



## **RESUMEN EJECUTIVO**

AUTORIDAD REGULATORIA

SISTEMA REGULATORIO ARGENTINO

RELACIONES INSTITUCIONALES

INSPECCIONES Y EVALUACIONES DE SEGURIDAD RADIOLÓGICA  
Y NUCLEAR A REACTORES NUCLEARES

INSPECCIONES Y EVALUACIONES DE SEGURIDAD RADIOLÓGICA  
Y NUCLEAR A INSTALACIONES RADIATIVAS

INSPECCIONES Y EVALUACIONES DE SALVAGUARDIAS  
Y PROTECCIÓN FÍSICA

VIGILANCIA RADIOLÓGICA OCUPACIONAL Y DEL PÚBLICO

EMERGENCIAS RADIOLÓGICAS

TAREAS CIENTÍFICO-TECNOLÓGICAS

CAPACITACIÓN

RECURSOS ECONÓMICOS Y HUMANOS

## RESUMEN EJECUTIVO

### AUTORIDAD REGULATORIA

La Ley N° 24.804 denominada Ley Nacional de la Actividad Nuclear crea la AUTORIDAD REGULATORIA NUCLEAR como entidad autárquica, en jurisdicción de la Presidencia de la Nación, sucesora del Ente Nacional Regulador Nuclear, con la función de regular y fiscalizar la actividad nuclear en todo lo referente a los temas de seguridad radiológica y nuclear, protección física y no proliferación nuclear.

La Autoridad Regulatoria Nuclear tiene como objetivo establecer, desarrollar y aplicar un régimen regulatorio para todas las actividades nucleares que se realicen en la República Argentina, como así también asesorar al Poder Ejecutivo Nacional en las materias de su competencia. Este régimen contiene los siguientes propósitos:

- ✓ Sostener un nivel apropiado de protección de las personas contra los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes.
- ✓ Mantener un grado razonable seguridad radiológica y nuclear en las actividades nucleares desarrolladas en la República Argentina.
- ✓ Verificar que las actividades nucleares no se desvíen hacia fines no autorizados y que se realicen sujetas a los compromisos internacionales asumidos por la Nación.
- ✓ Establecer criterios y normas para prevenir la comisión de actos intencionales que puedan conducir a consecuencia radiológicas severas o al retiro no autorizado de materiales nucleares u otros materiales o equipos de interés nuclear.

Los artículos 1°, 7°, 14, 15, 16, 18, 25 y 26 de la ley citada detallan las funciones, facultades y obligaciones conferidas a la Autoridad Regulatoria Nuclear.

La Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) está dirigida y administrada por un Directorio integrado por seis miembros designados por el Poder Ejecutivo Nacional, dos de los cuales a propuesta de la Cámara de Senadores y de Diputados respectivamente. Su mandato tiene una duración de seis (6) años debiendo renovarse por tercios cada dos años y contar con antecedentes técnicos y profesionales en la materia.

La estructura orgánica de la ARN fue aprobada por Resolución del Directorio, conforme a lo dispuesto en la Ley N° 24.804, previa intervención de la Secretaría de la Función Pública. El organigrama correspondiente se presenta en el Capítulo 1.

### SISTEMA REGULATORIO ARGENTINO

La ARN, en su carácter de autoridad nacional en seguridad radiológica y nuclear, garantías de no proliferación y protección física, otorga autorizaciones, licencias o permisos, según sea el caso, correspondientes a prácticas asociadas con fuentes de radiación, y además controla y fiscaliza que los

responsables de cada práctica cumplan con lo establecido en las normas y demás documentos regulatorios. Desde el inicio de las actividades regulatorias en el país, se consideró que la eficacia en el desempeño de estas funciones requería disponer de suficiente conocimiento científico-tecnológico como para juzgar -con real independencia- el diseño, la construcción, la operación y el cierre definitivo de las instalaciones sujetas a control. Dentro de este marco, la estrategia global del sistema regulatorio argentino se concentró en los siguientes aspectos básicos:

- ✓ formulación de normas específicas sobre seguridad radiológica y nuclear, salvaguardias y protección física;
- ✓ desarrollo científico-tecnológico en temas asociados con la seguridad radiológica y nuclear, las salvaguardias y la protección física;
- ✓ realización independiente de estudios y evaluaciones de seguridad radiológica y nuclear, salvaguardias y protección física, para el proceso de licenciamiento;
- ✓ inspecciones y auditorías regulatorias para la verificación del cumplimiento de licencias y autorizaciones emitidas; y
- ✓ capacitación de personal en temas de seguridad radiológica y nuclear, salvaguardias y protección física, tanto de los responsables por la seguridad de las instalaciones o de las aplicaciones sujetas a control, como de los que desempeñan actividades regulatorias.

### **NORMAS REGULATORIAS**

La Autoridad Regulatoria Nuclear está facultada para dictar normas regulatorias referidas a seguridad radiológica y nuclear, salvaguardias, protección física y al transporte de materiales nucleares, conforme lo establece la Ley N° 28.804. En el Capítulo 2 se presenta el conjunto de las 51 normas regulatorias vigentes aplicadas en las instalaciones relevantes y menores existentes en el país.

Para el sistema regulatorio argentino toda la responsabilidad por la seguridad radiológica y nuclear de una instalación recae en la organización (propietaria u operadora) que se ocupa de las etapas de diseño, construcción, puesta en marcha, operación, y cierre definitivo de la instalación nuclear de que se trate. Nada que pueda suceder, y afecte a la seguridad, libera a esta organización y al responsable designado por ella, de su responsabilidad en cada una de las etapas del proyecto. El cumplimiento de las normas y requerimientos regulatorios son condiciones mínimas que no los exime de realizar todo lo que sea necesario para garantizar la seguridad radiológica y nuclear de la instalación.

Desde el punto de vista del proceso de licenciamiento, las instalaciones se clasifican en relevantes y menores, diferencia que se hace en base al riesgo radiológico asociado. Para las primeras, la ARN otorga licencias y, para las segundas, autorizaciones de operación. Cada solicitud de licencia o autorización -que se otorga- debe estar acompañada de una evaluación adecuada, cuyo grado de detalle debe guardar relación con el riesgo radiológico asociado a tales instalaciones.

Para el mejor desempeño de las tareas de control regulatorio, la ARN puede emitir tres tipos de documentos: requerimiento, recomendación y pedido de ampliación de información.

## INSTALACIONES RELEVANTES

Las instalaciones relevantes requieren tres tipos de licencias: de construcción, de operación y de retiro de servicio. Las licencias se otorgan a la entidad responsable, es decir, a la organización responsable por la seguridad de tales instalaciones.

La licencia de construcción se otorga cuando se consideran satisfechas las normas y requisitos aplicables a su ubicación, al diseño básico y al nivel esperado de seguridad en la futura operación de la instalación.

Para otorgar una licencia de operación, la entidad responsable debe demostrar que se cumplen las condiciones, normas y requisitos específicos aplicables. Por su parte la ARN realiza una evaluación independiente de la documentación técnica y de los estudios de detalles presentados, de los dictámenes de las inspecciones realizadas durante la construcción, de los resultados preoperacionales, etc.

Cabe destacar que desde el inicio de la etapa de construcción se evalúa la capacidad de la entidad responsable para ejercer su responsabilidad, tanto por sí misma como a través de servicios contratados a terceros. La interacción entre la entidad responsable y la ARN es continua durante todo el proceso de licenciamiento. Ello es así puesto que las normas y requisitos impuestos son del tipo funcional lo cual exige, de la entidad responsable (en sus propuestas) y de la ARN (en su evaluación independiente), un esfuerzo considerable hasta alcanzar un resultado final satisfactorio.

La ARN exige que todo el personal esté adecuadamente entrenado y capacitado, acreditando idoneidad acorde con su función en una instalación relevante. Requiere, además, que se licencie al personal cuyas funciones tengan influencia significativa en la seguridad. La evaluación se efectúa caso por caso en función de la propuesta de la entidad responsable y del juicio independiente de la ARN. Los requisitos de capacitación y cualidades del personal cubren en general cuatro áreas: formación básica, formación especializada, entrenamiento en el trabajo y aptitud psicofísica. Cada función del organigrama de operación debe ser desempeñada por personal con conocimientos acordes con la misma, exigiéndose, cuando corresponde, una formación básica universitaria compatible con la naturaleza de la función a desempeñar. Tanto la formación especializada como el entrenamiento en el trabajo deben acreditarse debidamente y se exige el examen de los postulantes mediante mesas examinadoras ad hoc.

Para el licenciamiento del personal se extienden dos tipos de documentos regulatorios. El primero es una licencia individual que acredita que el postulante ha demostrado poseer la formación básica y especializada adecuada para desempeñar una determinada función en un tipo de instalación. Este documento se extiende a pedido del postulante y no tiene vencimiento, pero no es certificación suficiente para que éste se desempeñe en una instalación cubriendo una cierta función.

Para poder cubrir una función importante en relación a la seguridad, en una instalación determinada, la persona debe poseer una licencia individual pero, además, se requiere una autorización específica, la cual debe ser solicitada por la entidad responsable. El postulante tiene que acreditar conocimientos específicos de la instalación de que se trate, un adecuado entrenamiento en el trabajo y una aptitud psicofísica apropiada. Esta autorización específica tiene una validez limitada a un máximo de dos años.

Durante el año 1997 se otorgaron 28 licencias individuales, 193 autorizaciones específicas individuales correspondientes al personal de instalaciones relevantes y 16 certificados de aprobación para el transporte de materiales radiactivos.

### **INSTALACIONES MENORES**

Las instalaciones menores requieren, como se señaló, una autorización de operación que se otorga a la institución responsable de la práctica con material radiactivo o radiaciones ionizantes (exceptuados los rayos x). La ARN otorga este documento después de la evaluación de la documentación presentada y de las inspecciones preoperacionales realizadas, cuando surge de ellas que se satisfacen las normas y requisitos aplicables, y siempre que se disponga de personal capacitado.

Adicionalmente, para la operación de una instalación menor se requiere que el responsable cuente con un permiso individual específico para una determinada práctica. Para que éste le sea otorgado, debe cumplir con varios requisitos: demostrar apropiada formación básica, adecuada formación especializada y suficiente entrenamiento en el trabajo, según lo establecido en la norma específica correspondiente.

En el Capítulo 2 se indican los requisitos mínimos necesarios para obtener autorizaciones de operación y permisos individuales en las distintas instalaciones menores existentes en el país.

Durante 1997 se otorgaron 284 permisos individuales nuevos, 133 autorizaciones de operación y 240 renovaciones o modificaciones de autorizaciones de operación correspondientes a instalaciones médicas, institucionales y de investigación y docencia.

### **RELACIONES INSTITUCIONALES**

En el cumplimiento de su función regulatoria, la Autoridad Regulatoria Nuclear mantiene una intensa y variada interacción con instituciones nacionales y extranjeras, gubernamentales y no gubernamentales, como asimismo con organismos de índole internacional. Tal interacción consiste en:

- ✓ El intercambio de experiencia e información y la participación en la elaboración de recomendaciones internacionales vinculadas a la seguridad radiológica y nuclear, las garantías de no-proliferación nuclear y la protección física.
- ✓ El establecimiento y desarrollo de acuerdos de cooperación técnica.
- ✓ La cooperación para mejorar la efectividad y la eficiencia del sistema de salvaguardias internacionales, a través de la participación de expertos y la implementación de desarrollos técnicos en el país.

Asimismo, la Autoridad Regulatoria Nuclear interviene activamente en la negociación de instrumentos internacionales relativos al accionar regulatorio nuclear, como asimismo en su posterior implementación, y participa en la definición de las políticas que el país mantiene en materia regulatoria en distintos foros internacionales.

Una de las tareas más importantes en el ámbito de las relaciones institucionales ha sido la negociación de convenios nacionales e internacionales. En el ámbito local durante el año se firmaron convenios

con la: Prefectura Naval Argentina, el Hospital de Clínicas, la Gendarmería Nacional Argentina e INVAP S.E. En el ámbito internacional se firmaron acuerdos de cooperación con: Universidad de McMaster de Canadá, Autoridad Regulatoria Nuclear de la República de Armenia, Autoridad reguladora de Suiza, Nuclear Regulatory Commission de EE. UU., Council for Nuclear Safety de Sudáfrica y National Radiological Protection Board del Reino Unido. En julio de 1997 se constituyó en Veracruz (México) el Foro Iberoamericano de Reguladores Nucleares integrado por los organismos reguladores de los países latinoamericanos que poseen centrales nucleares en operación o en construcción.

El vínculo con el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) reviste una importancia primaria para la Autoridad Regulatoria Nuclear. Tal vínculo tiene tres niveles fundamentales:

- ✓ La asistencia a las reuniones periódicas de los llamados "órganos rectores" del OIEA.
- ✓ La participación en grupos de expertos de alto nivel que asesoran al Director General del OIEA sobre cuestiones de seguridad nuclear y salvaguardias, así como en actividades relacionadas con la negociación o implementación de convenciones internacionales significativas para la seguridad nuclear.
- ✓ La provisión de expertos para actuar en misiones de asistencia técnica a diversos países y en la elaboración de publicaciones especializadas en seguridad, así como la capacitación de becarios extranjeros.

La Autoridad Regulatoria Nuclear participó en la reunión preparatoria de las Partes Contratantes de la Convención sobre Seguridad Nuclear. La Convención entró en vigor el 24 de octubre de 1996 y fue ratificada por nuestro país por Ley N° 24.776.

La ARN participa en la Comisión Nacional de Control de Exportaciones Sensitivas y Material Bélico (CONCESYMB) en los casos relativos a exportaciones nucleares. Durante el año, preparó y emitió dictámenes sobre las solicitudes presentadas, firmando las licencias de exportación correspondientes.

#### **ACTIVIDADES EN EL ÁREA DE NO PROLIFERACIÓN**

Las salvaguardias internacionales son aplicadas por el OIEA, organismo que integra el sistema de las Naciones Unidas (ONU) con el fin de suministrar a la comunidad internacional garantías adecuadas sobre la utilización exclusivamente pacífica de la energía atómica. Así, los Estados asumen ciertos compromisos de no-proliferación nuclear y concluyen acuerdos de salvaguardias que luego son verificados por los organismos internacionales, responsables de ejercer estos controles.

El Acuerdo entre la República Argentina y la República Federativa del Brasil para el uso exclusivamente pacífico de la energía nuclear" (Acuerdo Bilateral), firmado en la ciudad de Guadalajara en 1991, estableció un organismo internacional denominado "Agencia Brasileño-Argentina de Contabilidad y Control de los Materiales Nucleares" (ABACC), cuya misión consiste en la aplicación del "Sistema Común de Contabilidad y Control de los Materiales Nucleares" (SCCC) con la finalidad de verificar que los materiales nucleares en todas las actividades nucleares de la Argentina y Brasil no sean desviados hacia usos indebidos. En virtud de este Acuerdo, la Argentina se compromete a cooperar y facilitar la aplicación del SCCC y a apoyar a la ABACC para el cumplimiento de su misión, siendo la Autoridad Regulatoria Nuclear el organismo al que el gobierno argentino asignó competencia.

También en 1991, se firma el "Acuerdo entre la República Argentina, la República Federativa del Brasil, la Agencia Brasileño-Argentina de Contabilidad y Control de los Materiales Nucleares y el Organismo Internacional de Energía Atómica para la aplicación de salvaguardias" (Acuerdo Cuatripartito). Por este acuerdo, el OIEA se compromete a aplicar salvaguardias en ambos países a todos los materiales nucleares en todas las actividades nucleares de Argentina y Brasil, tomando como base al "Sistema Común de Contabilidad y Control de los Materiales Nucleares".

Las visitas de intercambio recibidas y las reuniones institucionales mantenidas por funcionarios de la ARN durante el año se detallan en la parte final del Capítulo 3 del presente informe.

## **INSPECCIONES Y EVALUACIONES DE SEGURIDAD RADIOLÓGICA Y NUCLEAR A REACTORES NUCLEARES**

### **CENTRALES NUCLEARES**

Existen en el país dos centrales nucleares en operación: la central nuclear Atucha I (CNA I) cuya potencia eléctrica neta es de 335 MW en operación comercial desde 1974, y la central nuclear Embalse (CNE) cuya potencia eléctrica neta es de 600 MW y está en operación desde 1984.

Una tercera central nuclear, Atucha II (CNA II), de 693 MW de potencia eléctrica neta se encuentra en avanzado estado de construcción.

#### **Central Nuclear Atucha I**

Esta central se encuentra próxima a Lima, provincia de Buenos Aires, a 100 km, aproximadamente, al noroeste de la ciudad de Buenos Aires. El reactor es del tipo recipiente de presión, utiliza uranio natural como combustible y está moderado y refrigerado por agua pesada.

La central tuvo un factor de carga de 92,91% y sufrió tres salidas de servicio no programadas. Durante el año no hubo paradas programadas y se llevaron a cabo diversas modificaciones de diseño a partir de los resultados preliminares del Análisis Probabilidad de Seguridad (APS); se completó la fase dos del programa de incorporación de elementos combustibles de uranio levemente enriquecido (ULE); se llevó a cabo una modificación de diseño en el sistema de parada por inyección de boro; se detectó una fuga de agua pesada en el cuerpo de cierre de un canal refrigerante. Se presentaron fallas en la máquina de recambio de combustible y se detectó la presencia de moluscos bivalvos en el circuito de refrigeración asegurado que enfría a los Grupos Diesel de Emergencia.

La central recibió en abril la visita de especialistas del WANO (World Association Nuclear Operators).

#### **Central Nuclear Embalse**

Esta central se encuentra próxima a la ciudad de Embalse, a 110 km de la ciudad de Córdoba. El reactor es del tipo tubos de presión, utiliza como combustible uranio natural, y está moderado y refrigerado por agua pesada.

La central tuvo un factor de carga de 89,14% durante el año y salió de servicio en tres oportunidades, dos de ellas en forma no programada. Desde el 26 de abril y el 1° de junio se llevó a cabo la parada programada del año.

Una misión del Programa OSART (Operational Safety Review Team) visitó la central en el marco de un programa del Organismo Internacional de Energía Atómica.

La central inició el Análisis Probabilístico de Seguridad (APS), que fuera requerido por la ARN en el año 1996.

### Central Nuclear Atucha II

La CNA II se está construyendo adyacente a la CNA I y es del mismo tipo que ésta. Durante el año se efectuaron: tareas de mantenimiento y conservación de equipos y montaje y arranque de la segunda unidad diesel de emergencia.

### INSPECCIONES REGULATORIAS

Las actividades regulatorias llevadas a cabo por la ARN para controlar las centrales nucleares consisten en el análisis de documentación sobre aspectos de diseño y operación, en la evaluación permanente de la seguridad en operación y de las tareas previstas para las paradas programadas, y en la verificación, a través de inspecciones y auditorías regulatorias, del cumplimiento de la licencia correspondiente.

Las tareas de análisis y evaluación son llevadas a cabo por personal especializado en seguridad radiológica y nuclear, con herramientas informáticas modernas para el manejo de la información, y familiarizado con el uso de códigos de cálculo para validar, con criterios propios y de manera independiente, la documentación suministrada por el operador.

La acción regulatoria de control se completa con un programa de inspecciones, rutinarias y no rutinarias, para el seguimiento de las tareas que hacen a la seguridad y a la verificación del cumplimiento de la licencia correspondiente.

Las inspecciones rutinarias están relacionadas con las actividades normales de la planta, el monitoreo de procesos y la verificación del cumplimiento de la documentación mandatoria. Las mismas son llevadas a cabo, básicamente, por inspectores residentes de las instalaciones, sustentados técnicamente por los grupos de análisis y evaluación propios de la ARN o grupos que actúan para éste mediante convenios o contratos.

Las inspecciones no rutinarias se realizan ante situaciones específicas, o cuando se hace necesario incrementar el esfuerzo de inspección, como ser en paradas programadas y en salidas de servicio no programadas. En estas inspecciones intervienen especialistas en diversos temas pertenecientes al ARN o a otras instituciones relacionadas con éste.

Durante el año se destinaron a inspecciones rutinarias, no rutinarias y auditorías efectuadas a las tres centrales un total de 1170 días hombre.

Las inspecciones no rutinarias efectuadas durante el año en las centrales en operación consistieron en: la fiscalización de las tareas realizadas durante la parada programada de la CNE y de las pruebas de puesta en marcha y pruebas repetitivas para los generadores Diesel de la CNA II, el seguimiento de las tareas efectuadas durante las paradas no programadas de ambas centrales y la fiscalización de los ejercicios anuales de aplicación del plan de emergencia llevados a cabo en las centrales CNE y CNA I.

Las principales evaluaciones de seguridad radiológica y nuclear llevadas a cabo durante el año se detallan en el Capítulo 4.

### **REACTORES DE INVESTIGACIÓN Y CONJUNTOS CRÍTICOS**

Los reactores de investigación y conjuntos críticos son instalaciones que producen neutrones y otras radiaciones ionizantes para utilizarlas con finalidades diversas, tales como investigación, enseñanza, producción de radioisótopos, ensayo de materiales o irradiación de personas con fines terapéuticos.

#### **Reactor de investigación RA 1**

El reactor RA 1 opera en el Centro Atómico Constituyentes (CNEA), en la provincia de Buenos Aires, desde el año 1958; tiene una potencia autorizada de 40 kW y utiliza como combustible, uranio enriquecido al 20% en el isótopo 235. El propósito del reactor es la investigación, la docencia y el ensayo de materiales.

Se llevaron a cabo las actividades de inspección planificadas para el corriente año comprobándose que la instalación operó de acuerdo a las condiciones fijadas en la licencia de operación.

#### **Reactor de investigación RA 3**

Está en operación en el Centro Atómico Ezeiza (CNEA), en la provincia de Buenos Aires, desde 1967; tiene una potencia autorizada de 5 MW y utiliza como combustible uranio enriquecido al 20% en el isótopo 235. El propósito del reactor es la producción de radioisótopos, la investigación, la docencia y el ensayo de materiales.

La instalación operó de acuerdo a las condiciones fijadas en la licencia de operación. Se llevaron a cabo las actividades de inspección planificadas para el corriente año. En julio se produjo un incidente consistente en el derrame de agua del circuito primario en la zona de recinto de planta baja y en el portón de acceso a zona controlada.

#### **Reactor de investigación RA 6**

El reactor RA 6 opera en el Centro Atómico Bariloche (CNEA), en la provincia de Río Negro desde 1982; tiene una potencia autorizada de 500 kW y utiliza como combustible uranio enriquecido al

90% en el isótopo 235. El propósito del reactor es la investigación, la docencia y la irradiación de materiales.

La instalación operó de acuerdo a las condiciones fijadas en la Licencia de operación, realizándose 4 inspecciones rutinarias.

#### **Conjunto crítico RA 0**

El conjunto crítico RA 0, ubicado en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad de Córdoba, tiene una potencia autorizada de 1 W y utiliza como combustible uranio enriquecido al 20% en el isótopo 235. El propósito del conjunto es la investigación y la docencia.

La instalación se encuentra en condición de parada segura, con los elementos combustibles depositados en una caja de seguridad ubicada dentro de la instalación.

#### **Conjunto crítico RA 4**

Está ubicado en la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad de Rosario, provincia de Santa Fe, y se encuentra operando desde el año 1971; tiene una potencia autorizada de 1 W y utiliza como combustible uranio enriquecido al 20% en el isótopo 235. El propósito del conjunto es la investigación y la docencia.

La instalación operó de acuerdo a las condiciones fijadas en la Licencia de operación. Se llevaron a cabo las tres inspecciones planificadas para el corriente año. Se participó en la evaluación del re-entrenamiento del personal de operación y se participó en el desarrollo del ejercicio del plan de emergencias.

#### **Conjunto crítico RA 8**

El conjunto crítico RA 8 sito en Pilcaniyeu, provincia de Río Negro y de propiedad de la CNEA, tiene una potencia autorizada de 10 W y utiliza como combustible uranio enriquecido al 1,8 y al 3,4% en el isótopo 235. El propósito del conjunto será realizar las pruebas relacionadas con la verificación del diseño neutrónico del reactor CAREM (proyecto de un reactor de potencia avanzado que generará 25 MW eléctricos).

Durante 1997 se realizó la puesta en marcha del conjunto crítico que abarcó los meses de marzo a julio realizándose las tareas regulatorias correspondientes.

#### **Reactor multipropósito (MPR)**

Es un reactor nuclear experimental de tipo piletta de 22 MW de potencia térmica diseñado en el país. Su propósito es la producción de radioisótopos, ensayos, investigación y desarrollo de combustibles y materiales para centrales nucleares.

El reactor, instalado en El Cairo, Egipto, alcanzó la primera criticidad el 27 de noviembre de 1997.

La función de la ARN, conforme al convenio firmado oportunamente con la empresa INVAP S.E., fue asesorar a dicha empresa en temas regulatorios y opinar sobre el licenciamiento del mencionado reactor.

## **INSPECCIONES Y EVALUACIONES DE SEGURIDAD RADIOLÓGICA Y NUCLEAR A INSTALACIONES RADIATIVAS**

Existen en nuestro país aproximadamente 1500 instalaciones controladas por la ARN que utilizan materiales o fuentes radiactivas y sistemas generadores de radiaciones. Dichas instalaciones tienen fines diferentes tales como la producción de radioisótopos, la investigación básica y aplicada, o el uso de las radiaciones ionizantes en la medicina y la industria. La diversidad de las instalaciones y el inventario radiactivo involucrado abarcan un amplísimo rango y su distribución geográfica cubre todo el país.

La tarea de inspección implica evaluaciones de la seguridad radiológica, la verificación in situ del cumplimiento de normas y licencias y autorizaciones de operación.

Se describe a continuación someramente estas instalaciones en forma agrupada, indicándose los aspectos destacables.

### **Máquinas aceleradoras de partículas**

Estas máquinas, que tienen capacidad para producir haces de partículas cargadas (protones, deuterones, etc.) de muy alta energía, han encontrado diversas aplicaciones, tanto en los aspectos de investigación básica de la estructura atómica y de partículas como en aplicaciones de desarrollo y producción. La CNEA cuenta con diversos aceleradores dedicados a esos fines, en particular el acelerador electrostático Tandem y un acelerador de tipo ciclotrón con el fin de producir radioisótopos de uso principal en la medicina nuclear. La Escuela de Medicina Nuclear de Mendoza dispone de un ciclotrón para diagnóstico e investigación clínica.

### **Producción de radioisótopos**

La producción de radioisótopos tiene aplicación de uso en muy diversos campos del quehacer médico e industrial. CNEA cuenta con una planta de producción asociada al reactor RA 3 donde se produce fundamentalmente yodo 131 y molibdeno 99, este último a partir del tecnecio 99m resultante de la fisión del uranio 235.

La actividad privada a través de las empresas Bacon y Tecnonuclear, participa en el fraccionamiento y distribución de radioisótopos y en la producción de los denominados generadores de molibdeno 99.

### **Producción de fuentes radiactivas**

Las fuentes radiactivas encapsuladas tienen también un gran demanda en función de las diversas aplicaciones, tales como en telecobaltoterapia, gammagrafía, irradiación con altas dosis, etc. La CNEA cuenta con instalaciones para este propósito donde se producen fuentes encapsuladas de cobalto 60. A esta actividad también concurre la industria privada con la fabricación de fuentes encapsuladas de iridio 192 para gammagrafía (empresa Polytec).

### **Instalaciones para irradiación con altas dosis**

El uso de fuentes radiactivas de elevadas actividades que pueden proporcionar altas dosis son una herramienta sumamente útil en la esterilización de productos farmacéuticos y biomédicos y en la conservación de alimentos. En el país existen dos de tales instalaciones, una propiedad de la CNEA y otra de la empresa IONICS S.A.

Otra de las aplicaciones es la esterilización de insectos. Esta técnica está siendo aplicada en las provincias de Mendoza y San Juan para la eliminación de la mosca del Mediterráneo o de la fruta por medio de las instalaciones móviles, IMCO 20 e IMO 1, de irradiación de alta dosis de radiación gamma con fuentes de cobalto 60.

### **Fabricación de elementos combustibles nucleares**

La fabricación de elementos combustibles, tanto para reactores de potencia para producción de electricidad como para reactores de baja potencia utilizados en la producción e investigación, se realiza en instalaciones de CNEA y en plantas con importante participación privada.

Los elementos combustibles de uranio natural utilizados en las centrales Atucha y Embalse, son fabricados en las instalaciones de la empresa CONUAR S.A. en Ezeiza. La materia prima para el combustible de reactores de potencia (óxido de uranio natural) es producida en la planta industrial Córdoba (Dioxitek S.A.).

Elementos combustibles con enriquecimiento de hasta el 20% en uranio 235 son producidos en los laboratorios del Centro Atómico Constituyentes de la CNEA y en instalaciones de la empresa CONUAR S.A.

Por otra parte, el uranio enriquecido utilizado en los elementos combustibles de los reactores de investigación es importado. La CNEA dispone de una planta de enriquecimiento basada en el proceso de difusión gaseosa en la localidad de Pilcaniyeu, provincia de Río Negro, operada por INVAP S.E. Durante el año 1997 esta planta no funcionó.

La CNEA cuenta con una serie de otras instalaciones con múltiples propósitos, algunas dedicadas a combustibles nucleares tales como la Planta de conversión de hexafluoruro de uranio al 20%, y la denominada Facilidad alfa destinada a la fabricación y caracterización físico-química de combustibles nucleares en base a óxidos mixtos de uranio y plutonio.

En el denominado Laboratorio triple altura se procesa el material de descarte de la fabricación de elementos combustibles para reactores de investigación. Posteriormente, el producto de este laboratorio se procesa en el Laboratorio de uranio enriquecido.

### **Complejos mineros fuera de operación**

Luego de la etapa de operación de las minas de uranio y de las instalaciones fabriles de procesamiento del mineral, la ARN continúa supervisando las actividades que se desarrollan durante el programa de salida de servicio y, concluido éste, el cierre definitivo del área de explotación.

Posteriormente al cierre definitivo, se verifica que se preserven las condiciones ambientales apropiadas, para lo cual se evalúa el estado de las escombreras de mineral tratado y si existe o no dispersión de material por acción eólica y pluvial. Entre estas instalaciones se encuentran los complejos Pichiñan (Chubut), Tonco (Salta), Los Gigantes (Córdoba), Malargüe (Mendoza), Los Colorados (La Rioja) y La Estela (San Luis) y la ex planta Córdoba.

Durante el año 1997 se realizaron 9 inspecciones a dichos establecimientos.

### **Gestión de desechos radiactivos**

El tratamiento y almacenamiento interino de desechos radiactivos de distintas prácticas, y el almacenamiento definitivo de aquellos que poseen una actividad baja y un corto período de semidesintegración se realizan en el área de tratamiento de desechos radiactivos que la CNEA dispone en el Centro Atómico Ezeiza. El área comprende las siguientes instalaciones:

- ✓ Planta de Tratamiento de Desechos Radiactivos Sólidos de Baja Actividad.
- ✓ Sistema de Contención de Desechos Radiactivos Sólidos de Baja Actividad.
- ✓ Instalación para el Almacenamiento Definitivo de Desechos Radiactivos Sólidos, Estructurales y Fuentes Encapsuladas.
- ✓ Depósito Central de Material Fisionable Irradiado.
- ✓ Sistema de Contención de Desechos Radiactivos Líquidos.

En esta área, de importante acción en relación a la seguridad de las fuentes fuera de uso y al confinamiento de sustancias radiactivas descartadas, durante el año, se realizaron 4 inspecciones rutinarias. No se registraron incidentes operativos que afectaran la seguridad radiológica.

Durante el año se dedicaron 204 días hombre a inspecciones rutinarias en las 28 instalaciones radiactivas relevantes citadas precedentemente. No se produjeron incidentes que afectaran la salud de los trabajadores ni del público en las instalaciones antedichas.

### **Instalaciones menores de la CNEA**

Existen 25 laboratorios e instalaciones en la CNEA dedicados a la investigación para apoyo a la producción, los cuales, por sus características, o por el inventario radiactivo asociado, poseen en ge-

neral un bajo riesgo radiológico. En las 25 inspecciones efectuadas en este conjunto de instalaciones menores de la CNEA no se observaron apartamientos de lo establecido en las normas de seguridad radiológica.

### **Instalaciones de teleterapia**

Este tipo de instalación se utiliza para la terapia oncológica, dirigiendo un haz de radiación desde el exterior del cuerpo del paciente hacia el punto de localización del tumor maligno, en lo posible desde diferentes direcciones, dando lugar de esta manera a la muerte de las células tumorales, con daño limitado al tejido sano.

En el país se cuenta con 104 equipos de cobaltoterapia y 40 aceleradores lineales de uso médico. En el transcurso del año 1997 se realizaron 127 inspecciones en dicho tipo de centros. En las instalaciones de teleterapia, durante el año, no hubo incidentes que pudieran afectar la seguridad radiológica de los individuos.

### **Instalaciones de braquiterapia**

Diversos tratamientos oncológicos se realizan con un tipo de terapia denominado genéricamente braquiterapia. En este tipo de tratamiento las fuentes radiactivas se ubican dentro de cavidades corporales o en planos próximos a la zona tumoral, o insertadas en el tumor mismo.

En el país se cuenta con 83 instalaciones destinadas a braquiterapia, ubicadas en distintos centros. Durante el año 1997 se realizaron 83 inspecciones asociadas a este tipo de instalaciones.

### **Centros de medicina nuclear**

En este tipo de instalaciones se efectúa el diagnóstico y estudio, no solo anatómico sino también funcional, de ciertas enfermedades, mediante la aplicación al paciente de drogas "marcadas" con material radiactivo (radiofármacos). La conveniencia de este tipo de aplicaciones se basa en que algunos radioisótopos poseen características importantes para facilitar el diagnóstico "in vivo".

En el país existen 331 centros destinados a este propósito realizándose 154 inspecciones a las mismas durante el año. No hubo incidentes que pudieran afectar la seguridad radiológica de los individuos.

### **Laboratorios de diagnóstico "in vitro"**

Las instalaciones de diagnóstico "in vitro" consisten en un laboratorio, generalmente complementario a los de análisis clínicos, destinado a determinar la cantidad de hormonas peptídicas, no peptídicas o sustancias no hormonales presentes en una muestra de plasma u orina tomada del paciente.

En el país se cuenta con aproximadamente 500 instalaciones destinadas a este propósito las cuales, debido al bajo riesgo, son inspeccionadas sólo al emitirles la primera autorización de operación.

### **Equipos medidores industriales**

La medición de diferentes parámetros o variables de procesos en plantas industriales (medición de espesor, nivel, humedad, densidad, caudal, peso, etc.), se basa en el principio de la detección de la radiación emitida por una fuente radiactiva encapsulada, que resulta atenuada en su paso a través del medio a medir. Los equipos medidores, denominados genéricamente "medidores industriales", usan diferentes tipos de fuentes radiactivas en función de las características físicas del material a medir.

Durante el año la ARN realizó 118 inspecciones e intervino en cuatro incidentes con este tipo de medidores. En ninguno de los incidentes se observaron consecuencias radiológicas para el público ni los trabajadores.

### **Uso de radioisótopos en la exploración y explotación petrolífera**

Distintas técnicas de medición de las propiedades de los yacimientos y perforaciones petrolíferas utilizan material radiactivo. Entre las técnicas mencionadas podemos citar las siguientes: medición de densidad de mezclas; medición de la concentración de hidrocarburos en las napas; determinación de la existencia de canalizaciones entre pozos; etc.

En el país existen 82 bases de operación de las empresas que utilizan radioisótopos en la actividad petrolífera. Durante el año se realizaron 35 inspecciones regulatorias por parte de la ARN.

### **Equipos de gammagrafía**

La gammagrafía es una técnica de inspección no destructiva, que utiliza radiación gamma emitida por fuentes radiactivas, para controlar soldaduras en instalaciones, estructuras y piezas diversas. Esta técnica permite, por ejemplo, poner en evidencia fallas o inclusiones en las soldaduras de costuras de cañerías y recipientes que almacenan y transportan fluidos a alta presión.

En el país existen 71 empresas poseedoras de uno o varios equipos de gammagrafía. Durante el año la ARN realizó 61 inspecciones a este tipo de instalaciones.

### **Centros de Investigación y docencia**

El uso de radionucleidos en técnicas experimentales de laboratorio, tanto para fines de investigación como de docencia, permite adquirir importante información que a veces es imposible obtener con otras metodologías. Las áreas de aplicación de dichas técnicas incluyen estudios sobre el control de plagas, la agricultura, la ganadería, la geoquímica, la biología y la genética molecular, la ecología y el medio ambiente.

En el país se cuenta con aproximadamente 200 instalaciones destinadas a este propósito, ubicadas en universidades nacionales y provinciales y en centros de investigación. Durante el año se efectuaron 47 inspecciones a estos centros.

Las inspecciones rutinarias practicadas en el año a instalaciones médicas, industriales y de investigación y docencia insumieron 1484 días hombre. En los 11 incidentes registrados en este tipo de instalaciones no se produjeron daños a la salud de los trabajadores ni del público.

## **INSPECCIONES Y EVALUACIONES DE SALVAGUARDIAS Y PROTECCIÓN FÍSICA**

El sistema de salvaguardias y no proliferación nuclear tiene por objetivo asegurar el uso exclusivamente pacífico de la energía nuclear. La protección física se relaciona con la prevención de la sustracción o dispersión indebida de materiales protegidos y el sabotaje en instalaciones en las que sea posible generar consecuencias radiológicas severas.

Las salvaguardias se basan en un sistema de contabilidad de los materiales nucleares y su verificación independiente por parte de la ARN y se complementan con la utilización de medidas de contención y vigilancia, tales como cámaras de vigilancia óptica, utilización de precintos, detectores de radiación, etc. La contabilidad debe entenderse en un sentido estricto. Esto es, la declaración de las existencias o inventarios de materiales nucleares debe estar fundada en la determinación física de las mismas.

El Informe cuestionario de diseño de una instalación, es el punto de partida para el desarrollo del enfoque de salvaguardias y para la emisión de la Licencia o Autorización de la ARN. El enfoque de salvaguardias consiste en el estudio para cada instalación, de las estrategias y caminos de desviación del material nuclear y de los procedimientos y medidas de salvaguardias que permitan a la ARN el alcance de los objetivos anteriormente mencionados, a un costo razonable y con la mínima interferencia posible en la operación normal de las instalaciones.

En su función de control y fiscalización en la materia, la ARN realiza inspecciones a las instalaciones sometidas a control. Las inspecciones de la ARN se clasifican de la siguiente manera:

- ✓ Inspecciones de verificación de diseño de salvaguardias.
- ✓ Inspecciones rutinarias de protección física.
- ✓ Inspecciones rutinarias interinas de salvaguardias.
- ✓ Inspecciones rutinarias de verificación de inventario físico.
- ✓ Inspecciones de fiscalización de salvaguardias.
- ✓ Inspecciones especiales.

En el año 1997 se aplicaron controles de salvaguardias y de protección física en 36 instalaciones nucleares de la República Argentina según el siguiente detalle:

- ✓ Esfuerzo en inspecciones de salvaguardias: 629 días hombre en 152 inspecciones.
- ✓ Esfuerzo en inspecciones de protección física: 176 días hombre en 89 inspecciones.

Las principales discrepancias detectadas a través de las inspecciones de salvaguardias fueron errores no significativos en los sistemas contables de las instalaciones controladas.

### **Actividades de inspección para la ABACC**

La ARN cumplió su obligación de cooperar con la ABACC para la aplicación del "Sistema Común de Contabilidad y Control de los materiales nucleares", poniendo a disposición de dicha agencia, durante 1997, a 24 inspectores de la ARN que cumplieron con 242 días hombre de inspección en instalaciones brasileñas.

### **VIGILANCIA RADIOLÓGICA OCUPACIONAL Y DEL PÚBLICO**

Los criterios básicos en que se apoya la seguridad radiológica establecen que las prácticas que utilizan radiaciones ionizantes deben estar justificadas, que la protección radiológica debe ser optimizada, que deben respetarse los límites y restricciones de dosis establecidos y que la probabilidad de accidentes -exposiciones potenciales- debe ser mínima.

#### **Dosis ocupacionales**

El número total de trabajadores controlados en las distintas instalaciones relevantes fue de 1596, correspondiendo el 78% de los mismos a las centrales nucleares. La dosis colectiva anual debida a la operación de dichas instalaciones fue de 6 sievert hombre.

En la CNA I, ningún trabajador superó 50 mSv en el año. El 92% de los mismos recibió dosis individuales anuales menores que 20 mSv. La dosis más alta fue de 39 mSv, correspondiendo esta dosis en su mayoría a una intervención en los generadores de vapor realizada con la central en servicio.

En la CNE ningún trabajador superó 20 mSv en el año. El 50% de los mismos recibió una dosis menor que 1,5 mSv. Durante el mes de mayo la CNE tuvo una parada programada para inspección y mantenimiento, durante la cual hubo una contribución importante en las dosis ocupacionales.

El número total de trabajadores de los reactores de investigación y conjuntos críticos fue de 102. La dosis colectiva anual debida a la operación de estas instalaciones fue de 0,12 Sv hombre. Ningún trabajador recibió dosis mayores que 10 mSv en el año.

En las tres plantas de producción de radioisótopos de la CNEA ubicadas en el Centro Atómico Ezeiza, ningún trabajador superó 20 mSv en el año. El 95% de los 84 trabajadores recibió menos de 10 mSv.

En las instalaciones ligadas a la fabricación de elementos combustibles ningún trabajador superó 10 mSv. El 93% de los 44 trabajadores recibió dosis menores que 5 mSv.

En las restantes instalaciones relevantes ningún trabajador superó 6 mSv en el año.

#### **Dosis en el público**

La descarga de efluentes radiactivos al ambiente durante la operación de las centrales nucleares representó el 30% y el 7% de la restricción anual de dosis para la CNA I y la CNE, respectivamente.

Las dosis en los grupos críticos debido a la operación de las centrales nucleares Atucha I y Embalse fue de 0,011 y 0,005 mSv, respectivamente. Las mismas representaron el 3% de la restricción anual de dosis para una instalación en particular, fijada por la ARN en 0,3 mSv.

La dosis en el grupo crítico resultante de la operación de los reactores de investigación fue menor que 0,005 mSv, lo que representa aproximadamente el 1% del valor de restricción mencionado.

Las dosis en los grupos críticos debido a la operación de las plantas de producción de la CNEA fueron de: 0,028 mSv para la planta de producción de radioisótopos; 0,002 mSv para la planta de producción de molibdeno 99 por fisión y menor que 0,001 mSv para la planta de producción de fuentes encapsuladas. Las mismas resultaron un orden de magnitud menores que el valor anual de restricción de dosis.

Las dosis en los grupos críticos resultantes de la operación de la fábrica de elementos combustibles nucleares y de las restantes instalaciones relevantes que tienen autorizada la descarga de efluentes radiactivos al ambiente fueron menores que 0,001 mSv, lo cual representa menos del 1% del valor anual de restricción de dosis.

### **Vigilancia ambiental**

La ARN realiza el monitoreo ambiental en los alrededores de las distintas instalaciones nucleares. A través de las mediciones efectuadas se verifican los modelos de evaluación de dosis y la validez de los factores de transferencia usados en los mismos. Este monitoreo ambiental se lleva a cabo en forma totalmente independiente del que realizan las distintas instalaciones.

En los alrededores de las instalaciones nucleares Atucha I y Embalse se tomaron muestras representativas de los diferentes compartimentos de la matriz ambiental de transferencia de radionucleidos. Para evaluar el impacto ambiental de las descargas líquidas, se tomaron y analizaron muestras de agua de río o lago, sedimentos y peces. Para evaluar el impacto ambiental de las descargas gaseosas a la atmósfera, se tomaron y analizaron muestras de alimentos producidos en la zona, tales como leche y vegetales. El pasto fue analizado como indicador del depósito de material radiactivo. Debido a su importancia radiológica, los radionucleidos analizados fueron, principalmente, los productos de fisión (cesio 137, estroncio 90, yodo 131) y de activación (tritio y cobalto 60).

No se detectó contaminación ambiental atribuible al funcionamiento de las centrales nucleares, con excepción de niveles muy bajos de actividad en algunas muestras de sedimento.

También, se llevó a cabo el monitoreo ambiental correspondiente al Centro Atómico Ezeiza (CNEA). Como en el caso de las centrales nucleares, se tomaron muestras representativas de los diferentes compartimentos de la matriz ambiental, en puntos ubicados en los alrededores del CAE y fueron analizadas, no detectándose radionucleidos en el ambiente que pudieran atribuirse al funcionamiento del Centro Atómico, con excepción de algunas muestras de sedimento.

La ARN continuó con los monitoreos ambientales periódicos, en los alrededores de los Complejos minero fabriles, en operación y cerrados, asociados a la explotación y procesamiento del mineral de uranio. Se llevaron a cabo monitoreos en la ex planta Córdoba y los ex Complejos minero fabriles de Los Gigantes, La Estela, Tonco y Los Colorados.

Para evaluar el impacto radiológico ambiental, debido a la operación de las diferentes instalaciones, se realizaron muestreos de aguas superficiales, sedimentos y aguas de napa freática. Se llevaron a cabo las determinaciones de la concentración de uranio natural y de la actividad de radio 226 y además se determinó la tasa de emanación del gas radón en las escombreras de mineral de uranio, ya que estos son los radionucleidos radiológicamente más significativos. En base a los valores obtenidos, se puede concluir que no existe contaminación ambiental atribuible a las instalaciones monitoreadas.

Además, con el propósito de estudiar la precipitación radiactiva presente, debido al ensayo de armas nucleares en la atmósfera realizadas en el pasado, se realizaron muestreos fuera de la zona de influencia de las instalaciones nucleares y se determinaron las concentraciones de radionucleidos de interés en muestras de aire, leche, dieta y alimentos varios.

Es ampliamente conocido que el gas radón y los radionucleidos resultantes de su desintegración son la fuente de radiación de origen natural más importante en la dosis efectiva recibida por el hombre. Por su importancia radiológica, durante 1997, se continuó con la determinación de la concentración de radón en viviendas de diferentes ciudades de Argentina, de manera de poder estimar la exposición de la población.

El valor medio de la concentración de radón, considerando las 1409 viviendas monitoreadas, desde 1983 hasta 1997 en todo el país, resultó ser de  $35,5 \text{ Bq/m}^3$  y ninguna vivienda superó los  $400 \text{ Bq/m}^3$  (valor límite establecido por la Norma Básica de Seguridad Radiológica). De los estudios realizados se puede concluir que, en Argentina, los niveles de radón en el interior de viviendas se encuentran dentro de los valores aceptables para la población.

También, se realizaron mediciones de la concentración de radón en instalaciones relacionadas con el ciclo de combustible nuclear. Los niveles de concentración de radón medidos son aceptables para estos tipos de instalaciones y para las características geológicas de las zonas, y no ocasionan riesgo radiológico alguno para la población.

## TAREAS CIENTÍFICO-TECNOLÓGICAS

La ARN desarrolla tareas científico-tecnológicas en diferentes áreas, con el propósito de evaluar, por sí misma y en forma independiente, la seguridad radiológica y nuclear en las instalaciones bajo control, la seguridad radiológica de los trabajadores y del público y las salvaguardias nacionales e internacionales. Para ello cuenta con instalaciones y equipamiento apropiados, así como, con personal especializado que desarrolla y lleva a cabo la implementación de metodologías y sus validaciones en las diferentes áreas de trabajo.

Durante 1997 se realizaron tareas y desarrollos en el área de la **dosimetría física** orientados a la evaluación de las dosis debidas a radiación externa que reciben las personas ocupacionalmente expuestas y el público, tanto en situaciones normales como accidentales. Con tal fin, se llevaron a cabo evaluaciones dosimétricas gamma y neutrónicas, como parte de la dosimetría personal y mediciones especiales en diversos reactores, conjuntos críticos y aceleradores de uso médico y de investigación. Se realizaron desarrollos para la implementación y calibración de diferentes tipos de dosímetros para neutrones.

En el área de dosimetría de la **contaminación interna**, se desarrollaron tareas destinadas a la evaluación de la dosis debida a la incorporación de material radiactivo por diferentes vías de entrada, basada en el análisis de los datos obtenidos por mediciones directas e indirectas y en la aplicación de modelos biocinéticos y dosimétricos, realizándose evaluaciones dosimétricas en trabajadores y miembros del público.

Las tareas y desarrollos realizados en el área de **dosimetría biológica**, tuvieron como objetivo la estimación de la dosis, utilizando muestras biológicas que fueron procesadas por distintas metodologías. Se realizaron desarrollos tanto en dosimetría de las sobreexposiciones accidentales como en dosimetría retrospectiva, orientados a la implementación de nuevos indicadores biológicos y a mejorar la aplicación de aquéllos corrientemente en uso. Se implementó la técnica de Hibridación in situ por Fluorescencia (FISH), para el reconocimiento de las aberraciones cromosómicas estables. Para ampliar la capacidad de respuesta del laboratorio, se continuó con el desarrollo de un programa para el análisis automatizado de imágenes de aberraciones cromosómicas inestables y con líneas de investigación básica en el campo de la radiobiología.

En el ámbito de acción del **programa de asesoramiento médico en radioprotección**, se realizó la planificación y organización de la respuesta médica para pacientes con sobreexposiciones accidentales, debidas a irradiación externa. Se elaboraron guías de procedimientos que incluyen la evaluación, tratamiento y seguimiento del paciente sobreexpuesto. Se constituyó un sistema de atención de pacientes sobreexpuestos, mediante la firma de convenios de cooperación con diversos hospitales, para garantizar una adecuada respuesta médica en caso de accidentes radiológicos o nucleares y brindar asesoramiento médico en aspectos relacionados a los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes.

En el área de desarrollo de **indicadores diagnósticos y pronósticos aplicables a situaciones de sobreexposición accidental**, se trabajó en el estudio de los efectos radioinducidos en subpoblaciones linfocitarias utilizando la técnica de citometría de flujo, se estudiaron indicadores de stress oxidativo radioinducido, con el fin de estimar la dosis absorbida y el establecimiento de criterios relacionados con la conducta terapéutica. Se trabajó en la implementación de una técnica de resonancia paramagnética electrónica para ser utilizada en las reconstrucciones dosimétricas en situaciones accidentales y también, se encaró la evaluación de la frecuencia de mutaciones genéticas como indicador de daño radioinducido.

En el estudio de los **efectos de la irradiación prenatal sobre el sistema nervioso central** en desarrollo, se analizaron ciertos mecanismos de producción de daño y su correlación con la dosis. Se estudiaron sistemas enzimáticos, la producción de lipoperóxidos radioinducidos y el comportamiento de radicales orgánicos, utilizando un modelo animal de irradiación intrauterina. También, se implementó una técnica de cultivo de células nerviosas (gliales y neuronales) que puede configurar un instrumento de gran utilidad para el estudio de los efectos radioinducidos en el sistema nervioso central.

En el área de las actividades de los **laboratorios de mediciones** de radiación y con el objeto de mejorar su capacidad operativa, se continuó con la modernización de los equipos de medición existentes, se incorporaron instrumental y patrones de calibración, se perfeccionaron las técnicas de medición y análisis y se desarrollaron nuevos métodos, que se validaron a través de la participación en intercalibraciones con laboratorios internacionalmente reconocidos. En el contador de todo el cuerpo, destinado a la medición directa de la contaminación interna de emisores gamma, se realiza-

ron mediciones rutinarias y no rutinarias en tiroides, en pulmón y mediciones de cuerpo entero. En el laboratorio de medición por espectrometría gamma, se llevaron a cabo las mediciones relacionadas con estudios ambientales, así como las relacionadas con las inspecciones y auditorías. En el laboratorio de medición por espectrometría alfa y medición de actividad alfa y beta total, se realizaron las mediciones de muestras procesadas en los laboratorios de análisis radioquímicos que fueron remitidas por los diferentes proyectos de la ARN.

Como parte de los programas de la ARN para salvaguardias y en el marco del acuerdo internacionales se continuó con el desarrollo de una metodología para la **verificación del inventario de material nuclear en la planta de enriquecimiento por difusión gaseosa** de Plicaniyeu, utilizando técnicas de análisis no destructivo por espectrometría gamma. Aplicando la metodología desarrollada, se analizaron mediciones realizadas en tuberías, difusores, recipientes y cisternas de la planta de enriquecimiento citada, en placas de combustible para reactores de investigación con diferentes grados de enriquecimiento y sobre muestras de polvos de óxido de uranio.

En el área de las actividades de los **laboratorios de análisis radioquímicos**, se procesaron muestras provenientes de los monitorajes ambientales y muestras obtenidas durante las inspecciones, evaluaciones y auditorías. Se analizaron muestras de distintos tipos, entre ellas: aguas, suelos, sedimentos, vegetales, filtros (muestras de aire y "sweep-tests") y muestras biológicas (orinas, heces y soplidos nasales), para la determinación de diferentes radionucleidos alfa y beta emisores. Se realizaron desarrollos tendientes a la optimización de las metodologías y la implementación de nuevas técnicas y también, se participó en intercalibraciones para la validación de las técnicas analíticas utilizadas en las determinaciones de muestras ambientales y biológicas.

Con el objeto de detectar actividades no declaradas de enriquecimiento de uranio o reprocesamiento de elementos combustibles, con fines de salvaguardia, se han implementado **técnicas para la detección de radionucleidos de interés**, contenidos en muestras ambientales tomadas en los alrededores de instalaciones nucleares. Para la detección de partículas de uranio en filtros, se implementó la medición con un sistema de autorradiografía electrónica. Además, se realizaron tareas preliminares y de apoyo a la puesta en marcha del espectrómetro de masas con acelerador. Se avanzó en la implementación de la técnica de medición de yodo 129 en el ambiente, y la técnica para la determinación de plutonio en suelo por espectrometría alfa, optimizándose las diferentes etapas de las técnicas.

Se realizaron **estudios sobre factores de bio-concentración** y de transferencia para organismos acuáticos, a ser utilizados en modelos de estimación de dosis en el público, debidas a las descargas de material radiactivo durante la operación de instalaciones nucleares. Se adecuó un laboratorio para la realización de los estudios y se realizaron mediciones de radionucleidos de interés, en los diversos compartimentos de la cadena alimenticia de origen acuático.

Se desarrollaron técnicas para la **medición de radón en aire**, con el propósito de continuar realizando las mediciones rutinarias de la concentración de radón en viviendas y en los complejos minero fabriles. Se trabajó con el método de trazas nucleares y de Electret y además, se desarrolló un método pasivo, mediante la adsorción en carbón activado y su posterior medición por centelleo líquido. Se implementó una técnica para la determinación de radón en agua a través de Electret y se desarrolló un método de medición por centelleo líquido con discriminación por forma de pulso.

El establecimiento de un **sistema internacional de vigilancia** que permita la detección de explosiones nucleares es uno de los objetivos del Tratado de Prohibición Completa de Ensayos Nucleares (CTBT). Una de las técnicas a emplearse consiste en la detección de radionucleidos para lo cual se instalarán 80 estaciones monitoras en todo el mundo, 3 de las cuales estarán en Argentina. En este sentido, se completó la construcción de la estación de Buenos Aires para la detección de aerosoles radiactivos en el aire. Se construyó y comenzó a operar un laboratorio de espectrometría gamma que será considerado laboratorio primario en la red internacional de laboratorios certificados del CTBT. Las dos restantes estaciones monitoras se instalarán en Salta y Bariloche para lo cual se firmó un acuerdo específico con la Policía Federal.

Con el objeto de identificar y analizar micropartículas ambientales de uranio con fines de salvaguardias se instalará en el Centro Atómico Ezeiza un **acelerador tandem electrostático** proveniente de la Universidad de McMaster de Canadá. En el marco del convenio firmado con dicha universidad se realizó, durante 1997, el desmontaje del acelerador y de sus líneas de baja y alta energía. Paralelamente se terminaron las fundaciones para el tanque del acelerador y para los dos tanques auxiliares de almacenamiento del gas aislante. Se inició la construcción de una fuente de iones, con ionizador esférico, de alta producción. El inicio de la instalación del acelerador está previsto para el segundo semestre de 1998.

En el área de **desarrollos electrónicos en apoyo a las tareas regulatorias** se desarrolló un sistema de vigilancia y monitoreo remoto para control del material nuclear. Un prototipo se instaló en el depósito de material fisionable de la CNEA. En esta misma área la ARN ha decidido la construcción de un sistema de sensado de infrasonido en el marco de los objetivos del CTBT. Se han seleccionado y obtenido los sensores asociados al sistema que permitirán la medición de señales de infrasonido en la atmósfera proveniente de explosiones nucleares. Asimismo se ha desarrollado un sistema que permite realizar el seguimiento de elementos combustibles quemados en la CNE desde la pileta de decaimiento a los silos de almacenamiento.

## EMERGENCIAS RADIOLÓGICAS

La ARN evalúa los procedimientos de emergencia radiológica y nuclear que elaboran las instalaciones controladas para hacer frente a situaciones de accidente. El conjunto de acciones a implementar, quién las ejecuta y la forma de hacerlo, conforman, en esencia, el llamado plan de emergencia en el que se basa la intervención. Contiene el conjunto de procedimientos que se deben implementar en el caso de ocurrencia de un accidente. Éste debe ser lo suficientemente flexible de manera tal de poder adaptarse a la situación real dado que ésta, en general, diferirá de la situación accidental de referencia.

Este plan es requerido por Licencia a las instalaciones relevantes y para las prácticas menores se requieren procedimientos de emergencia para contrarrestar las secuencias accidentales y sus consecuencias.

En caso de producida una emergencia la ARN asiste a los responsables primarios de las instalaciones y a las autoridades competentes.

En cumplimiento de sus funciones, la ARN, 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. El SIER está concebido para:

- ✓ Asesorar a las autoridades públicas que intervienen en el control de emergencias radiológicas y a los usuarios.
- ✓ Intervenir en las situaciones de emergencia en aquellas instalaciones y prácticas menores donde se produzcan accidentes que no puedan ser controlados por ellas 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 realiza guardias en turnos semanales, a lo largo de todo el año; 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 cuenta con equipamiento específico y la infraestructura logística necesaria para la intervención rápida y eficiente en situaciones accidentales con posibles consecuencias radiológicas. Trabaja en estrecha relación con otros organismos tales como Defensa Civil nacional y provincial, Policía Federal, Gendarmería Nacional, Prefectura Naval, Fuerzas Armadas y Secretaría de Seguridad Interior, con los cuales ha establecido acuerdos y convenios de cooperación.

Durante el año el SIER intervino en 13 incidentes ocurridos con material radiactivo en centros médicos e instalaciones industriales.

## CAPACITACIÓN

La formación de especialistas en seguridad radiológica y nuclear, salvaguardias y protección física a través de cursos de capacitación y de la participación en congresos y reuniones de expertos a nivel nacional e internacional, es una actividad permanente de la ARN.

La ARN lleva a cabo dicha actividad a través del sector Capacitación, que tiene a cargo la definición, organización y coordinación de los cursos, talleres y seminarios de capacitación y actualización tanto del personal de la ARN como de otros entes estatales y privados que emplean radiaciones ionizantes. Asimismo becarios del Organismo Internacional de Energía Atómica que anualmente concurren al Curso de Postgrado en Protección Radiológica y Seguridad Nuclear.

Adicionalmente a los cursos de aplicación específica en el campo nuclear, el sector capacitación implementa y coordina, para personal de la ARN, cursos y talleres en temas complementarios de interés en el desarrollo de sus funciones.

El curso de posgrado en Protección Radiológica y Seguridad Nuclear realizado en el marco de un acuerdo con la Universidad de Buenos Aires y el Ministerio de Salud y Acción Social con el auspicio del OIEA continúa dictándose en forma anual desde su creación en 1980. Desde entonces se ha venido dictando ininterrumpidamente y de él han egresado hasta el presente 514 profesionales, de los cuales, la mitad aproximadamente, provinieron de otros países. Durante 1997 participaron 25 estudiantes entre profesionales de diversas disciplinas del país y de América Latina.

El curso está estructurado en dos módulos de protección radiológica y seguridad nuclear, de 20 y 10 semanas de duración, respectivamente. Se dictan, en ambos casos 7 horas cátedra diarias.

Un curso de protección radiológica, para técnicos, tiene por objeto capacitar en esta disciplina a técnicos de instituciones oficiales y privadas que lo requieran, a efectos de su desempeño en instala-

ciones que operan con material radiactivo. La duración del mismo es de ocho semanas, con siete horas cátedra diarias. El número de alumnos con que contó este curso durante el presente año fue de 20, entre los que se encontraron personal de la ARN, CNEA, Prefectura Naval, Aeronáutica y Gendarmería Nacional.

Durante 1997 se dictaron cursos orientados a la capacitación específica del personal del ARN, abarcando temas de estadística, informática, confiabilidad e idiomas.

El personal del ARN presentó, durante el año, alrededor de 60 trabajos en reuniones y congresos nacionales e internacionales.

Se realizaron 24 seminarios regulares en diferentes temas de seguridad radiológica y nuclear, salvaguardias y protección física.

En el capítulo 9 se presenta el detalle de: los cursos de capacitación en que participó personal de la ARN en el país y en el exterior, las visitas científicas realizadas y los becarios recibidos durante el año en la institución.

## **RECURSOS ECONÓMICOS Y HUMANOS**

La estructura organizativa de la ARN define una plantilla de personal con 221 cargos permanentes y 6 cargos fuera de plantel, para los miembros del Directorio. Al finalizar 1997 el Organismo poseía 11 becarios.

Del total del plantel, el 70% tiene título universitario completo, estando el 85% del total del personal dedicado a tareas científico-técnicas especializadas, que hacen al área de competencia directa del ARN y el 15% restante a tareas de administración.

El presupuesto asignado a la ARN para el año 1997, cuya distribución fue aprobada por Decisión Administrativa 12/97 fue de \$15 619 121, constituido financieramente por Aportes del Tesoro Nacional, Recursos Específicos y Recursos con Afectación Específica. Este presupuesto sufrió una modificación posterior de \$ 424 570, siendo finalmente de \$16 043 691.

Los gastos en personal representaron el 65,7% del total de los gastos corrientes, incluyendo las retenciones al personal, las contribuciones a cargo del empleador y los gastos sociales. Los gastos en bienes de consumo y los servicios no personales representaron el 15,8% del total.

El detalle de la distribución de gastos, así como el balance general del Organismo al 31 de diciembre de 1997 puede verse en el Capítulo 11 del presente Informe.