qué forma se decidirá el levantamiento de la contramedida.
- Detallar los procedimientos de comunicación de alertas, información e instrucciones a la población potencialmente afectada (radio, televisión, altoparlantes, etc.).
- Detallar los procedimientos para el control de las dosis incurridas por el personal actuante durante la emergencia, y las medidas que se tomarán en caso de que las previsiones excedan los límites de dosis correspondientes.

✓ Lugares físicos y equipamiento

El plan de emergencia debe:

- Establecer los lugares de puesta a cubierto para el personal fijo o temporario que desarrolla actividades en un radio de hasta 3 km de la instalación. Además, deberá establecer los centros de concentración del personal para evacuación, los cuales deberán ser aptos para una eventual puesta a cubierto.
- Detallar el equipamiento disponible y adecuado para realizar el monitoreo radiológico.

- Establecer los lugares para el funcionamiento del Comité Interno de Control de Emergencias en el interior y en el exterior de la instalación. Los mismos deberán contar con sistemas redundantes e independientes de comunicación (entre sí, con la Sala de Control y con el exterior), y con la documentación necesaria para realizar sus tareas. Además, deberán reunir las características necesarias para asegurar su habitabilidad durante la emergencia.

Dichos centros de control de emergencia deberán contar con equipamiento y documentación que permita desarrollar las actividades de los distintos organismos actuantes, con información actualizada y compartida. Como mínimo, deberán estar equipados con los siguientes elementos:

- Infraestructura adecuada y suficiente para el personal que cumpla funciones de comunicaciones, evaluación y dirección de los distintos Grupos de intervención.
- Sistemas de comunicaciones redundantes e independientes.
- Instrumental para la medición de niveles de contaminación y radiación.
- Terminales de recepción de la información relevante producida en la Sala de Control.
- Ejemplares del plan de emergencia actualizado.
- Planos y mapas de los alrededores de la central hasta un radio de 10 km con la distribución actualizada de población estable y transitoria y usos del suelo. Mapas para distancias de 100 y 300 km con menor grado de detalle que los anteriores.
- Procedimientos y material bibliográfico para evaluar la situación y tomar decisiones.
- Hardware y software apropiado.
- Sistemas para la recepción radial y televisiva de emisiones que se transmitan durante la emergencia.
- Todo elemento que complemente lo anterior y facilite las tareas específicas.
- Prever la disponibilidad de lugares físicos y los insumos necesarios para la implementación de las distintas contramedidas, en particular para la evacuación y reubicación temporaria.
- Prever el personal y el ámbito adecuados para informar a los medios de comunicación masiva.

#### ✓ Mantenimiento de recursos

El plan de emergencia debe:

- Establecer un programa de entrenamiento permanente del personal de la instalación y de las organizaciones externas que participan en la emergencia, que contemple tanto los aspectos directamente relacionados con la implementación del plan como aspectos generales de seguridad radiológica.
- Establecer un procedimiento para la actualización de los contenidos generales y específicos (nombre de responsables, listados telefónicos, etc.) de modo de garantizar que todas las organizaciones involucradas dispongan de esa información.
- Establecer un programa de calibración y mantenimiento de los equipos y del instrumental destinados a la intervención en la emergencia.
- Prever la realización con frecuencia anual de un ejercicio de aplicación del plan de emergencia.

#### ✓ Ejercicios de aplicación del plan de emergencia

Los ejercicios de aplicación del plan de emergencia son programados y diseñados anualmente por la Entidad Responsable, teniendo en cuenta los objetivos que establece la Autoridad Regulatoria Nuclear para cada uno de ellos, y con su acuerdo. Los mismos deben abarcar todos los aspectos internos y externos del plan de emergencia, y en ellos deben intervenir todos los organismos involucrados.



### Uso del código SEDA en la evaluación de consecuencias radiológicas de accidentes nucleares



Se realizan de tal forma que permiten verificar la puesta en práctica de las contramedidas de aplicación automática y de aquellas que requieran de más tiempo para su implementación. Con posterioridad a los simulacros, se realizan reuniones entre todos los organismos participantes, para evaluar los resultados con el objeto de sacar conclusiones que permitan perfeccionar el plan de emergencia.

### ESCALA INTERNACIONAL DE SUCESOS NUCLEARES

La Escala Internacional de Sucesos Nucleares (INES) es un mecanismo para comunicar al público, rápida y coherentemente, el significado que tienen para la seguridad los sucesos ocurridos en centrales nucleares. Al poner los sucesos en su perspectiva correcta, la escala puede facilitar una comprensión común por la comunidad nuclear, los medios de información y el público.

La escala, diseñada por un grupo internacional de expertos, clasifica los sucesos en siete niveles, como puede observarse en la **Figura 1**.

Los criterios y claves de descripción se presentan en la **Figura 2**. Los niveles más bajos, 1 a 3, se denominan incidentes y los niveles superiores, 4 a 7, accidentes. Los sucesos que no tienen significación para la seguridad se clasifican en nivel 0/ debajo de la escala y se denominan desviaciones. Los sucesos sin importancia para la seguridad se denominan sucesos fuera de la escala.

Figura 1  
Escala Internacional de Sucesos Nucleares

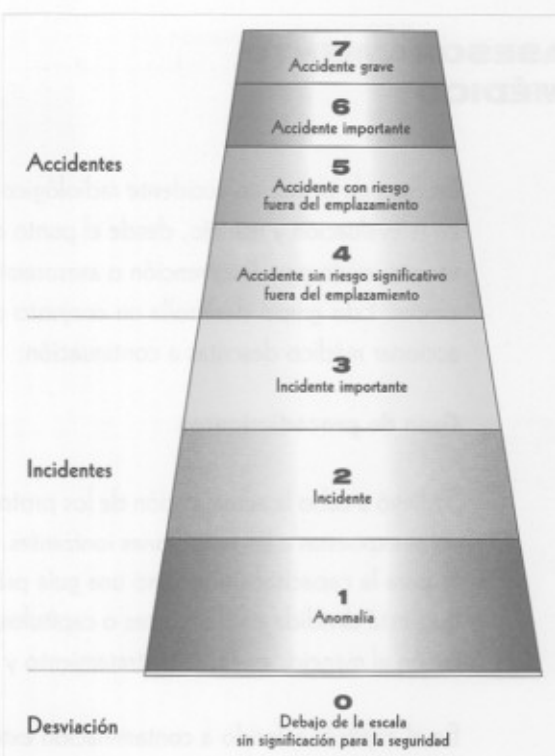


Figura 2

Escala internacional utilizada para determinar la severidad de los sucesos ocurridos en las centrales nucleares (Escala INES)

|   | CRITERIOS O ATRIBUTOS DE SEGURIDAD  |   |  |
|---|---|---|--|
|   | Impacto fuera del emplazamiento   | Impacto en el emplazamiento   | Degradación de la defensa en profundidad                         |
| <b>7 Accidente grave</b>  | LIBERACIÓN GRAVE<br>Efectos múltiples para la salud y el medio ambiente                                       |   |  |
| <b>6 Accidente importante</b>                                       | LIBERACIÓN SIGNIFICATIVA<br>Posibilidad de que se requiera la aplicación plena de las contramedidas previstas |   |  |
| <b>5 Accidente con riesgo fuera del emplazamiento</b>               | LIBERACIÓN LIMITADA<br>Posibilidad de que se requiera la aplicación parcial de las contramedidas previstas    | Daños graves en el núcleo del reactor/barreras radiológicas   |  |
| <b>4 Accidente sin riesgo significativo fuera del emplazamiento</b> | LIBERACIÓN PEQUEÑA<br>Exposición del público del orden de los límites prescriptos                             | Daños significativos en el núcleo del reactor/barreras radiológicas/exposición fatal de un trabajador |  |
| <b>3 Incidente importante</b>                                       | LIBERACIÓN MUY PEQUEÑA<br>Exposición del público a una pequeña fracción de los límites prescriptos            | Difusión importante de la contaminación/efectos agudos para la salud de un trabajador                 | Casi accidente - desaparición total de las barreras de seguridad |
| <b>2 Incidente</b>  |   | Difusión significativa de la contaminación/sobreexposición de un trabajador                           | Incidentes con fallos de las disposiciones de seguridad          |
| <b>1 Anomalía</b>   |   |   | Anomalía que rebasa el régimen de explotación autorizado         |
| <b>0 Suceso debajo de la escala. Desviación</b>                     | SIN SIGNIFICACIÓN PARA LA SEGURIDAD   |   |  |
| <b>Suceso fuera de la escala</b>                                    | SIN RELACIÓN CON LA SEGURIDAD   |   |  |

## **ASESORAMIENTO MÉDICO**

En caso de ocurrir un accidente radiológico o nuclear, la ARN cuenta con un grupo de especialistas en la evaluación y manejo, desde el punto de vista médico, de las personas sobreexpuestas y puede ser requerido para intervención o asesoramiento sobre los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes. Este grupo desarrolla un conjunto de tareas orientadas a la planificación y organización del accionar médico descritas a continuación:

### **Guía de procedimientos**

Se llevó a cabo la actualización de los protocolos contenidos en la guía para la asistencia de personas sobreexpuestas a las radiaciones ionizantes. Estos protocolos están concebidos como una herramienta para la capacitación y como una guía práctica para la acción frente a una situación accidental. La guía está dividida en tres partes o capítulos, abordando los diferentes tipos de exposiciones con relación al manejo, evaluación, tratamiento y seguimiento de las personas expuestas.

En el capítulo referido a contaminación externa, se desarrolla el tratamiento de la contaminación de piel sana y con heridas, de acuerdo al radionucleido contaminante y su distribución anatómica, y en el anexo se indican las formas de preparación de las soluciones descontaminantes.

En el capítulo referido a contaminación interna, se abordan las diferentes etapas de la misma, y se adjunta un anexo con un listado de fármacos utilizados en el tratamiento, como así también, un listado de radionucleidos de interés médico y el tratamiento indicado en cada caso, con especial énfasis en los riesgos de la contaminación con radioyodos.

En el capítulo referido a irradiación externa, se tratan las diferentes formas de exposiciones externas accidentales (globales, parciales y localizadas), el concepto de Triage (clasificación de personas accidentadas en grupos de riesgo, con el fin de priorizar la asistencia médica), criterios de hospitalización y tratamiento, y se completa con un protocolo para la evaluación médica y de laboratorio.

El módulo correspondiente a quemaduras radiológicas (irradiación aguda localizada) fue puesto a consideración del Comité Coordinador del Hospital de Quemados, con el fin de ampliar su contenido con el aporte de especialistas. Se comenzó con la revisión del módulo sobre irradiación externa global.

### **Organización de la respuesta médica en sobreexposiciones accidentales**

El manejo de pacientes sobreexpuestos a las radiaciones ionizantes requiere de un abordaje multidisciplinario en el que interactúan distintas especialidades en el campo de la medicina general, la radiopatología y la radioprotección. La ARN cuenta con un grupo de Radiopatología que puede ser requerido para el asesoramiento o intervención en situaciones de sobreexposición accidental de personas. La organización de la respuesta médica fue diseñada contemplando 3 niveles de organización:

| Nivel de organización | Servicios médicos                                 | Tipo de asistencia  |
|-----------------------|---|---|
| Nivel 1               | Servicios médicos de las instalaciones relevantes | Asistencia "in situ". Triage, primeros auxilios, tratamiento inicial de la contaminación radiactiva.  |
| Nivel 2               | Hospitales generales regionales                   | Asistencia regional. Atención de lesiones convencionales con escaso o nulo componente radiológico.  |
| Nivel 3               | Centros de referencia de alta complejidad         | Derivación a centros distantes. Atención de casos severos: síndrome agudo de radiación, lesiones locales severas, contaminación interna masiva. |

Para el nivel de organización 1, se promovió la interacción con los servicios médicos de las centrales nucleares Atucha I y Embalse. Se llevaron a cabo actividades de capacitación del personal (cursos de actualización) y el análisis y discusión de la documentación técnica y provisión de material bibliográfico sobre temas de interés común. También se analizaron los requerimientos de infraestructura e insumos específicos y la designación de los posibles centros de derivación dentro del esquema de respuesta en emergencias.

Para el nivel de organización 2, y a través de la interacción con las centrales nucleares, se encaró el abordaje de la comunidad médica local. Se puso énfasis en el estrechamiento del vínculo con los Hospitales Regionales designados como efectores primarios de este nivel. Se llevó a cabo una reunión conjunta (ARN/NASA) en el Hospital Municipal de Zárate, sobre el tema "Organización de la Respuesta Médica en Emergencias Radiológicas".

En el nivel de organización 3, se trabajó en la puesta en marcha de los acuerdos ya firmados con el Hospital de Clínicas "José de San Martín" y el Hospital de Quemados. Se firmó un convenio de similares características con el Hospital Naval "Pedro Mallo" y se iniciaron tratativas con el Hospital Británico, por tratarse de uno de los potenciales prestadores de las centrales nucleares. Se contempló la cooperación en lo referente al asesoramiento técnico, formación de recursos humanos investigación y desarrollo. Con el Hospital de Quemados se llevaron a cabo la evaluación de la aplicabilidad de la termografía y otros exámenes complementarios para la evaluación de irradiaciones agudas localizadas con altas dosis. Además se estudió la cicatrización patológica (queloide y fibrosis radioinducida). En colaboración con el Hospital Naval, se llevaron a cabo estudios relacionados con indicadores biológicos de sobreexposición, tales como: comportamiento de subpoblaciones linfocitarias en sangre periférica de pacientes irradiados y modificaciones radioinducidas en el trazado electroencefalográfico.

En el marco de los acuerdos de cooperación, la ARN puso a disposición de los hospitales recursos humanos, equipamiento e insumos específicos y laboratorios especializados de dosimetría física, dosimetría biológica, evaluación de la contaminación interna y monitoreo ambiental. La ARN contribuyó a la adecuación de una sala del Hospital de Clínicas que estará destinada a la internación de pacientes con contaminación radiactiva. La sala cuenta con equipamiento específico necesario.

Se trabajó en la conformación de un grupo de profesionales con conocimientos básicos sobre los efectos de las radiaciones ionizantes en el hombre, familiarizados con las técnicas de evaluación y tratamiento de personas sobreexpuestas. A tal fin se organizaron actividades destinadas a la capacitación del personal médico y paramédico afectado a la atención de pacientes. Entre ellas cabe destacar una Jor-

nada de Actualización sobre Manejo de Pacientes Accidentalmente Sobreexpuestos que contó con la asistencia de 40 participantes, profesionales del área de la salud y personal paramédico.

## **SISTEMA DE INTERVENCIÓN EN EMERGENCIAS RADIOLÓGICAS DE LA ARN**

La ARN, durante una emergencia radiológica tiene la responsabilidad de:

- ✓ Actuar, según el tipo de emergencia, en la mitigación de las consecuencias, como grupo principal en la implementación de las contramedidas.
- ✓ Actuar como asesor de las autoridades públicas y de la organización propietaria/operadora de la instalación en temas relacionados con la seguridad radiológica y nuclear.
- ✓ Informar según corresponda, y a través de los canales establecidos, a los países fronterizos y a los organismos internacionales la situación de emergencia y, de ser necesario, solicitar su asistencia técnica.

Finalizada la situación de emergencia debe:

- ✓ Revisar y asesorar sobre las medidas complementarias, destinadas a reducir a un mínimo la contaminación y la exposición a la radiación de la población.

La Autoridad Regulatoria Nuclear a través de su Sistema de Intervención en Emergencias Radiológicas (SIER) actúa en la etapa de mitigación de las consecuencias de incidentes y accidentes radiológicos.

Vehículo con instrumental para emergencias radiológicas



El SIER está concebido para:

- ✓ Asesorar a las instalaciones relevantes en caso de emergencia.
- ✓ Asesorar a las autoridades públicas que intervienen en el control de emergencias radiológicas.
- ✓ Intervenir en las situaciones de emergencia en aquellas instalaciones y prácticas menores donde se produzcan accidentes que no puedan ser controlados por los responsables de las mismas o que involucren a público, y en situaciones de emergencias radiológicas no previstas en áreas públicas.

**El SIER se compone de dos grupos: el Grupo de intervención primaria y el Grupo de apoyo.**

El Grupo de intervención primaria está conformado por equipos de especialistas en temas de accidentes radiológicos y nucleares, que realizan guardias permanentes en turnos semanales. El sector logística de este grupo se ocupa de las comunicaciones, del traslado y del estado operativo del equipamiento necesario en las intervenciones. El Grupo de apoyo está formado por el resto del personal técnico de la ARN, y, si bien sus integrantes no realizan guardias, pueden ser convocados cuando la situación así lo requiera.

El SIER dispone de equipamiento específico y la infraestructura logística necesaria para la intervención rápida y eficiente en situaciones accidentales con posibles consecuencias radiológicas. Cuenta con una red de comunicación basada en un sistema buscapersonas por radioenlace y telefonía celular que permite no solo recibir el llamado de alerta sino también efectuar la convocatoria del Grupo de intervención primaria y su pronta intervención. El SIER trabaja en estrecha relación con otros organismos tales como Defensa Civil, Policía Federal, Gendarmería Nacional, Prefectura Naval, Fuerzas Armadas y Secretaría de Seguridad Interior, con algunos de los cuales ha establecido acuerdos y convenios de cooperación.

#### **INTERVENCIONES DEL GRUPO SIER**

Durante el año 1998 el grupo de intervención en emergencias radiológicas fue requerido e intervino en las siguientes situaciones:

- ✓ **Identificación del contenido de un bulto depositado en la guardia principal del Centro Atómico Constituyentes.**

El 4 de febrero personal de la guardia de seguridad de ese centro atómico informó que un bulto, con símbolos de material radiactivo, había sido depositado en el edificio de dicha guardia. El Grupo de Intervención Primaria (GIP) se trasladó a ese centro atómico y procedió a identificar el contenido. El bulto contenía pequeños blindajes de plomo, similares a los empleados en el traslado de radiofármacos. Se comprobó que estaban vacíos y que no presentaban contaminación radiactiva. Dado que no se pudo identificar al destinatario fueron trasladados a dependencias de la ARN para su custodia.

- ✓ **Denuncia de posible depósito de material radiactivo en el barrio de la Boca**

El 24 de abril, un representante de la empresa Disser S.R.L. alertó sobre la existencia de tambores conteniendo material radiactivo en un depósito que la firma posee en la calle B. Quinquela Martín del barrio de la Boca, ciudad de Buenos Aires.

El GIP intervino con miembros de la Brigada de Riesgos Especiales de la Policía Federal, comprobando que los tambores de referencia contenían cloruro de mercurio. Dada la las características del material, el caso quedó en manos de la Sección Riesgo Químico de la mencionada Brigada.

✓ **Alerta sobre hallazgo de material radiactivo en un cargamento de residuos convencionales**

El 5 de junio, personal de la empresa Pelco S.A. del partido de Tigre, provincia de Buenos Aires, dedicada a la gestión de residuos industriales, alertó sobre el hallazgo de material radiactivo en un cargamento retirado por sus vehículos del depósito de Ecdadassa, sector rezago, sito en el aeropuerto internacional de Ezeiza. La intervención del GIP permitió determinar que se trataba de tres fuentes de cesio 137 de 2,78 GBq (75 mCi) cada una y de una fuente de estroncio 90 de 2,04 GBq (55 mCi), en sus respectivos blindajes y bultos de transporte correspondiente. Estas fuentes son utilizadas habitualmente en braquiterapia y tratamientos de tumores superficiales.

Al reconstruirse los hechos pudo determinarse que las fuentes se encontraban en un depósito de la empresa Ecdadassa. Ésta las había remitido para su gestión como residuo convencional por orden de la Dirección General de Aduanas, la que estaba procediendo para gestionar el material de rezago. Las fuentes habían sido importadas por la empresa BALASZ S.A., que posee permiso emitido por la ARN, y no habían sido retiradas de la Aduana por motivos comerciales. El hecho no produjo la irradiación indebida de ninguna persona y las fuentes fueron retiradas por la ARN para su custodia. Se acordó con personal de Aduanas un mecanismo para evitar que se repitan hechos similares.

✓ **Alerta sobre el hallazgo de material radiactivo en un cargamento de chatarra**

El 17 de junio, personal de la firma Scrap Service S.A. de la localidad de Campana, provincia de Buenos Aires, dedicada a la compra y selección de chatarra, informó que había detectado material radiactivo en un cargamento proveniente de la ciudad de Brandsen.

La detección se realizó inicialmente mediante el detector de portal que la empresa tiene instalado junto a la balanza para pesar la carga traída en camiones, y fue corroborada posteriormente por el Grupo de intervención de la ARN. El material radiactivo estaba depositado en el interior de un caño de hierro, formando parte de una capa de restos de material oleaginoso contenido en su interior. El valor del campo de radiación, medido en contacto con el caño, superaba levemente la lectura debida al fondo natural de radiación del lugar.

El caño fue trasladado a dependencias de la ARN donde se pudo comprobar que el material radiactivo era radio, y que el evento era una típica situación de concentración de material radiactivo de origen natural (fenómeno conocido por la sigla en inglés NORM). La muestra analizada formaba parte de conductos por donde circulaba petróleo crudo que, naturalmente contiene sales de radio. Con el uso prolongado es posible generar un depósito en las superficies interiores de estas cañerías, incrementando la concentración natural de material radiactivo que se encuentra habitualmente la naturaleza.

En el mes de octubre se realizó una intervención, de características similares, dando respuesta a un pedido de la misma empresa. En este caso el radio contenido en el caño formaba parte de la capa de óxido depositada en su interior.

✓ **Alerta debido a posible existencia de material radiactivo no declarado**

El 19 de junio personal perteneciente a la Dirección General de Aduanas, alertó sobre la posible existencia de material radiactivo, ubicado en un depósito de este organismo, en el puerto de la ciudad de Buenos Aires. La intervención del GIP permitió comprobar que se trataba de un cargamento

originario de la ex Unión Soviética, consistente en compuestos químicos convencionales. Las mediciones de los campos de radiación no superaban el nivel del fondo natural de radiación del lugar.

✓ **Hallazgo de frascos de vidrio identificados con el símbolo de material radiactivo**

El 1° de agosto, personal bomberos de la Policía de la provincia de Buenos Aires, Sección Riesgos Especiales, alertó sobre el hallazgo de una caja de cartón que contenía frascos de vidrio rotulados con el símbolo de material radiactivo. El GIP intervino, en compañía de dicho personal y del Director General de la Policía Ecológica Municipal de Lomas de Zamora. Se comprobó que se trataba de un kit de uso médico, compuesto por 21 de frascos de vidrio, con identificación de material radiactivo (habían contenido yodo 125, ya vencido para su uso) y 12 frascos conteniendo una droga farmacológica no radiactiva. Las mediciones del campo de radiación no eran diferentes del nivel de fondo natural del lugar. Se procedió al traslado de los frascos a dependencias de la ARN, en calidad de custodia y a efectuar las averiguaciones pertinentes con el fin de identificar el origen de ese material.

✓ **Denuncia del incendio de un vehículo que transportaba material radiactivo**

El 22 de octubre, personal de la empresa Servicios Especiales San Antonio, de la provincia de Neuquén, dedicada a la explotación petrolera, dio aviso sobre la ocurrencia del incendio de un vehículo de la firma que trasladaba un equipo medidor de densidad. Este equipo contenía una fuente radiactiva de cesio 137 de 3,7 GBq (100 mCi) de actividad. El vehículo de la empresa se había incendiado mientras regresaba a la base, ubicada en la localidad de Colonia Catriel.

En forma inmediata se trasladó un integrante del Grupo de intervención, mientras que desde la sede de la ARN, vía telefónica, se contactó a personal de la empresa y se dieron instrucciones para implementar las primeras contramedidas. En el lugar, se comprobó que no existió contaminación radiactiva en los restos del vehículo y que el equipo medidor, si bien fue muy afectado, no perdió integridad en cuanto al confinamiento de la fuente radiactiva. Debido a las modificaciones sufridas por el blindaje y al deterioro del sistema de detección asociado, se procedió a dejar dicho equipo bajo guarda segura, hasta su gestión como desecho radiactivo.

✓ **Alerta sobre el hallazgo de una fuente de estroncio 90 en la vía pública**

El 2 de diciembre personal de la Brigada de Riesgos Especiales de la Policía Federal alertó sobre el hallazgo de una fuente radiactiva de estroncio 90. La fuente se encontró dentro de su correspondiente blindaje, abandonada sobre la vereda de la calle Juan D. Perón (altura 4000) de la ciudad de Buenos Aires.

La intervención del GIP permitió comprobar que se trataba de un equipo utilizado como dosímetro para cámaras de ionización empleadas en radioterapia, que el blindaje no había perdido su estanqueidad y que contenía una fuente de estroncio 90 de  $3,7 \cdot 10^7$  Bq (10 mCi) de actividad. El bulto fue trasladado en carácter de custodia a dependencias de la ARN. Posteriormente, se determinó que pertenece a un centro de radioterapia.

✓ **Pedido de intervención de un Juez de la provincia de Río Negro**

El 4 de diciembre el responsable del área de Defensa Civil de la municipalidad de Cipolletti, a instancias de un requerimiento del Juez Laboral local, alertó sobre las irregularidades existentes en la base de operaciones que la empresa Geowell posee en esa localidad. Se solicitó la intervención de la ARN para determinar las condiciones de Seguridad Radiológica de un conjunto de cuatro fuentes radiactivas de cesio 137 de 37 GBq (1 Ci) cada una y cinco fuentes de americio-berilio de 185 GBq (5 Ci) cada una, existentes en esa base.



El 5 de diciembre se realizó la inspección del sitio y, con el fin de lograr, condiciones de Seguridad Radiológica adecuadas y la guarda segura de las fuentes, se solicitó que personal del Área de Gestión de Residuos Radiactivos de la Comisión Nacional de Energía Atómica traslade las fuentes en carácter de custodia a dependencias del Centro Atómico Ezeiza. Luego de adecuar los blindajes, el transporte se efectuó el 8 de diciembre.

A posteriori del retiro de las fuentes mencionadas se realizó un minucioso relevamiento de los campos de radiación, tanto en el interior del predio como en sus alrededores, cuyo resultado fue la medición de niveles que no superaron los valores del fondo natural de radiación. Como consecuencia de esta situación se realizaron inspecciones especiales en el resto de los depósitos que la empresa posee en otras provincias sin encontrarse irregularidades.

- ✓ **Alerta sobre el hallazgo de un equipo indicador de nivel de fluido en el depósito de una empresa dedicada a la explotación petrolera**

El 15 de diciembre la empresa Río Colorado, dedicada a la extracción de petróleo, informó que, durante la limpieza de un depósito que la empresa posee en el barrio de la Boca de la ciudad de Buenos Aires, se había encontrado un equipo con etiquetas que alertaban sobre el contenido de material radiactivo. El GIP intervino ese mismo día comprobando que se trataba de un equipo indicador de nivel de fluido en desuso (construido en 1955) conteniendo una fuente radiactiva. El material fue trasladado a dependencias de la ARN para su posterior gestión como residuo radiactivo.

- ✓ **Extravío de fuentes radiactivas de cesio 137 para tratamientos ginecológicos**

El 21 de diciembre se recibió un alerta dada por personal del Hospital Roffo, en la que se informa el extravío de dos fuentes radiactivas de cesio 137 de 0,9 GBq (25 mCi) cada una, dado que no se encontraban en el lugar habitual de guarda. El GIP intervino para lograr la ubicación de las fuentes, efectuando, sin éxito, una búsqueda minuciosa en distintas dependencias del hospital incluyendo el sistema cloacal y pluvial. Previendo la posibilidad de que las fuentes se hayan podido incluir en alguna carga de material biológico, también se inspeccionaron las instalaciones de la empresa Trieco, encargada de la gestión de los residuos biológicos que genera la institución. No fue posible encontrar las fuentes radiactivas.

### **Participación del SIER en los ejercicios de aplicación de los Planes de Emergencia**

El grupo SIER interviene en los ejercicios de aplicación del plan de emergencia de las instalaciones relevantes y responde a los requerimientos relacionados con las llamadas "pruebas repetitivas" incluidas en dichos planes. Una de estas pruebas, se efectúa con el sistema de comunicación, en la cual el SIER participa evaluando la capacidad de respuesta efectiva, en el momento de efectuarse la prueba de comunicación.

Se destacan, por su magnitud, los ejercicios relacionados con las centrales nucleares y con los reactores de investigación. En el caso particular de la CNA I el ejercicio permitió verificar la funcionalidad del nuevo Centro de Control Interno de la Emergencia recientemente montado por dicha Central, con resultados muy satisfactorios. Asimismo durante dicho ejercicio se observó la activa participación de organizaciones externas para la emergencia, de la esfera Municipal (partido de Zárate) y de fuerzas de seguridad (Gendarmería Nacional, Policía de la Provincia, Prefectura), destacándose la coordinación entre todas las organizaciones involucradas.