

4 capítulo

INSPECCIONES A INSTALACIONES RADIATIVAS

El ENREN controla las instalaciones radiactivas existentes en el país, cuyo número total supera las 1500. Dichas instalaciones tienen fines diversos tales como la producción del material básico para la fabricación de los elementos combustibles para reactores nucleares ya sea de potencia o de investigación, la producción de radioisótopos, de fuentes de irradiación, o el uso de las radiaciones ionizantes en la medicina, la industria, la investigación básica y aplicada. La complejidad de las instalaciones y el inventario radiactivo involucrado abarcan un amplísimo rango y su distribución geográfica cubre todo el país. De acuerdo al propósito de uso se exige a la instalación que cumpla con determinados requisitos de diseño, equipamiento y personal, previo a la autorización o licenciamiento de la operación.

El proceso fiscalización de las prácticas involucra aspectos administrativos contemplados en la normativa vigente y la especificación de requerimientos técnicos y/o funcionales, que deben ser verificados periódicamente.

La función del ENREN es asegurar se limiten los riesgos radiológicos asociados a la operación normal y evitar la posibilidad de

accidentes. En el cumplimiento de dicha función se establecen requerimientos para la implementación de ciertos sistemas de seguridad para equipos e instalaciones, el transporte de material radiactivo, el seguimiento y evaluación del monitoraje individual, el muestreo de las áreas de trabajo, la limitación de las descargas de efluentes y el tratamiento de los desechos radiactivos generados por la práctica. Asimismo, las pautas de seguridad radiológica que abarcan todos los sectores involucrados (personal ocupacionalmente expuesto, público y aún pacientes en el caso de medicina) se debe ir actualizando de acuerdo a los avances en el conocimiento científico y el desarrollo tecnológico.

MÁQUINAS ACELERADORAS DE PARTÍCULAS

ACELERADOR ELECTROSTÁTICO TANDAR

El acelerador TANDAR es propiedad de la Comisión Nacional de Energía Atómica (Gerencia Centro Atómico Constituyentes, Unidad de Actividad: Física) se halla ubicado en el Centro Atómico Constituyentes y posee Licencia de Operación emitida el 8 de mayo de 1991. Su **responsable primario** es el Ingeniero Carlos Gimenez. Es un acelerador electrostático de 20 megavoltios en tandem, capaz de acelerar todo tipo de iones desde hidrógeno hasta uranio. El haz de iones acelerados se hace impactar en materiales que constituyen blancos de distinto tipo, y en base a las mediciones de las diferentes reacciones producidas, se obtiene información acerca de la estructura atómica y subatómica de la materia. Dicha información se aplica en programas de investigación sobre diversos temas, tales como: física nuclear, física atómica, física del estado sólido, secciones eficaces de intercambio, metalurgia, biología, medicina, química y física de reactores nucleares.

Sistemas de seguridad radiológica

Los riesgos radiológicos asociados al funcionamiento del acelerador provienen principalmente de los neutrones y fotones originados al incidir el haz de partículas aceleradas sobre partes estructurales del acelerador, tales como el terminal de alto voltaje, el imán analizador, los blancos del haz y las terminaciones de las líneas experimentales. Para minimizar estos riesgos, la instalación dis-

pone de: enclavamientos que impiden el acceso a diversas áreas, indicadores del nivel del campo de radiación e indicadores luminosos en la zona de operación para cada línea experimental.

Las tasas de dosis de radiación gamma y neutrones son medidas en forma continua por los detectores de áreas que controlan los enclavamientos del sistema automático de protección del personal. Los valores de estas mediciones pueden ser leídos en todo momento en los módulos indicadores que se encuentran en la sala de operación, donde se efectúan las acciones requeridas para las señalizaciones, alarmas y, en casos preestablecidos, el corte del haz.

Datos operativos

Durante el año no se efectuaron irradiaciones con iones livianos; sólo se irradió con iones pesados, condición ésta que no presenta riesgos radiológicos.

Inspecciones

Se realizaron 6 inspecciones rutinarias durante el año verificándose fundamentalmente lo siguiente:

registros mensuales de dosis ocupacionales;

funcionamiento de los sistemas de seguridad radiológica;

señalización luminosa en los accesos restringidos y en la línea experimental en uso y

monitoreo del campo de radiación e indicadores de nivel de radiación en consola.

Dosis ocupacionales

El personal, que desarrolla tareas en la instalación y que pudiera estar sometido al riesgo de irradiación externa, está sujeto a un relevamiento dosimétrico individual mediante dosímetros termoluminiscentes de lectura mensual.

Las dosis recibidas por los 9 trabajadores durante 1995 resultaron menores que el límite de detección para las lecturas de los dosímetros TLD (Límite de detección = 0,1 mSv).

CICLOTRÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE RADIOISÓTOPOS

La instalación, propiedad de la Comisión Nacional de Energía Atómica, está ubicada en el Centro Atómico Ezeiza (Gerencia Centro Atómico Ezeiza, Unidad de Actividad: Coordinación de Plantas de Producción). La misma cuenta con un ciclotrón que acelera protones hasta 40 MeV destinado a la producción de diversos radioisótopos utilizados en biología y medicina nuclear, como ser: talio 201, galio 67, yodo 123, flúor 18, indio 111 y otros.

El período de semidesintegración de los radioisótopos aludidos es muy corto, lo que hace necesario que la producción se realice en las cercanías de los centros de consumo. Su utilización propende a una modernización de los métodos de diagnóstico e investigación clínica y representa un mejoramiento importante para las prestaciones médicas a la población, en nuestro país.

El ciclotrón aún no posee licencia de operación; sólo ha funcionado con autorizaciones específicas durante la realización de algunas pruebas para verificar el comportamiento de la máquina y para efectuar algunas irradiaciones con el fin de optimizar los métodos de obtención de talio 201.

Sistemas de seguridad radiológica

Los principales riesgos radiológicos son el de irradiación durante la operación del ciclotrón, y el de exposición a materiales activados por el haz de partículas, incluyendo el blanco. La instalación cuenta con un sistema computarizado de enclavamientos, que evitan el acceso a las zonas de peligro o detienen la operación de irradiación si se ingresa indebidamente.

Inspecciones

Durante el año 1995 se realizaron 6 inspecciones coincidentes con casi todas las prácticas de prueba realizadas por la instalación. En las mismas se verificó el correcto funcionamiento de todos sistemas de seguridad.

Dosis ocupacionales

Para controlar las dosis del personal de la instalación, los operadores realizan monitoreos de área de las radiaciones gamma y

neutrones. Se realiza, además, una confrontación de las evaluaciones de las dosis con los valores realmente recibidos por el personal, registrados mediante dosímetros personales individuales termoluminiscentes.

Durante 1995, las dosis de los 14 trabajadores de la instalación resultaron menores que 1 mSv, que representa el 5% de 20 mSv, valor de referencia asociado a los nuevos límites de dosis anuales para trabajadores. (Norma AR10.1.1. "Norma básica de seguridad radiológica").

CICLOTRÓN PARA DIAGNÓSTICO E INVESTIGACIÓN CLÍNICA

La Fundación Escuela de Medicina Nuclear es un organismo creado con la participación del Gobierno de la Provincia de Mendoza, la Universidad Nacional de Cuyo y la Comisión Nacional de Energía Atómica. Ubicada en un edificio anexo al Hospital Central, en la calle Garibaldi 405 de la ciudad de Mendoza, está dedicada a actividades de investigación, docencia y tratamiento de pacientes en distintas especialidades medicas tales como la oncología, neurología y cardiología utilizando las tecnologías mas modernas en el diagnostico por imágenes y en el tratamiento oncológico.

Posee el único equipo tomógrafo por emisión de positrones (PET) instalado en el país. Las ventajas del PET sobre las técnicas convencionales de diagnóstico por imágenes son, entre otras, la mayor sensibilidad y resolución de las imágenes, posibilitando un mejor diagnóstico y el empleo de radionucleidos de compatibilidad biológica.

Los radioisótopos utilizados son oxígeno 15, carbono 11, nitrógeno 13 y flúor 18. Estos isótopos tienen periodos de desintegración muy cortos (minutos), por lo que se deben producir en la proximidad del tomógrafo y ser incorporados de inmediato en el radiofármaco a ser empleado. Por lo tanto, la utilización eficiente del PET requiere la instalación de un ciclotrón de uso médico y un laboratorio de radioquímica.

La Fundación adquirió un ciclotrón que producirá los isótopos antes mencionados. Se trata de una máquina que acelera protones hasta 11 MeV y que se alojará en un recinto blindado, para proteger a los trabajadores y al público, de la radiación.

El laboratorio de radioquímica constará de celdas de fraccionamiento de radioisótopos y se diseñará teniendo en cuenta las consideraciones propias del manejo de fuentes radiactivas abiertas.

El ENREN está analizando el informe preliminar de seguridad de la instalación, presentado por los responsables de la misma, y el cronograma de actividades previstas para el año 1996, que incluyen la instalación del ciclotrón mencionado y del laboratorio de radioquímica.

Sistemas de seguridad radiológica

Los principales riesgos asociados a las instalaciones son la irradiación externa y la contaminación del personal ocupacionalmente expuesto.

Datos operativos destacables

Durante el año no hubo incidentes que pudieran afectar la seguridad radiológica de los individuos.

Inspecciones

En el año se realizaron 2 inspecciones a esta instalación.

Dado que la instalación se encuentra en etapa de licenciamiento, durante las inspecciones se verificaron:

el estado de avance de las tareas de instalación y la revisión de la documentación técnica respectiva.

PRODUCCIÓN DE RADIOISÓTOPOS

PLANTA DE PRODUCCIÓN CNEA

Esta planta, propiedad de la Comisión Nacional de Energía Atómica (Gerencia Centro Atómico Ezeiza, Unidad de Actividad: Coordinación de Plantas de Producción) produce radioisótopos para uso medicinal, industrial y agropecuario, siendo los más significativos: el yodo 131 y el molibdeno 99. La instalación se halla ubicada en el Centro Atómico Ezeiza y posee autorización de operación desde el 5 de mayo de 1993. El **responsable primario** es el Ingeniero Alfredo González.

Está constituida por un conjunto de celdas estancas de atmósfera controlada, ordenadas alrededor de un corredor denominado "caliente" por donde ingresan los materiales radiactivos para ser procesados. Dicho corredor se comunica por uno de sus extremos con el edificio del reactor RA-3, por donde ingresa el material irradiado, en dicho reactor, correspondiente a cada proceso de producción. El acceso de personal y equipos se realiza bajo vigilancia radiológica permanente.

Sistemas de seguridad radiológica

Los riesgos radiológicos son los inherentes al manipuleo de material radiactivo: irradiación y contaminación. Las celdas estancas están blindadas con paredes de plomo, lo que reduce a un mínimo la irradiación de los operadores. Poseen sistemas de ventilación y recirculación con filtros de alta eficiencia y filtros de carbón activado, para evitar la emisión no controlada de material radiactivo tanto a la atmósfera de trabajo como al ambiente.

Inspecciones

Durante el año se efectuaron 10 inspecciones. A través de las mismas se verificó el cumplimiento de lo establecido en la licencia de operación, y se llevaron a cabo los siguientes controles:

muestreo en la chimenea de descarga (con el fin de estimar la actividad eliminada al medio ambiente);

muestreo en las áreas de trabajo (para la determinación de la contaminación superficial) y

control de los registros de dosis ocupacional, de ingreso y egreso del personal al área controlada, verificación del estado de los filtros y del sistema de detección y extinción de incendios.

Dosis ocupacionales

La instalación lleva a cabo rutinariamente el control radiológico del personal, de las descargas al ambiente y controla periódicamente la concentración en aire de material radiactivo, y la contaminación superficial en locales del interior de la misma.

Durante 1995, el 90% de los 50 trabajadores recibieron menos de 5,5 mSv, siendo la dosis promedio para la instalación 2,6 mSv. Hubo un solo trabajador que recibió, en el año, una dosis efectiva de 24 mSv lo que, sin embargo, no viola la Norma AR10.1.1. "**Norma básica de seguridad radiológica**", que establece que el

límite anual de dosis efectiva debe ser 20 mSv, considerado como el promedio en 5 años consecutivos (100 mSv en 5 años) no pudiendo excederse 50 mSv en un único año. En relación con este caso, se requirió a la instalación que determine las causas de lo acontecido y que arbitre las medidas necesarias para evitar su repetición.

Hechos destacados

El día 6 de octubre de 1995 ocurrió un incidente en el local de despacho de radioisótopos, al volcarse un blindaje utilizado para el transporte de yodo 131 que en su interior contenía restos de dicho radionucleido. Se requirió la descontaminación del área afectada y se llevó a cabo el seguimiento radiológico del personal involucrado, comprobándose que ninguna persona había superado los límites de dosis correspondientes. Asimismo, se investigó el lugar de procedencia de dichos blindajes (Hospital Durand) y se controló dosimétricamente al personal de este lugar, observándose que en ningún caso fueron superados los límites de dosis.

PLANTA PARA LA PRODUCCIÓN DE MOLIBDENO 99

La planta es propiedad de Comisión Nacional de Energía Atómica (Gerencia Centro Atómico. Ezeiza, Unidad de Actividad: Coordinación de Plantas de Producción) está ubicada en dicho centro y cuenta con una licencia de operación otorgada el 30 de junio de 1995. El **responsable primario** es el Licenciado Pablo Cristini.

Esta instalación separa, mediante procesos radioquímicos, el molibdeno 99 producto de la fisión del uranio 235.

Esta planta produce uno de los radioisótopos de mayor uso en medicina: el tecnecio 99m. Dicho radionucleido, es obtenido a partir de los denominados generadores por decaimiento del molibdeno 99. El generador está constituido por un sistema de dos radionucleidos, uno de 66 horas de período de semidesintegración (molibdeno 99) que, al decaer, genera otro de período de semidesintegración más corto (tecnecio 99m) en equilibrio radiactivo.

Sistemas de seguridad radiológica

Los riesgos son los inherentes al manipuleo de material radiactivo producto de la fisión del uranio 235, es decir, irradiación externa y contaminación. También deben tomarse precauciones para

evitar accidentes de criticidad dado que se manipula uranio 235, el cual debe ser recuperado cuidando que en ningún momento se llegue a una configuración crítica.

La instalación posee dos sistemas de ventilación separados: uno exclusivo para las celdas de disolución del uranio 235 irradiado y extracción del molibdeno, y otro para el laboratorio en el que se encuentran dichas celdas. Ambos sistemas cuentan con filtros de aerosoles de alta eficiencia, y el sistema correspondiente a las celdas cuenta, además, con filtros de carbón activado. De esta forma se logran controlar las emisiones de material radiactivo al ambiente, para llegar a valores compatibles con los establecidos en la licencia de operación.

La instalación no realiza descargas líquidas al ambiente, ya que los mismos son almacenados en tanques destinados para tal fin, que a posteriori son procesados por la planta de desechos del centro atómico.

El funcionamiento de todos los sistemas que componen la instalación se controlan a través de un panel con señales visuales y acústicas, que refleja en cada instante la situación en que los mismos se encuentran.

Datos operativos

En la instalación se procesaron muestras desde febrero a mayo inclusive, con el propósito de optimizar el método operativo. Los procesos se efectuaron bajo un régimen de autorizaciones específicas emitidas por el ENREN, lo que permitió mantener un estricto control sobre la evolución del ajuste del método de operación.

Inspecciones

Durante el año se efectuaron 10 inspecciones mediante las cuales se verificó:

el cumplimiento de las condiciones establecidas por el ENREN para las prácticas autorizadas;

las descargas por chimenea, para determinar la actividad liberada al ambiente; y

el inventario de uranio.

Por otra parte, se elaboró y emitió la licencia de operación.

Dosis ocupacionales

La instalación lleva a cabo rutinariamente la vigilancia de las descargas gaseosas al ambiente, y el control del estado radiológico en las diferentes áreas de la instalación.

Ningún trabajador superó el límite anual de dosis efectiva de referencia (20 mSv), siendo 11 mSv la máxima dosis individual. El 90% de los 17 agentes que trabajaron durante 1995 recibieron menos de 5 mSv.

Hechos destacados

La instalación no opera desde el 1 de junio de 1995. Desde el 17 de noviembre de 1995 se encuentra suspendida la operación hasta que la **entidad responsable** cumpla con diversos requerimientos regulatorios relativos a la capacitación y licenciamiento del personal, a la prevención de incidentes de criticidad y a la descontaminación de áreas.

Las descargas de efluentes gaseosos a la atmósfera representaron un porcentaje no significativo de los límites autorizados.

LABORATORIOS DE PRODUCCIÓN DE GENERADORES DE TECNECIO 99m

El principal radionucleido utilizado en el diagnóstico "*in vivo*" de enfermedades o disfunciones es el tecnecio 99 metaestable, con el que se "marcan" distintos fármacos. Este isótopo se obtiene a partir de un dispositivo denominado generador.

Se encuentran autorizadas para producir generadores de tecnecio, las empresas Laboratorios Bacon S.A.I.C. sita en la calle Uruguay 136, Villa Martelli, provincia de Buenos Aires, desde 1990, y Tecnonuclear S.A., ubicada en la calle Arias 4176, Capital Federal, desde 1993.

En la fabricación y armado de generadores se utiliza molibdeno 99 como materia prima. El proceso implica la reducción de molibdato de sodio y su fijación en una columna de alúmina. El molibdeno 99, por transformación radiactiva, se convierte en tecnecio 99 metaestable, el cual es apto para ser extraído del generador por medio de una elusión con solución fisiológica levemente

oxidante. El generador acondicionado para ser fácil de manipular por parte del personal de los servicios de medicina nuclear, está en su totalidad convenientemente blindado.

El proceso se realiza en una celda de fraccionamiento adecuadamente blindada, en cuya parte inferior se ubica el depósito de desechos radiactivos líquidos provenientes de derrames o limpieza de la celda. Para mantener una ligera depresión dentro de la celda de fraccionamiento, se instaló un sistema de extracción de aire en cuya salida se ubican filtros de alta eficiencia.

La área de trabajo cuenta con sistemas de seguridad que impiden el acceso de personal no autorizado, y está diseñada de forma de facilitar la descontaminación de superficies.

Sistemas de seguridad radiológica

El principal riesgo asociado a este tipo de plantas es la irradiación externa del personal ocupacionalmente expuesto. El riesgo debido a la contaminación interna es bajo, dado a que las operaciones se realizan en una celda blindada a menor presión que la atmosférica.

Datos operativos destacables

Durante el año no hubo incidentes que pudieran afectar la seguridad radiológica de los individuos.

Inspecciones

En el año se realizaron 3 inspecciones a las plantas citadas.

Durante las inspecciones se verificaron:

-
- la eficiencia de los blindajes;**
 - el funcionamiento de los sistemas de seguridad asociados a la instalación;**
 - el estado y funcionamiento de los equipos de protección radiológica ;**
 - los niveles de contaminación superficial en las áreas de trabajo ;**
 - los niveles de actividad en los efluentes gaseosos y**
 - los registros de dosimetría individual de personal.**
-

PRODUCCIÓN DE FUENTES RADIATIVAS

PLANTA DE FABRICACIÓN FUENTES ENCAPSULADAS CNEA

En esta planta se fabrican fuentes encapsuladas de cobalto 60, para utilizarlas en telecobaltoterapia, gammagrafía y plantas de irradiación. Es propiedad de la Comisión Nacional de Energía Atómica (Gerencia Centro Atómico Ezeiza, Unidad de Actividad: Coordinación de Plantas de Producción) y está localizada en el Centro Atómico Ezeiza. El proceso, que se lleva a cabo mediante telemanipuladores en celdas blindadas, consiste, a grandes rasgos, en incluir municiones y varillas de cobalto 60 en cápsulas de acero y sellar las mismas herméticamente mediante soldadura eléctrica. La instalación cuenta con licencia de operación extendida el 11 de julio de 1989. El **responsable primario** es el Licenciado Oscar Bonetto.

Sistemas de seguridad radiológica

Los riesgos inherentes a este tipo de instalación son los debidos a la posible irradiación, y contaminación con material radiactivo.

Para la prevención de riesgos de irradiación del personal por apertura accidental de la puerta de acceso a la celda, se dispone de:

- a) alarma sonora y visual cuando se inicia la secuencia de apertura de la puerta,
- b) bloqueo de la apertura de la puerta de acceso mediante una señal emitida por los monitores de área de radiación.

La ventilación de la celda es independiente del resto de los locales, y tiene por objeto impedir la salida al exterior de material radiactivo en forma de polvo o aerosoles, como así también del ozono que pueda producirse en su interior.

Inspecciones

Durante el año se realizaron 10 inspecciones. En las mismas se verificaron:

el correcto funcionamiento de los sistemas de seguridad por apertura accidental de la puerta de acceso a la celda;

los valores de contaminación superficial;

el registro de acceso a zona controlada y de las dosis del personal y

el estado de los filtros y el sistema de detección y extinción de incendios.

Dosis ocupacionales

El operador de la instalación monitorea la dosis que recibe el personal que ingresa a las áreas de acceso restringido utilizando dosímetros de lectura directa y termoluminiscentes. Además se efectúa control rutinario de la contaminación interna por medio de un detector de radionucleidos en todo el cuerpo, o de ser necesario por medio de un análisis de excretas.

A los efectos de controlar la posible contaminación de la instalación, fundamentalmente debido a los procesos de fabricación de las fuentes, se realizan tomas de muestras de contaminación superficial en forma periódica en distintos sectores. También se realiza la determinación del valor de la tasa de dosis equivalente ambiental y del nivel de contaminación del aire.

Ningún trabajador superó el límite anual de dosis efectiva de referencia (20 mSv). La máxima dosis individual fue 12 mSv, valor que representa el 60% de los 20 mSv. El 50% de los 8 trabajadores recibieron una dosis menor que 4 mSv.

Hechos destacables

En base a las inspecciones llevadas a cabo durante el año se pudo determinar la existencia de un nivel elevado de contaminación superficial en el área controlada, por lo cual se requirió a la instalación la descontaminación del área, y que tome las medidas necesarias para evitar la repetición de esta situación.

PLANTA DE FABRICACIÓN DE FUENTES PARA GAMMAGRAFÍA

El propósito de esta instalación es el fraccionamiento, manipuleo, fabricación y reparación de fuentes encapsuladas de iridio 192 para gammagrafía. Su propietario es la empresa Polytec y está localizada en Bulevar Ballester 970, Villa Ballester, provincia de Buenos Aires. Su funcionamiento comenzó en el año 1989.

El proceso se lleva a cabo en una celda blindada. Consiste en alojar discos de iridio 192 en una primera cápsula de acero inoxidable que se sella usando soldadura bajo atmósfera de argón, y posteriormente se coloca en una segunda cápsula que se suelda por el mismo procedimiento. La fuente doblemente encapsulada se aloja en un recipiente de transporte, desde el cual se realiza, luego, la transferencia a equipos de gammagrafía.

Sistemas de seguridad radiológica

El principal riesgo asociado a esta planta es la irradiación externa del personal ocupacionalmente expuesto .

La zona de operación cuenta con sistemas de seguridad que impiden el acceso de personal no autorizado al recinto de trabajo.

Datos operativos destacables

Durante el año no hubo incidentes que pudieran afectar la seguridad radiológica de los individuos.

Inspecciones

En el año se realizó 1 inspección a esta instalación.

Durante la inspección se verificaron:

- la eficiencia de los blindajes;
 - el nivel de contaminación superficial en las áreas de trabajo;
 - el funcionamiento de los sistemas de seguridad asociados a la instalación;
 - el estado y funcionamiento de los equipos de protección radiológica;
 - el tratamiento de los desechos radiactivos generados y
 - los registros de dosimetría individual de personal y el hecho de que los mismos se mantengan por debajo de los límites establecidos.
-

INSTALACIONES PARA IRRADIACIÓN CON ALTAS DOSIS

PLANTA INDUSTRIAL DE IRRADIACIÓN IONICS S. A.

Esta planta es propiedad de la empresa Ionics S. A. y está ubicada en la localidad López Camelo, partido de Tigre, provincia Buenos Aires. La instalación cuenta con autorización de operación otorgada el 26 de setiembre de 1991. Su **responsable primario** es el Ingeniero Sergio Rataus. Es utilizada para irradiar productos destinados al uso biomédico, -aplicando dosis de esterilización-, como así también, tratar alimentos o productos farmacéuticos con la finalidad de mejorar sus propiedades.

La planta de irradiación fue diseñada y construida para una capacidad de 37 PBq de cobalto 60; es del tipo "fuente húmeda" (almacenamiento de la fuente en una pileta, con blindaje de agua) y posee un sistema de contenedores suspendidos para el transporte del producto a irradiar. Sus componentes básicos son: el recinto de irradiación, el portafuentes, la pileta para alojamiento de la fuente, el mecanismo elevador de la fuente y el sistema de transporte del producto a irradiar. Los muros y techos del recinto de irradiación están blindados con hormigón, cuyo espesor es de hasta 2,00 m.

Sistemas de seguridad radiológica

El principal riesgo asociado al funcionamiento de la planta es la irradiación externa del personal en caso de entrada al recinto con la fuente en posición de irradiación. Para minimizar dicho riesgo, la instalación cuenta con sistemas de seguridad asociados a la posición de la fuente. Los enclavamientos no permiten la entrada al recinto si la fuente se encuentra en posición de irradiación. Adicionalmente, existen detectores para indicar la presencia indebida de personas en sectores de peligro.

Además la planta cuenta, en la sala de control, con sistemas de señalización que indican la posición de la fuente, el nivel de agua de la pileta, si el recinto está desalojado, eventuales fallas en el sistema de izado de la fuente, el grado de desmineralización del agua de la pileta, la apertura o cierre de la puerta de entrada y de la abertura cenital. Asimismo cuenta con monitores fijos y portátiles de nivel de radiación en el recinto de irradiación y en el laberinto de acceso.

El sistema de ventilación para la eliminación del ozono producido durante las irradiaciones, está constituido por dos extractores de aire -con una capacidad de 200 m³/min- y un inyector de aire, estando señalizada en la consola de comando la condición de operación de cada extractor.

Inspecciones

Durante el año 1995 se realizó una inspección en la cual se verificó:

- el adecuado funcionamiento de los diferentes sistemas de seguridad;
- el control del nivel de agua de la pileta;
- el control de la actividad del agua de la pileta y
- los registros de dosis personales.

Dosis ocupacionales

La instalación lleva a cabo el monitoreo de las áreas de trabajo por medio de medidores de tasa de irradiación y el monitoreo individual de los trabajadores mediante dosímetros personales. Los trabajadores durante el año 1995, no superaron los límites anuales de dosis.

PLANTA SEMI-INDUSTRIAL DE IRRADIACIÓN CNEA

La planta, propiedad de la Comisión Nacional de Energía Atómica (Gerencia Centro Atómico Ezeiza, Unidad de Actividad: Materiales y Combustibles Nucleares) está ubicada dentro del predio de dicho centro, y emplea fuentes radiactivas de alta actividad, para la esterilización de productos farmacéuticos y biomédicos y la conservación de alimentos. La instalación consta de un recinto de irradiación, del portafuentes, de la pileta de almacenamiento de la fuente, del mecanismo elevador de la fuente y del sistema de transporte de muestras. Los muros y techos del recinto de irradiación son de hormigón, construidos con propósito de blindaje, con espesores de hasta 1,80 m.

Esta planta fue diseñada y construida para albergar una fuente de hasta 37 PBq de cobalto 60; actualmente su carga es de, aproximadamente, 13 PBq.

La instalación cuenta con licencia de operación otorgada el 21 de diciembre de 1993. El **responsable primario** es el Ingeniero Alfredo González.

Sistemas de seguridad radiológica

El principal riesgo asociado al funcionamiento de la instalación es el de irradiación externa del personal, en caso de acceder al recinto estando la fuente en posición de irradiación. Para minimizar dicho riesgo, la instalación cuenta con sistemas de seguridad asociados a la posición de la fuente. Si la fuente se encuentra en posición de irradiación, la puerta de acceso al laberinto se enclava cerrada, y la presencia indebida de personas en sectores de peligro es vigilada mediante sistemas de detección.

Asimismo la planta cuenta con sistemas visuales que indican la posición de irradiación de la fuente y el nivel de agua de la pileta; conjuntamente con estos actúan alarmas acústicas destinados a indicar falla de los extractores de aire y del bloqueo de la puerta de acceso al laberinto.

La concentración de ozono del recinto de irradiación se mantiene en niveles admisibles, por medio de extractores ubicados en el techo del edificio.

Inspecciones

Durante el año 1995 se realizaron 10 inspecciones en las cuales se verificaron:

-
- el adecuado funcionamiento de los diferentes sistemas de seguridad,**
 - el nivel de agua de la pileta;**
 - la actividad del agua de la pileta de almacenamiento y**
 - los registros de dosis personales.**
-

Dosis ocupacionales

La instalación lleva a cabo el control de las dosis individuales de los trabajadores mediante el monitoreo del nivel de radiación en las áreas de trabajo; el monitoreo se efectúa por medio de cámaras de ionización y su posterior confirmación se realiza mediante la lectura de los dosímetros personales.

Ningún trabajador superó el límite anual de dosis efectiva de referencia (20 mSv). La máxima dosis individual fue 6 mSv. El 90% de los 17 trabajadores no superaron 2 mSv.

Hechos destacables

La planta tiene suspendida su operación desde el 28 de diciembre de 1995 hasta tanto cumpla con requerimientos emitidos por el ENREN referidos a los sistemas de seguridad, al licenciamiento del personal y al mantenimiento general de la instalación.

IRRADIADOR MÓVIL IMCO 20

El irradiador transportable denominado IMCO 20 fue adquirido por la provincia de Mendoza para ser aplicado en la técnica del insecto estéril, dentro del plan de erradicación de la mosca de la fruta o del Mediterráneo. El equipo es operado por la empresa Nuclear Mendoza S.E. desde su autorización en el año 1992.

El equipo utiliza como fuentes radiactivas 4 "lápices" de cobalto 60 con una actividad del orden de 190 TBq cada uno.

El período de operación se extiende desde principios de noviembre a fines de mayo de cada año.

Sistemas de seguridad radiológica

El principal riesgo asociado al irradiador móvil es la irradiación externa del personal ocupacionalmente expuesto.

El equipo se ha localizado en un terreno ubicado en el Insectario Provincial y se encuentra adecuadamente señalizado y vallado. El sector donde se realiza la operación del irradiador cuenta con sistemas de seguridad que impiden el acceso de personal no autorizado al recinto de irradiación.

Datos operativos destacables

Durante el año no hubo incidentes que pudieran afectar la seguridad radiológica de los individuos.

Inspecciones

En el año se realizó 1 inspección al irradiador.

Durante la inspección se verificaron:

la eficiencia de los blindajes;

el funcionamiento de los sistemas de seguridad asociados a la instalación;

el estado y funcionamiento de los equipos de protección radiológica y

los registros de dosimetría individual de personal.

PLANTA DE IRRADIACIÓN DE BARROS CLOACALES

La planta está destinada a eliminar bacterias patógenas presentes en los barros provenientes de una planta de tratamiento convencional de efluentes cloacales, mediante la irradiación de estos barros. Para este proceso se prevé emplear una fuente radiactiva con una actividad máxima de 26 PBq de cobalto 60.

La instalación está siendo construida por la Comisión Nacional de Energía Atómica en terrenos del establecimiento depurador de San Felipe, a 8 km al sur de la ciudad de San Miguel de Tucumán y posee licencia de construcción emitida el 22 de noviembre de 1994. El **responsable primario** de la instalación es el Ingeniero Jorge Graiño.

La obra civil se completó durante el año 1995 y se espera iniciar el montaje de los componentes electromecánicos en 1996. En el curso del año 1995, se efectuaron tres inspecciones para verificar la calidad de la construcción de los blindajes de hormigón que forman parte de la instalación, con resultados satisfactorios.

FABRICACIÓN DE ELEMENTOS COMBUSTIBLES NUCLEARES

COMPLEJO FABRIL CÓRDOBA

La planta, ubicada en el barrio Alta Córdoba, en la capital de dicha provincia, pertenece a la Comisión Nacional de Energía Atómica (Gerencia General, Unidad Proyectos Especiales Suministros Nucleares) y está dedicada a la purificación de concentrado de uranio y conversión del producto, de pureza nuclear, a polvo de óxido de uranio. Inició su operación en noviembre de 1982. Por sus características radiológicas, se trata de una instalación relevante, con autorización de funcionamiento desde el 15 de junio de 1983. La capacidad nominal de producción de concentrado es de 150 toneladas de uranio/año. El **responsable primario** del complejo es el Doctor Eduardo Pérez.

Datos operativos

La planta reinició su operación a fines del primer trimestre de 1995 luego de una etapa de inactividad, programada, en su cronograma. Las descargas de efluentes al ambiente fueron el 51% como aerosoles y el 59% en solución, de los respectivos límites fijados en la autorización emitida por el ENREN.

Inspecciones

Durante el año 1995 se realizaron 3 inspecciones. Se le otorgó a la instalación una autorización para efectuar prácticas de mezclado y homogeneización de polvo de dióxido de uranio enriquecido al 3,4% en uranio 235 con dióxido de uranio natural: el objeto es obtener óxidos de uranio levemente enriquecidos (al 0,85%) en el isótopo 235, para la fabricación de elementos combustibles prototipos para la Central Nuclear Atucha I. Dichas prácticas se realizaron en un todo de acuerdo a lo programado.

Hechos destacables

Durante el mes de agosto se produjeron 3 incidentes. El primero de ellos, el día 5 de agosto, por derrame de polvo de óxido de uranio natural en la planta de conversión, al romperse un conducto flexible entre el estabilizador de

polvo y los tambores que se estaban cargando con el material. A raíz de este incidente, se efectuó una inspección especial al complejo para realizar una evaluación de los riesgos toxicológicos asociados, constatándose que no hubo contaminación externa o interna del personal.

Los otros dos incidentes se produjeron (durante la tercera semana de agosto) en la planta de purificación de concentrados, por derrames de espumas con ácido nítrico en el primer reactor de disolución de concentrado, sin consecuencias radiológicas. Se efectuaron las correspondientes tareas extras de limpieza y neutralización de los derrames producidos.

PRODUCCIÓN DE URANIO ENRIQUECIDO

El propósito de la instalación es la obtención de uranio con varios grados de enriquecimiento en el isótopo 235. La planta fue construida en su totalidad con tecnología nacional; está ubicada en Pilcaniyeu (provincia de Río Negro), es propiedad de la Comisión Nacional de Energía Atómica (Gerencia Centro Atómico Bariloche Unidad Tecnológica Pilcaniyeu) y su operador es la empresa Investigación Aplicada S.E. (INVAP). El **responsable primario** de esta instalación es el Licenciado Jorge Solís.

El enriquecimiento de uranio se lleva a cabo por el método de separación isotópica por difusión gaseosa, a través de barreras porosas. La instalación está constituida por varias plantas: la planta de conversión de dióxido de uranio a hexafluoruro de uranio, la planta de purificación del hexafluoruro, la planta piloto experimental (o "mock-up") y dos plantas donde se realiza el enriquecimiento. También posee las siguientes instalaciones auxiliares: producción de nitrógeno, fabricación de membranas para difusión gaseosa y fabricación de aceites halogenados para los compresores.

Sistemas de seguridad radiológica

El manejo de los compuestos químicos en la planta de enriquecimiento encierra un riesgo predominantemente toxicológico, básicamente asociado a la exposición accidental al hexafluoruro de uranio, al ácido fluorhídrico y al fluoruro de uranio, y un riesgo radiológico en casos de contaminación interna con compuestos de uranio. Para prevenir dichos riesgos los operadores disponen de sistemas de protección respiratoria personal y los recintos de

trabajo se encuentran a menor presión respecto a la del ambiente exterior para evitar fugas del material. La instalación está diseñada y es operada de manera de asegurar la prevención de la ocurrencia de accidentes de criticidad.

Datos operativos

Durante el año 1995 la planta no produjo uranio enriquecido. Se realizó el montaje de nuevas unidades de separación por difusión molecular isotérmica.

Inspecciones

Durante el año se realizaron 3 inspecciones. Se verificaron:

-
- el estado de los restos de proceso almacenados;**
 - el grado de avance del montaje de las nuevas unidades y**
 - la documentación que formará parte de la licencia de operación.**
-

Hechos destacables

Durante el año 1995, se presentó al ENREN la documentación preliminar de la planta, necesaria para obtener la licencia de operación. Dicha documentación comprende: la operación y mantenimiento de los sistemas de generación de flúor y vaporización de ácido fluorhídrico; los reactores químicos de hidrofluoración, purificación; el sistema de trasvase de hexafluoruro de uranio; los sistemas de tratamiento de efluentes; y el mecanismo de transporte neumático de dióxido de uranio. Asimismo, se presentó el manual de mantenimiento de los sistemas que proveen los servicios auxiliares.

FÁBRICA DE ELEMENTOS COMBUSTIBLES CONUAR S.A.

La fábrica de elementos combustibles nucleares, operada por la empresa Combustibles Nucleares Argentinos S.A. (CONUAR S.A.), está situada en el Centro Atómico Ezeiza. En sus instalaciones se produce el combustible que requieran las centrales nucleares argentinas.

El proceso de fabricación tiene como insumos principales el polvo de dióxido de uranio, de pureza nuclear, proveniente del Complejo Fabril Córdoba, y los tubos fabricados con una aleación de circonio -denominada Zircaloy- producidos en instalaciones de la Fábrica de Aleaciones Especiales, adyacente a la planta.

La instalación opera bajo la autorización de operación emitida el 1 de diciembre de 1991. Su **responsable primario** es el Licenciado Jorge Recalde.

Sistemas de seguridad radiológica

En el proceso de fabricación de pastillas de óxido de uranio se generan aerosoles; para evitar la presencia de estos en el ambiente de trabajo, la planta cuenta con un sistema de extracción, el cual está conectado a dos filtros húmedos encargados de precipitar las partículas de uranio en suspensión. Además, a fin de evitar la dispersión del polvo proveniente de la operación, se dispone de un sistema de ventilación y filtrado de alta eficiencia.

Datos operativos

La instalación funcionó regularmente a lo largo del año; durante el mismo solicitó autorización para fabricar elementos combustibles con uranio levemente enriquecido (al 0,85% en uranio 235) para la Central Nuclear Atucha I.

Inspecciones

En el año se realizaron 6 inspecciones; durante las mismas se verificaron:

la concentración de uranio en aire;

la contaminación superficial;

los registros asociados al personal que accede a zona controlada;

los registros de dosis individuales;

el nivel de concentración de uranio en los efluentes líquidos y

el nivel de concentración de uranio en la vía fluvial de descarga.

Dosis ocupacionales

Rutinariamente se llevan a cabo monitorajes del recinto de trabajo, a través de la determinación de la concentración de uranio en aire y en superficies, para evaluar posibles contaminaciones debidas a pequeñas pérdidas asociadas al proceso de fabricación, fundamentalmente en la zona de carga de tolvas y de prensado.

Asimismo, se efectúan determinaciones del contenido de uranio en muestras de orina para evaluar la posible contaminación interna de los trabajadores de la planta.

Ningún trabajador superó el límite anual de dosis efectiva de referencia (20 mSv). La máxima dosis individual fue 6 mSv, valor que representa el 30% de los 20 mSv. El 90% de los 45 trabajadores no superaron 5 mSv.

Descarga de efluentes

Los efluentes líquidos de la instalación conteniendo uranio son derivados a una cisterna de donde se bombean a dos decantadores. Para favorecer la precipitación de los sólidos presentes en dichos líquidos se realiza el agregado de floculantes. El líquido tratado es eliminado cuando su concentración de uranio está dentro de los valores permitidos de descarga al ambiente. El precipitado sólido es tratado como desecho radiactivo.

Durante el año la instalación emitió al ambiente como efluente líquido menos del 41,5% del límite anual autorizado, y aproximadamente el 3% del límite autorizado como efluente sólido.

FÁBRICA DE ELEMENTOS COMBUSTIBLES PARA REACTORES DE INVESTIGACIÓN CNEA

La fábrica de elementos combustibles para reactores de investigación es operada por CONUAR S.A. y está ubicada en el Centro Atómico Ezeiza. Posee licencia de operación desde octubre de 1993 y su **responsable primario** es el Ingeniero Benigno Rasenberg. Con tecnología provista por el laboratorio de fabricación de elementos combustibles (CNEA-CAC), y material proporcionado por la planta de conversión de hexafluoruro de uranio a óxido de uranio (CNEA-CAC), esta instalación fabrica elementos combustibles para reactores de investigación, con uranio enriquecido al 20% en el isótopo 235 y polvo de aluminio de alta pureza.

Sistemas de seguridad radiológica

El riesgo radiológico más importante asociado a esta instalación es el de posible contaminación. Para minimizar las fugas del material procesado, las cajas de guantes donde se procesa el polvo de uranio están a menor presión que la de la habitación de trabajo y esto se repite con las sucesivas habitaciones, lo que garantiza el confinamiento del material en caso de pérdidas.

Datos operativos

La planta procesó durante el año 1995 solamente dos lotes de óxido de uranio.

Inspecciones

Durante el año 1995 se realizaron 4 inspecciones. Se verificaron:

-
- los registros de dosis, de ingreso-egreso al área controlada y de contaminación**
 - el inventario del material presente;**
 - la estanqueidad de las cajas de guantes;**
 - el funcionamiento de los sistemas de alarmas y**
 - los procedimientos de operación.**
-

Además se llevaron a cabo muestreos de aire y de superficies, independientes de los realizados por la instalación.

Dosis ocupacionales

Se controla la concentración de uranio en aire en la zona de proceso y la contaminación de superficies de las áreas de trabajo. Asimismo, se evalúa la contaminación interna y la irradiación externa del personal, mediante la realización de controles individuales en orina y el uso de dosímetros personales.

Ningún trabajador superó el límite anual de dosis efectiva de referencia (20 mSv). La máxima dosis individual fue 1,3 mSv. El 90% de los 7 trabajadores no superaron 1 mSv.

OTRAS INSTALACIONES DE LA COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA

LABORATORIO DE FABRICACIÓN DE ELEMENTOS COMBUSTIBLES PARA REACTORES DE INVESTIGACIÓN

El laboratorio de fabricación de elementos combustibles para reactores de investigación, propiedad de Comisión Nacional de Energía Atómica (Gerencia Centro Atómico Constituyentes, Unidad de Actividad: Combustibles Nucleares), utiliza polvo de óxido de uranio (sesquióxido de uranio), enriquecido al 20% en el isótopo 235, y polvo de aluminio de alta pureza. Está ubicada en el Centro Atómico Constituyentes y posee licencia de operación emitida el 12 de diciembre de 1989, para fabricar elementos con uranio al 20% en el isótopo 235 y ampliada el 12 de noviembre de 1992 para uranio al 90%. Su **responsable primario** es el Ingeniero Carlos Cohut.

Sistemas de seguridad radiológica

La fabricación de elementos combustibles con uranio enriquecido presenta, para el personal de operación, riesgos de incorporación de uranio (contaminación interna) y riesgos de irradiación con neutrones por accidentes de criticidad. Para prevenir estos riesgos, la instalación está diseñada y es operada de manera segura desde todo punto de vista, incluyendo el de la criticidad del material físil. En todas las etapas del proceso de fabricación existen límites de la masa del material físil acumulado, que se deben cumplir para asegurar la operación segura. Este objetivo se logra por medio de un diseño adecuado (seguridad por diseño) o cuando ello no es suficiente, por controles administrativos (seguridad por operación).

Para evitar la contaminación interna la manipulación del polvo del óxido de uranio se realiza en cajas de guantes con confinamiento total. Este confinamiento se logra utilizando cajas estancas mantenidas a menor presión respecto al del área de trabajo. Asimismo, el recinto que delimita la zona controlada se mantiene a menor presión que la atmosférica, para evitar la salida del material de la instalación.

Datos operativos

Durante el año la planta fabricó un elemento combustible de uranio natural y produjo miniplacas con uranio enriquecido al 90% en el isótopo 235, para la obtención de molibdeno 99 por fisión.

Inspecciones

Se realizaron 5 inspecciones rutinarias durante el año verificándose lo siguiente:

-
- registros mensuales de dosis ocupacionales;**
 - control de ingreso y egreso del personal al área controlada;**
 - registros de contaminación radiactiva;**
 - cantidad de material fisible presente en el sector;**
 - presión en caja de guantes;**
 - pruebas de falla del control de la presión en los ambientes de trabajo y**
 - verificación del estado de los filtros y del sistema de detección y**
 - extinción de incendio.**

Dosis ocupacionales

La evaluación de la contaminación interna del personal se lleva a cabo, en forma rutinaria, a través análisis para la determinación de uranio en orina. Para el seguimiento de la dosis por irradiación externa se realizan lecturas mensuales de los dosímetros personales.

Las dosis ocupacionales de los 4 trabajadores de la instalación se mantuvieron por debajo de 1mSv para la irradiación externa, y para la contaminación interna las eliminaciones de uranio por orina estuvieron por debajo de 0,5 g de uranio/litro. Estos valores permiten asegurar que las dosis recibidas por los trabajadores no excedieron el 5% del límite anual de referencia de dosis efectiva.

PLANTA DE CONVERSIÓN

La planta de conversión de hexafluoruro de uranio a óxido de uranio es propiedad de la Comisión Nacional de Energía Atómica (Gerencia Centro Atómico Constituyentes, Unidad de Actividad: Combustibles Nucleares), y está destinada a la producción del

material necesario para la fabricación de elementos combustibles para reactores de investigación, partiendo de hexafluoruro de uranio enriquecido al 20% en el isótopo 235. Esta instalación se halla ubicada en el Centro Atómico Constituyentes y posee licencia de operación emitida el 4 de abril de 1989. Su **responsable primario** es la Licenciada Norma Boero.

Sistemas de seguridad radiológica

El proceso comprende una etapa húmeda, que consiste en la extracción del hexafluoruro por calentamiento, hidrólisis a fluoruro de uranilo y precipitación como diuranato de amonio, y una etapa seca, que comprende la calcinación y tratamiento de los polvos hasta lograr sesquióxido de uranio con calidad nuclear. El manejo de estos compuestos encierra un riesgo para el personal predominantemente toxicológico en caso de exposición accidental al ácido fluorhídrico o a los compuestos fluorados del uranio, y riesgos radiológicos en caso de contaminación interna con los compuestos de uranio. Para minimizar estos riesgos, la instalación cuenta con cajas de guantes, campanas, sistema de ventilación de las cajas de guantes, detectores de criticidad, torres lavadoras, y los enclavamientos y señalizaciones apropiadas.

Datos operativos

Durante el año la instalación no operó en forma rutinaria; solamente se llevaron a cabo procesos de calcinación de diuranato de amonio.

Inspecciones

Se efectuaron 6 inspecciones rutinarias durante el año, verificándose fundamentalmente lo siguiente:

-
- control de ingreso y egreso del personal al área controlada;
 - registros de contaminación;
 - cantidad de material presente en el sector;
 - presión en caja de guantes;
 - prueba de alarma de falla de extracción en caja de guantes;
 - verificación del estado de los filtros del sistema de ventilación;
 - sistema de detección de criticidad y
 - registro de pruebas de alarmas y del sistema de detección y extinción de incendio.
-

Dosis ocupacionales

La estimación de la dosis debida a contaminación interna se realiza mediante la determinación de uranio en muestras de orina. Adicionalmente se efectúan los siguientes controles en el ambiente de trabajo: monitoreo de concentración de uranio en aire, monitoreo de la contaminación de superficies, ropa y objetos de trabajo.

Los registros de la medición para determinar contaminación interna muestran que las eliminaciones de uranio por orina fueron menores que 0,3 g de uranio/litro, muy por debajo del valor aceptable o de referencia.

FACILIDAD ALFA

Este laboratorio está destinado a la fabricación y caracterización físico-química de combustibles nucleares en base a óxidos mixtos de uranio y plutonio y su encapsulado en barras combustibles.

La Facilidad Alfa depende de Comisión Nacional de Energía Atómica (Gerencia Centro Atómico Constituyentes, Unidad de Actividad: Combustibles Nucleares), se halla ubicada en dicho Centro Atómico y posee licencia de operación emitida el 25 de noviembre de 1982. Su **responsable primario** es el Licenciado Daniel Marchi.

Sistemas de seguridad radiológica

La fabricación de elementos combustibles con óxidos mixtos (uranio-plutonio) presentan, para el personal de operación, riesgos de contaminación y de irradiación externa.

El plutonio se manipulea en recintos estancos (cajas de guantes), que se mantienen a menor presión respecto al recinto del laboratorio, como medida de protección del personal. Por otra parte el recinto del laboratorio también está a una menor presión respecto a la atmósfera, para evitar la dispersión de material radiactivo al medio ambiente en caso de accidentes. El aire proveniente de las cajas de guantes y el proveniente de las áreas de trabajo es filtrado con una eficiencia de retención superior al 99,9%, antes de ser liberado al exterior por chimenea.

En todas las etapas del proceso de fabricación, la cantidad de material físil se limita a valores tales que se evite el riesgo de un accidente de criticidad.

Datos operativos

Durante el año la instalación no operó en la producción de elementos combustibles de óxidos mixtos; solo desarrolló tareas de puesta a punto del sinterizado de pastillas y técnicas analíticas para la determinación de plutonio. Las descargas al medio ambiente fueron inferiores al 1,5% del límite anual autorizado.

Inspecciones

Se realizaron 6 inspecciones rutinarias durante el año verificándose el estado de lo siguiente:

- registros de material radiactivo descargado al ambiente;
- registros de ingreso y egreso al área controlada;
- registros del plan de monitoraje;
- cantidad de material físil presente en el sector;
- sistemas de detección y alarma por derrame de líquidos;
- de los filtros;
- del grupo electrógeno de emergencia;
- del sistema de detección y extinción de incendio.

Dosis ocupacionales

La estimación de la dosis por contaminación interna se lleva a cabo, en forma rutinaria, a partir de la determinación de plutonio en orina y secreción nasal (mucus), y de la medición de dosis por irradiación externa mediante el empleo de dosímetros termoluminiscentes. Adicionalmente el operador efectúa el monitoreo de concentración de plutonio en aire y de contaminación de superficies, ropas y objetos de trabajo.

Los registros del año de las dosis por irradiación externa de los 13 trabajadores presentan valores inferiores a 1 mSv (5% del límite anual de referencia de dosis efectiva). Todos los análisis realizados para la evaluación de la contaminación interna tuvieron por resultado un valor por debajo del límite de detección de los muy sensibles aparatos de medición.

LABORATORIO TRIPLE ALTURA

El Laboratorio Triple Altura, perteneciente a la Comisión Nacional de Energía Atómica (Gerencia Centro Atómico Ezeiza, Unidad de Actividad: Materiales y Combustibles Nucleares) situado en el centro atómico del mismo nombre, procesa el material de descarte de la fabricación de elementos combustibles para reactores de investigación. En el proceso se recupera y purifica, a grado nuclear, el uranio enriquecido al 20% en el isótopo 235 en forma de nitrato de uranilo. El laboratorio posee licencia de operación para procesar hasta 10 kg de óxido de uranio enriquecido al 20%, extendida el 15 de julio de 1995. El **responsable primario** de la instalación es el Ingeniero Alberto Bonini.

Sistemas de seguridad radiológica

El proceso se lleva a cabo, fundamentalmente, en un medio húmedo, por lo cual es limitado el riesgo de contaminación interna debida a la inhalación de aerosoles. No obstante, el proceso de disolución y filtración se realiza en cajas de guantes con un sistema propio de ventilación. La ventilación general del laboratorio está diseñada para que se efectúen cinco renovaciones horarias del volumen de aire del ambiente de trabajo. Otro riesgo, en este tipo de instalaciones, es el de criticidad, por lo cual se limita la cantidad de material fisible acumulado, a valores seguros.

Datos operativos

La instalación ha procesado durante el año 1995, una masa total de uranio enriquecido al 20% en el isótopo 235 de 3193,39 g. A partir de setiembre, se procesó el primer lote de 76,42 g de uranio, enriquecido al 90% en el isótopo 235.

Inspecciones

Durante el año 1995 se realizaron 3 inspecciones, en las cuales se verificaron:

-
- aspectos relacionados con el personal;
 - los dispositivos de monitoreo;
 - el almacenamiento de desechos líquidos y sólidos;
 - los registros dosimétricos;

el inventario de material físil presente en el laboratorio;
los registros de contaminación de aire y superficies y
los sistemas de prevención y extinción de incendios.

Hechos destacables

En setiembre del 1995 se emitió la autorización para la recuperación de uranio enriquecido al 90%, procedente de placas combustibles para reactores tipo MTR (*"Material Testing Reactor"*). En el proceso, dichas placas serán disueltas y filtradas.

LABORATORIO URANIO ENRIQUECIDO

El Laboratorio Uranio Enriquecido, perteneciente a la Comisión Nacional de Energía Atómica -Gerencia Centro Atómico Ezeiza, Unidad de Actividad: Materiales y Combustibles Nucleares- está situado en dicho centro. Produce uranio metálico enriquecido al 90%. Este laboratorio procesa el producto obtenido en el Laboratorio Triple Altura. La instalación opera con licencia de operación extendida el 24 de julio de 1992, pero ha permanecido inactiva durante el año 1995. Su **responsable primario** es el Ingeniero Alberto Bonini.

Sistemas de seguridad radiológica

El principal riesgo asociado a la operación del laboratorio es el de contaminación interna del personal involucrado -debido a la inhalación de aerosoles o la ingestión del material contaminado- ya que el proceso se lleva a cabo en un medio seco, por lo que se podría esperar la presencia de polvos de uranio en los ambientes de trabajo. Para evitar el riesgo de contaminación con estos polvos, la instalación cuenta con un sistema de aislación y ventilación para aerosoles radiactivos, así como alarmas que actúan cuando, en las áreas de trabajo, se supera un valor prefijado de concentración de uranio en aire.

Dicho sistema está constituido por cajas de guantes, sus sistemas de extracción de aire asociados y una aislación secundaria constituida por el cierre del área del laboratorio denominada "caliente". Para evitar la dispersión de contaminantes dentro de la instalación, el aire es forzado a circular desde zonas de menor a zonas de mayor contaminación. Finalmente, antes de descargarse al me-

dio ambiente, el aire de proceso se conduce a través de filtros de alta eficiencia, los cuales retienen el material radiactivo remanente.

Como toda instalación que opera con uranio enriquecido existe el riesgo de accidentes de criticidad. Para minimizarlo, se toman previsiones en el diseño de la instalación y otras de tipo administrativo, tales como la limitación de la masa del material físil acumulada en la instalación.

Inspecciones

Durante el año 1995 se realizaron 3 inspecciones. En las mismas se verificaron:

- los registros de ingreso-egreso de personal;**
- registros dosimétricos;**
- funcionamiento de los sistemas de seguridad radiológica y**
- los registros del inventario de material físil presente.**

Existen, además laboratorios e instalaciones dedicadas a la investigación y de apoyo a la producción (análisis de productos de proceso) que por sus características o por el inventario radiactivo, poseen bajo riesgo de irradiación o contaminación.

El siguiente listado enumera las 29 instalaciones de este tipo.

En el Centro Atómico Bariloche

**Laboratorio de Haces Iónicas
Acelerador Lineal LINAC
Área Materiales Nucleares**

En el Centro Atómico Ezeiza

**Centro Regional de Calibraciones
Laboratorio de Dosimetría Externa
Laboratorio de Física de Detectores
Laboratorio de Análisis por Activación
Laboratorio de Metrología
Curso de Aplicación de Radioisótopos
Laboratorio de Radiofármacos
Laboratorio de Desarrollo y Servicios con
Radiotrazadores
Laboratorio de Aplicaciones Agropecuarias**

Laboratorio para Ensayos Post-Irradiación
Laboratorio Facilidad Radioquímica

En el Centro Atómico Constituyentes

Laboratorio Mossbauer
Laboratorio de Física del Sólido
Laboratorio de Difusión con Radiotrazadores
Planta de Núcleos Cerámicos
Laboratorio de Caracterización de UO₂
Depósito de material fisiónable especial
Depósitos de uranio

En Sede Central

Laboratorio de Dosimetría e Irradiación
Laboratorio de Estudios Especiales
Laboratorio de Química Analítica
Laboratorio de Química Nuclear
Laboratorio de Gases

Durante el año se efectuaron 82 inspecciones en estas instalaciones.

En las inspecciones rutinarias se verificó -desde el punto de vista de la seguridad radiológica- el correcto funcionamiento de los equipos, y se evaluó el estado radiosanitario de la instalación mediante monitoreo directo o toma de muestras de contaminación superficial.

INSTALACIONES MÉDICAS, INDUSTRIALES, DE INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA

INSTALACIONES PARA DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO MÉDICO

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.

Estos tratamientos se realizan utilizando dos tipos diferentes de equipos:

Aceleradores lineales de electrones y/o fotones con energías comprendidas entre 6 y 25 MeV.

Bombas de cobalto que usan fuentes radiactivas de cobalto 60 con actividades comprendidas entre 100 y 500 TBq.

Cabe destacar que en nuestro país los tratamientos por irradiación externa comenzaron a fines de la década del 50, cuando se instalaron los primeros equipos de cobaltoterapia. Con el transcurrir del tiempo, y a partir de la década del 80, estos equipos están siendo reemplazados por otros tecnológicamente superiores (aceleradores lineales) que permiten una mayor versatilidad de los tratamientos.

Sistemas de seguridad radiológica

El principal riesgo asociado con la teleterapia es la irradiación externa del personal ocupacionalmente expuesto o la sobreirradiación del paciente, en casos de falla simultánea de más de un sistema de seguridad.

Las instalaciones se diseñan de modo que los equipos de teleterapia se alojen en blindajes masivos de hormigón, con espesores de hasta 100 a 140 cm, para proteger a los trabajadores y al público de las radiaciones ionizantes. Adicionalmente, el funcionamiento del equipo tiene asociados determinados sistemas independientes y redundantes de seguridad que impiden el acceso al recinto de irradiación mientras el equipo está operando y que permiten el corte de la irradiación en condiciones anormales de trabajo.

Los equipos de cobaltoterapia están constituidos por una fuente radiactiva de cobalto 60 y mecanismos que permiten su exposición con fines de irradiación y su resguardo dentro del blindaje del cabezal, cuando no están operando. Por lo general, poseen características mecánicas que los hacen más seguros que los equipos aceleradores. La actividad de la fuente radiactiva va decayendo con el tiempo y esto produce un aumento importante en los tiempos de tratamiento, por lo que se hace necesario proceder a sustituir la fuente periódicamente. La maniobra de recambio de la fuente radiactiva, por ser una tarea de cierto riesgo, se efectúa bajo supervisión del ENREN, verificándose, además,

que el transporte de dicha fuente se realice en condiciones seguras y que la fuente decaída se almacene, en forma definitiva, como desecho radiactivo.

Los aceleradores lineales generan radiaciones a partir de la aceleración de electrones por medio de campos electromagnéticos. En ciertos casos, los electrones de alta energía son utilizados en el tratamiento oncológico. En otras circunstancias el frenamiento de los electrones por un blanco metálico colocado dentro del equipo, genera radiación electromagnética que es usada para la irradiación de tumores malignos. Una vez desactivados los campos electromagnéticos el equipo deja de emitir radiaciones. Dado que estos equipos son de alta complejidad, pueden producirse desviaciones de su correcto funcionamiento, siendo el mayor riesgo posibles errores en la selección del tipo de radiación y en la calibración del haz de radiación; ambos hechos son de vital importancia desde el punto de vista de la seguridad radiológica.

Hechos destacables

En las instalaciones de teleterapia, no hubo, durante el año, incidentes que pudieran afectar la seguridad radiológica de los individuos.

Inspecciones

El país cuenta con 105 equipos de cobaltoterapia y 31 aceleradores lineales de uso médico, ubicados en 98 centros de terapia. La frecuencia de inspección recomendada para los equipos de cobalto es anual. Con los aceleradores lineales de uso médico se observa -a nivel mundial-, un mayor número de incidentes radiológicos, por lo que la frecuencia de inspecciones recomendada para estos equipos es semestral.

Durante las inspecciones, se verificaron:

-
- los sistemas de alineación y conformación del haz de radiación;**
 - los sistemas de movimiento del cabezal y de la camilla de tratamiento;**
 - La eficiencia de los blindajes;**
 - el funcionamiento de los sistemas de interrupción de la irradiación asociados al equipo y a la instalación;**
 - el estado y funcionamiento de los equipos complementarios del equipo de irradiación y**
 - los registros de dosimetría individual del personal médico, físico y técnico.**
-

En la **tabla1** (Anexo 3) se presenta el listado de las instalaciones de teleterapia con la fecha de las inspecciones que se realizaron durante el año.

CENTROS DE BRAQUITERAPIA

Diversos tratamientos oncológicos se realizan con un tipo de terapia denominado genéricamente "braquiterapia", término que significa "terapia a corta distancia". 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.

Se pueden diferenciar distintos tipos de aplicaciones:

Intracavitarias: para lo cual se usan fuentes de cesio 137, generalmente con actividades comprendidas entre 0,1 y 1,85 GBq, con forma de tubos.

Intersticiales: donde se emplean fuentes de iridio 192 e yodo 125, en forma de semillas y alambres, o fuentes radiactivas de radio 226 ó cesio 137 en forma de agujas.

Superficiales: que usan fuentes de estroncio 90, con actividades del orden de 1,5 GBq.

De altas tasas de dosis: para tratamientos intersticiales o intracavitarios con fuentes de iridio 192, con actividades del orden de 370 GBq.

Permanentes: para implantes intersticiales que permanecen indefinidamente en el paciente e irradian mientras el radionucleidos va decayendo en el isótopo estable, tal el caso con oro 198, con una actividad de 2 GBq en forma de agujas o cilindros.

Sistemas de seguridad radiológica

El principal riesgo asociado a la braquiterapia, en condiciones normales de aplicación, es la irradiación externa del personal médico y de enfermería debido a una mala práctica. Asimismo, la pérdida de las fuentes (por extravío) genera un riesgo de irradiación para el personal hospitalario y para el público.

Para prevenir dichos riesgos, las instalaciones se diseñan y operan de modo de asegurar que las fuentes para braquiterapia se alojen en depósitos adecuadamente blindados y seguros.

Debido a que las fuentes radiactivas de braquiterapia se ubican en el organismo del paciente, es necesario la internación de los mismos en una habitación especialmente acondicionada, durante el tiempo que demande el tratamiento. Esta habitación debe contar con blindajes acordes a la protección necesaria, tanto para los profesionales y auxiliares encargados de la atención del paciente, como para el público en general que pudiera estar en zonas aledañas a la sala en cuestión.

Hechos destacables

En el Hospital Zenon Santillán de la ciudad de Tucumán, ocurrió un incidente que mereció la intervención del ENREN. En dicho incidente un tubo de radio 226 de 74 MBq quedó atascado en su recipiente de blindaje. Al intentar sacarlo por medio de una maniobra no habitual, en el taller mecánico del hospital, se produjo el daño de la fuente con la consecuente contaminación radiactiva. Se verificaron valores de contaminación superficial en el taller, que condujeron a aconsejar tareas de descontaminación. Los desechos de tales operaciones se colocaron a resguardo en un "bunker" del hospital a la espera de su posterior tratamiento por CNEA. Se estimaron las dosis recibidas por el individuo más expuesto resultando inferiores al límite anual permitido para trabajadores, datos estos que se confirmaron con una serie de mediciones y análisis del personal involucrado.

En el Policlínico Regional San Luis, en la provincia de San Luis, debido a la denuncia efectuada telefónicamente por el Licenciado Osvaldo Roberto Olgún, de la sección Higiene y Seguridad Industrial de la Dirección Provincial de Epidemiología, Saneamiento Ambiental y A.P.S., se realizó una inspección de investigación. Se verificó la existencia de un contenedor sin precinto con 4 tubos radiactivos que de acuerdo a la documentación al respecto se trataría de 4 tubos de radio 226 de 13,3 mg cada uno. El contenedor quedó en custodia en un depósito bajo la responsabilidad de los directores del policlínico y de Epidemiología y Saneamiento Ambiental hasta su destino definitivo (depósito o tratamiento como residuo radiactivo).

Inspecciones

En el país se cuenta con 60 instalaciones destinadas a braquiterapia, ubicadas en los centros que se detallan en la **tabla 2** (Anexo 3), (donde figura la fecha de las inspecciones que se realizaron durante el año). Adicionalmente, se encuentran autorizadas para su operación del orden de 20 salas de internación en distintos centros asistenciales, donde profesionales médicos autorizados pueden realizar sus prácticas de braquiterapia. El análisis de los posibles riesgos asociados a la braquiterapia permite concluir que la frecuencia recomendada de inspección debe ser anual.

Durante las inspecciones se verificaron:

-
- el inventario radiactivo y la integridad de las mismas;**
 - el lugar de depósito y fraccionamiento de las combinaciones de fuentes que se administrarán al paciente, junto con los elementos mínimos para la protección del personal;**
 - la sala de internación y la eficiencia de los blindajes;**
 - el funcionamiento de los sistemas de interrupción de la irradiación y**
 - los registros de dosimetría individual del personal médico, físico y técnico.**

CENTROS DE MEDICINA NUCLEAR

En este tipo de instalaciones se efectúa el diagnóstico y estudio, no sólo 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*", tales que:

Se puede detectar su presencia en cantidades muy pequeñas a distancia, debido a que, al desintegrarse los núcleos radiactivos incorporados en los tejidos del paciente, la radiación emitida posee energía suficiente como para penetrar espesores importantes de materia, informando de su presencia a un detector.

Su comportamiento químico en el organismo es similar al del elemento estable.

El radiofármaco se puede administrar por vía endovenosa, oral o por inhalación. Prácticamente el 85% de los estudios utiliza tecnecio 99m (con actividades del orden de 600 GBq); otros radionucleidos empleados son el talio 201, el galio 67 y el yodo 131 (con valores de actividad menores).

La medición de la cantidad de radionucleido asimilada, se realiza con sistemas de detección que han ido evolucionando con el tiempo, desde los de obtención de imagen plana, como el centelógrafo de barrido y la cámara gamma, hasta los del tipo de imagen tomográfica como la tomografía de emisión fotónica única computarizada (SPECT, siglas de su nombre en inglés) y la tomografía por emisión de positrones (PET, de su nombre en inglés).

Sistemas de seguridad radiológica

Los riesgos asociados al diagnóstico "*in vivo*" son los de la irradiación externa y la contaminación interna del personal ocupacionalmente expuesto.

Para el manejo de las fuentes radiactivas de uso en medicina nuclear, denominadas "fuentes abiertas", las instalaciones se diseñan de modo de confinar apropiadamente el material radiactivo dentro de las zonas de trabajo (cuarto de depósito y fraccionamiento, cuarto de aplicación, salas de medición, sanitarios, etc.). Para limitar los riesgos de irradiación externa y de contaminación interna se requieren, respectivamente, blindajes acordes a la naturaleza de los radionucleidos empleados y superficies de trabajo de fácil limpieza y descontaminación.

Dado que los radionucleidos de uso corriente en medicina nuclear poseen una vida media corta, horas o días, y que las actividades utilizadas son relativamente bajas, las instalaciones están en condiciones de tratar por sí mismas los desechos radiactivos generados por la práctica. Para ello los elementos contaminados con material radiactivo se depositan en recipientes de almacenamiento blindados, hasta que dicho material decaiga, para entonces ser eliminado como desecho convencional o patológicamente peligroso según corresponda.

Hechos destacados

En las instalaciones destinadas al diagnóstico "*in vivo*", durante el año no hubo incidentes que pudieran afectar la seguridad radiológica de los individuos.

Inspecciones

En el país existen 273 instalaciones destinadas a la medicina nuclear. La frecuencia recomendada para las inspecciones es de una cada dos años.

Durante las inspecciones se verificó:

el lugar de depósito y fraccionamiento del material radiactivo (estado de las superficies y pisos, blindajes, etc.);

el nivel de contaminación superficial y de las tasas de exposición en las áreas de trabajo;

el adecuado tratamiento de los desechos radiactivos generados y

los registros de dosimetría individual del personal médico y técnico.

En la **tabla 3** (Anexo 3) se presentan el detalle de las instalaciones destinadas a la medicina nuclear, así como la fecha de las inspecciones que se realizaron durante el año.

CENTROS DE RADIOTERAPIA METABÓLICA

La radioterapia metabólica se basa en la acumulación de una sustancia radiactiva no encapsulada en el órgano o región a tratar, la que entrega una determinada dosis de radiación que destruye el tejido tumoral.

La aplicación más característica es el tratamiento de hipertiroidismos (cuando el riesgo quirúrgico es elevado) y de neoplasias tiroideas; en ambos casos se utiliza yodo 131 con actividades del orden de 0,2 a 8 GBq respectivamente.

Sistemas de seguridad radiológica

Los principales riesgos asociados a la radioterapia metabólica son la irradiación externa y la contaminación interna del personal ocupacionalmente expuesto.

Los requisitos para operar este tipo de instalaciones son similares a los de medicina nuclear, intensificándose las medidas de seguridad radiológica debido a que las actividades de los radionucleidos utilizados son superiores.

Hechos destacados

Se produjo un accidente de contaminación interna ocurrido en el Centro de Medicina Nuclear del Hospital Escuela San Martín que afectó a un profesional, quien resultó contaminado en tiroides con 300 kBq de yodo 131 durante la administración de una dosis terapéutica de 3,7 GBq. La evaluación de la dosis absorbida arrojó un resultado de 540 mGy en tiroides y una dosis efectiva de 16,5 mSv.

Inspecciones

En el país se cuenta con 104 centros médicos donde se efectúa este tipo de tratamientos con una frecuencia bianual de inspección.

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.

El procedimiento consiste en introducir en la muestra una cantidad conocida de la misma sustancia que se desea determinar, "marcada" con material radiactivo, compitiendo ambas por enlazarse a un receptor presente en el medio.

Los nucleidos marcadores más empleados son yodo 125, hidrógeno 3 y carbono 14. Las actividades utilizadas en los ensayos "*in vitro*" son del orden de los 100 a 200 kBq.

Los riesgos asociados al diagnóstico "*in vitro*" son extremadamente pequeños debido a las bajas actividades y energías radiantes de los isótopos utilizados. El laboratorio se diseña de modo de confinar el material radiactivo dentro de la zona de trabajo. Para limitar el riesgo de contaminación e incorporación de radionucleidos se requieren superficies de trabajo de fácil limpieza y descontaminación.

Hechos destacados

En las instalaciones de diagnóstico "*in vitro*", durante el año, no hubo incidentes que pudieran afectar la seguridad radiológica de los individuos.

Inspecciones

En el país se cuenta con 520 instalaciones destinadas a este propósito las cuales, debido al bajo riesgo, son inspeccionadas sólo en el momento de emitirles la primera autorización de operación (que tiene cinco años de validez) y en las revalidaciones sucesivas. Estas inspecciones se planifican de modo que se realicen en forma conjunta con las inspecciones efectuadas a otras instalaciones de mayor riesgo.

Durante las inspecciones se verificaron:

las instalaciones, equipamientos y sus modificaciones;
el estado del área de trabajo con material radiactivo y
el tratamiento de los desechos radiactivos generados.

INSTALACIONES DE USO INDUSTRIAL

EQUIPOS MEDIDORES

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. Los emisores más empleados son: cesio 137, americio 241, cobalto 60 -que emiten radiaciones gamma-; estroncio 90 y criptón 85 -que emiten radiaciones beta- y americio 241-berilio que emite radiación neutrónica.

En su gran mayoría los medidores industriales son fijos, aunque en algunos casos los equipos son portátiles. Para esta última situación, la instalación debe contar con un depósito blindado y cerrado bajo llave, en el cual se ubican los equipos cuando no están en uso.

Sistemas de seguridad radiológica

El principal riesgo asociado a los medidores industriales es la irradiación externa del personal ocupacionalmente expuesto o del público, en los casos de fallas del equipo o de la pérdida de control del mismo.

Si bien las tasas de dosis mientras las fuentes están dentro de los blindajes, son reducidas, la pérdida del control sobre alguna de estas fuentes puede producir:

Exposiciones innecesarias debido a una permanencia prolongada de personas en cercanías de la fuente, o de un equipo que hubiera quedado en posición de irradiación.

Sobreexposiciones de personal debido a deficiencias del blindaje de la fuente.

Hechos destacados

Se intervino en el incidente producido en la empresa Celulosa Argentina, donde un incendio afectó un depósito en el que se encontraba un equipo medidor conteniendo una fuente de 2,5 GBq de estroncio 90, sin que hubiere ocurrido alguna irradiación anormal de personas por esa causa.

Se intervino en el caso de recuperación de dos equipos de medición de densidad y humedad de suelos pertenecientes a la Dirección de Hidráulica de la provincia de San Juan, y que habían sido dados por desaparecidos.

Se intervino en el incidente producido en la Planta 2 de Acindar S.A. en el que se produjo un derrame de acero sobre los equipos medidores de nivel instalados en la máquina 3 de colada continua, no registrándose ningún riesgo para el personal de la empresa ni daños a la fuente radiactiva.

En respuesta a una denuncia sobre la existencia de una fuente radiactiva de cesio 137 enterrada en dependencias de la Comisión Nacional Aero Espacial (CONAE), en la Ciudad de Mendoza, se concurrió al lugar realizando el secuestro de dos fuentes, probablemente provenientes de un equipo medidor de espesor de nieve. Las fuentes fueron trasladadas a un lugar seguro, verificándose que no se produjo contaminación radiactiva en el lugar de donde fueran desenterradas.

Inspecciones

En el país se cuenta con 778 equipos medidores industriales pertenecientes a las 245 empresas que se detallan en la **tabla 4** (Anexo 3) (conjuntamente con la última fecha de las inspecciones que se realizaron durante el año). La frecuencia de inspección es de una vez cada dos años, en condiciones de operación normal. Para las habilitaciones iniciales o el incremento del número de equipos de detección se realizan inspecciones específicas.

Durante las inspecciones se verificaron:

los depósitos de almacenamiento

el estado y funcionamiento del equipo medidor

las tasas de exposición en las áreas de trabajo

VSO DE RADIOISÓTOPOS EN LA EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN PETROLÍFERA

Distintas técnicas en la exploración y explotación petrolífera utilizan material radiactivo

Entre las mismas se pueden citar las siguientes:

Medición de densidad de mezclas, arenas, etc., y determinación del perfil de densidades del material que forma las paredes del pozo; se usan fuentes encapsuladas de cesio 137 con actividades entre 74 y 370 GBq.

Medición de la concentración de hidrocarburos en las napas; se usan fuentes de neutrones de americio 241-berilio con actividades de hasta 740 GBq.

Determinación de la existencia de canalizaciones entre pozos; se usan fuentes de tritio (hidrógeno 3) con actividades de hasta 370 GBq.

Detección de la velocidad de circulación entre pozos; se usan soluciones de yodo 131, con actividades de hasta 740 GBq, diluidas en el agua de inyección.

Estas técnicas normalmente son aplicadas por empresas cuyas bases operativas se encuentran en zonas adyacentes a los yacimientos en explotación.

Sistemas de seguridad radiológica

Los principales riesgos asociados a la utilización de fuentes abiertas o encapsuladas son la irradiación externa o la contaminación interna del personal ocupacionalmente expuesto.

Las bases operativas deben contar con un depósito adecuadamente blindado para el almacenaje de las fuentes. Desde allí se transportan a los pozos, en recipientes blindados y dentro de camiones, efectuándose este transporte de acuerdo a las previsiones de la normativa vigente.

Hechos destacados

La empresa Western Atlas tuvo un incidente durante la operación de 2 fuentes radiactivas (una fuente de neutrones de americio 241-berilio de 700 GBq y otra emisor gamma de cesio 137 de 74 GBq) en el pozo identificado como CB212 del yacimiento Yarco Bayo de la provincia de Río Negro. Debido al corte del cable de perfilaje a una profundidad de 2200 m, las fuentes se deslizaron al fondo del pozo. Luego de reiterados intentos de rescatar las fuentes, se procedió a entubar y cementar el pozo, señalizando el mismo para evitar su futura profundización. La empresa de referencia actuó de acuerdo con los procedimientos de protección radiológica recomendados por el ENREN.

Inspecciones

En el país existen 82 bases de operación de las empresas que utilizan radioisótopos en la actividad petrolífera. La frecuencia de inspección recomendada es anual.

Durante las inspecciones se verificaron:

- el inventario radiactivo y la integridad de las fuentes;**
- las condiciones de los depósitos de las fuentes radiactivas y de los blindajes para su transporte;**
- las tasas de exposición en las áreas de trabajo y**
- los registros de dosimetría individual.**

En la **tabla 5** (Anexo 3) se detallan las empresas que tienen licencia para utilizar material radiactivo en tareas de perfilaje, recuperación secundaria y medición de densidad de mezclas en la actividad petrolera, con la fecha de las inspecciones que se realizaron durante el año.

EQUIPOS DE GAMMAGRAFÍA

La gammagrafía es una técnica de inspección no destructiva (que utiliza fuentes radiactivas de considerable actividad) destinada a 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 la aplicación de la técnica de gammagrafía, básicamente, se utilizan tres elementos:

- la fuente radiactiva, que emite radiación gamma, la que atraviesa el material que se controla o inspecciona
- la película sensible a la radiación, en donde se registra la imagen del objeto, defecto o inclusión
- el equipo o proyector, con sus accesorios, para guardar la fuente o exponerla según sea necesario

Las fuentes emisoras de radiación más empleadas en esta práctica son iridio 192 (actividad hasta 3,7 TBq), cobalto 60 (actividades hasta 1,85 TBq), cesio 137 (actividad hasta 3,7 TBq), itrio 169 (actividad hasta 3,7 TBq) y tulio 170 (actividad hasta 3,7 TBq).

Sistemas de seguridad radiológica

El principal riesgo asociado a la gammagrafía industrial es la irradiación externa del personal ocupacionalmente expuesto o del público, en los casos de fallas o pérdida de control del equipo o de las fuentes.

La práctica se puede efectuar en instalaciones fijas especialmente diseñadas con sistemas de seguridad ("bunker" de irradiación) o en los lugares donde se están realizando obras que requieran del servicio de gammagrafía (tendido de gasoductos, instalación de cañerías de presión, construcción de tanques, etc.). En este último caso se deben aplicar medidas de seguridad operacionales en las áreas de trabajo, tales como la adecuada señalización y vallado.

Las empresas que poseen autorización para brindar servicios de gammagrafía deben contar con un depósito adecuadamente blindado para la guarda de los equipos cuando no están en uso, y asegurar que durante los intervalos de inactividad en las áreas de trabajo, los equipos se ponen a resguardo.

Hechos destacados

Incendio producido en una casilla de campamento que afectó al equipo de gammagrafía de la empresa Control S.R.L. Se efectuó una inspección para verificar el estado del equipo tras su reparación, conforme le fuera requerido, constatándose el correcto estado. Dado que el fuego no afectó a la estructura blindante ni a la fuente, no se registraron exposiciones anormales.

Pérdida temporal -en la destilería de YPF- de un equipo de gammagrafía industrial por parte de la empresa Inlaco S.R.L., propietaria del mismo, y retenido en custodia. No hubo exposiciones personales anormales a causa del incidente.

Inspecciones

En el país se cuenta con 220 equipos destinados al propósito de la gammagrafía, pertenecientes a 70 empresas. La frecuencia recomendable de inspección, teniendo en cuenta que los equipos poseen fuentes radiactivas de considerable actividad y que en su mayoría son móviles, es anual.

Durante las inspecciones se verificaron:

el funcionamiento de los sistemas de interrupción de la irradiación asociados al equipo y a la instalación;

el estado y funcionamiento del equipo y sus elementos accesorios;

las tasas de exposición en las áreas de trabajo;

el funcionamiento de los equipos de radioprotección;

los registros de movimiento de los equipos y las fuentes y

los registros de dosimetría individual.

La **tabla 6** (Anexo 3) presenta el detalle de las empresas habilitadas para la práctica de gammagrafía industrial, con la fecha de las inspecciones que se realizaron durante el año.

USO DE RADIOISÓTOPOS EN 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. La ventaja de utilizar isótopos radiactivos como "trazadores" es que su comportamiento dentro de un sistema biológico viviente, es exactamente idéntico al isótopo estable. Además, la detección de la radiación que emiten los radionucleidos utilizados como trazadores es exacta y precisa, aún utilizando cantidades muy pequeñas, por lo que las mediciones resultan de alta confiabilidad.

Sistemas de seguridad radiológica

Los riesgos asociados a estas técnicas son generalmente muy pequeños, debido a las bajas actividades involucradas. Las instalaciones se diseñan de acuerdo al tipo de fuentes radiactivas que utilizan (fuente cerrada o abierta).

Inspecciones

En el país se cuenta con aproximadamente 200 instalaciones destinadas a este propósito, ubicadas en universidades nacionales y provinciales, y en centros como el CONICET, el INTA, etc. La frecuencia recomendable de inspección es una cada dos años.

Durante las inspecciones se verifica:

el lugar de trabajo con material radiactivo (señalización, accesos, blindajes, estado general del laboratorio, etc.) y el adecuado tratamiento de los desechos radiactivos generados.

Hechos destacables

Ante un pedido efectuado por el Honorable Consejo Deliberante de la Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires, por la posible contaminación radiactiva en el predio de la Facultad de Agronomía, Cátedra de Enología, se realizó una inspección al citado lugar. Se verificaron las condiciones de trabajo y aspectos de seguridad radiológica de la cátedra habilitada para propósitos de investigación y del área que rodea a la misma, no detectándose anomalías.

OTRAS PRÁCTICAS

INSTALACIONES DE CONCENTRACIÓN Y PURIFICACIÓN DE URANIO

Dentro de sus actividades, el ENREN fiscaliza el ciclo de combustible nuclear. La etapa inicial de dicho ciclo comprende la extracción y producción de compuestos de uranio natural, materia prima para los elementos combustibles de los reactores nucleares. En la actualidad las labores mineras están reducidas debido al stock acumulado por la explotación de épocas anteriores y compras al exterior de concentrados de uranio. Además de alguna explotación menor de minas de uranio, las tareas más destacadas que se están llevando a cabo en las instalaciones de este tipo son la concentración y purificación del material extraído en épocas anteriores. Si bien las instalaciones denominadas "minero-fabriles", no se encuentran en etapa de plena actividad por los motivos expuestos, requieren de una supervisión que asegure un mínimo impacto radiológico en el medio ambiente. En las plantas donde se concentra y purifica el uranio, se supervisan los procesos, desde el punto de vista de la seguridad radiológica y del potencial impacto ambiental. Asimismo, los restos del mineral del cual se ha extraído el uranio necesitan de acondicionamientos y tratamiento, actividades que son también supervisadas por el ENREN.

Características de las instalaciones

La actividad específica del uranio natural que se procesa en las instalaciones argentinas es muy baja. Los riesgos son radiológi-

cos y toxicológicos, debido a la posible incorporación en el organismo de uranio a través de la inhalación o ingestión del material. En las instalaciones minero fabriles se exige un control ocupacional del personal profesionalmente expuesto a través de planes de monitoreo de áreas, y se evalúa la incorporación con mediciones rutinarias de la concentración de uranio en orina de los trabajadores. Las instalaciones de concentración de uranio operan sin descarga de efluentes líquidos al ambiente, dado que los procesos son del tipo de circuitos cerrados.

Las inspecciones rutinarias comprenden:

controles sobre la explotación minera;

balance másico de material estéril, mineral marginal y mineral de proceso;

lugar de ubicación de las escombreras de mineral;

aguas de cantera y destino final de las mismas;

verificación de que las condiciones operativas de planta, no se aparten de lo aprobado en la documentación técnica de operación, mantenimiento, seguridad radiológica e industrial etc., aprobadas por el ENREN;

control de los sistemas de seguridad;

auditorías de toma de muestras efectuadas por el operador y

control del tratamiento de efluentes y vigilancia de los sistemas de retención de efluentes.

COMPLEJO MINERO FABRIL SAN RAFAEL

La planta, de propiedad de la Comisión Nacional de Energía Atómica, ubicada en el Departamento San Rafael, provincia de Mendoza, produce concentrado comercial de uranio para fabricar elementos combustibles de reactores nucleares. Inició su operación en setiembre de 1979. Se abasteció de mineral de los yacimientos satélites del Distrito de Sierra Pintada, Tigre III, Gaucho I y II y Tigre I, y en la actualidad (con una baja producción) del yacimiento La Terraza. La capacidad nominal de producción de concentrado de uranio es de 120 toneladas/año y la capacidad nominal de tratamiento de mineral de 150 000 a 200 000 toneladas/año. Por sus características radiológicas es una instalación relevante, con autorización de funcionamiento a partir de octubre de 1983. El jefe del complejo es el Ingeniero Guillermo Martín.

Inspecciones

Durante el presente año se realizaron 2 inspecciones. El complejo presentó documentación técnica obligatoria que contempla modificaciones a la instalación y nuevas condiciones de operación. Dicha documentación fue verificada durante las inspecciones realizadas y, en base a ella, se otorgó una prórroga a la autorización de operación de la instalación.

Datos operativos

La descarga de aerosoles por la chimenea de planta fue de 2,5% del valor permitido por la autorización de funcionamiento emitida por este ENREN. Los resultados de los controles rutinarios efectuados sobre el ambiente, de acuerdo a lo establecido en el plan de monitoreo, están dentro de valores normales y los controles ocupacionales no evidenciaron riesgo radio-toxicológico para el personal.

Hechos destacados

En julio de 1995 se produjo un incidente operativo, debido a la obstrucción de una canaleta lo que originó un derrame de efluentes neutralizados. Dado el bajo tenor de contaminantes radiactivos y las características del derrame, no hubo consecuencias radiológicas.

COMPLEJO MINERO FABRIL LOS COLORADOS

El complejo produce concentrado de uranio. Está localizado en la provincia de La Rioja y es explotado por la empresa Uranco S.A., siendo el jefe del complejo el Ingeniero Jorge A. Bragantini. Se encuentra en operación desde el segundo semestre del año 1993. La capacidad nominal de producción de concentrado es de 33 toneladas de uranio/año. La cantidad total de mineral tratado por la instalación es de 155 000 t. Por sus características radiológicas es una instalación relevante, con autorización de funcionamiento desde octubre de 1993.

Inspecciones

Durante el año se realizaron 2 inspecciones. Los muestreos y controles establecidos en el plan de monitoreo y los ejecutados

durante las inspecciones rutinarias se llevaron a cabo con regularidad, y los valores detectados de concentración de uranio en los análisis de orina del personal y contaminación de superficies en las áreas de trabajo son los aceptados como normales.

Ante la inminencia del cese de operación de la planta, se requirió una actualización del plan de tratamiento final de mineral y restitución del área, considerando los valores máxicos realmente explotados en el yacimiento y procesados en la planta.

Datos operativos

El complejo operó en forma normal, pero a muy baja capacidad de producción, durante todo el año. La instalación se encuentra al final de su vida útil, por extinción de las reservas de mineral económicamente explotables del yacimiento Los Colorados. La explotación minera finalizó en febrero del corriente año, no cargándose más mineral en las pilas de lixiviación. La producción está decayendo en forma progresiva hasta que se agote el mineral en proceso, estimándose que dejará de operar a fines del primer trimestre de 1996.

DESECHOS RADIATIVOS

GESTIÓN DE DESECHOS RADIATIVOS CAE

El área de tratamiento de desechos radiactivos, depende de la Comisión Nacional de Energía Atómica (Gerencia Centro Atómico Ezeiza, Unidad de Actividad: Gestión de Residuos Radiactivos). En dicha área se realiza 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. Está ubicada en el Centro Atómico Ezeiza, y opera bajo licencia extendida el 23 de noviembre de 1994. El **responsable primario** es el Licenciado Adrián Goldschmidt. El área comprende las instalaciones descritas a continuación:

Planta de Tratamiento de Desechos Radiactivos Sólidos de Baja Actividad

En esta planta se realiza la recepción, el almacenamiento, la clasificación y acondicionamiento de desechos radiactivos sólidos de baja actividad (por ejemplo, los provenientes de usos médicos). Dichos desechos son tratados a fin de obtener una reducción de volumen apreciable, mediante compactación.

Sistema de Contención de Desechos Radiactivos Sólidos de Baja Actividad

Se trata de una instalación constituida por dos trincheras, cada una de 120 m de largo, 20 m de ancho y 2,5 m de profundidad, donde se disponen tambores de 200 litros conteniendo los desechos radiactivos de baja actividad provenientes de las centrales nucleares, reactores de investigación, hospitales, laboratorios etc. Una vez colmada su capacidad, las trincheras se cubren con un sistema multicapa compuesto por suelo seleccionado (tosca) compactado, una capa de imprimación asfáltica y un film de polietileno negro de 0,25 mm de espesor. Finalmente, el conjunto se cubre con tosca y tierra vegetal para estabilización del suelo. En promedio el volumen tratado anualmente es, aproximadamente, 120 m³.

Instalación para el Almacenamiento Definitivo de Desechos Radiactivos Sólidos, Estructurales y Fuentes Encapsuladas

Consiste en un cubículo subterráneo de hormigón, de 10 metros de profundidad, cuyas paredes tienen un espesor de 30 cm. La instalación está destinada al almacenamiento final de desechos radiactivos; por ejemplo, fuentes decaídas de telecobaltoterapia, medidores industriales de nivel, partes estructurales contaminadas, etc.

Depósito Central de Material Fisionable Irradiado

Se trata de un depósito para el almacenamiento temporario de elementos combustibles ya utilizados provenientes de reactores de investigación.

Sistema de Contención de Desechos Radiactivos Líquidos

Los desechos líquidos producidos en las distintas instalaciones del Centro Atómico Ezeiza son tratados inicialmente en las mismas, y una vez que se clasifican por su nivel de actividad, aquellos que posean actividad específica baja y corto período de semidesintegración se conducen, por cañerías, hacia una instalación integrada por tres trincheras. El tiempo de tránsito en la trinchera y la retención en los componentes de misma, garantizan que, finalmente, los fluidos lleguen a la napa freática con valores de radiactividad despreciables.

Sistemas de seguridad radiológica

La operación de las instalaciones precedentemente citadas posee, desde el punto de vista radiológico, un riesgo asociado a la posible irradiación externa o a la contaminación con radionucleidos. Para minimizar estos riesgos las instalaciones cuentan con infraestructuras y procedimientos de operación. Las primeras están constituidas básicamente por blindajes y sistemas de aislación de los radionucleidos tales como, celdas estancas, ventilaciones filtradas y aspiradores de polvo. Los procedimientos de operación contemplan el modo de manipulación de los distintos tipos de residuos y los registros correspondientes.

Inspecciones

Durante el año se realizaron 10 inspecciones. En las mismas se verificaron: los niveles de contaminación superficial en diferentes áreas de la instalación, el nivel de dosis equivalente ambiental en todo el predio de la instalación, los registros de acceso al área controlada, los sistemas de detección y extinción de incendios y los registros de dosis personales.

Dosis ocupacionales

Con el fin de evaluar la dosis de radiación del personal que opera las instalaciones, se llevan a cabo determinaciones de la tasa de dosis en distintos puntos de la instalación y de las dosis integradas en las zonas de mayor ocupación, por medio de dosímetros termoluminiscentes. Para prevenir el caso de incorporación de radionucleidos en los trabajadores, se lleva a cabo la medición directa de la contaminación superficial con sondas para detectar radiación alfa, beta y gamma y determinaciones a través de muestras obtenidas por arrastre con papel de filtro. Con el fin de evaluar el impacto en las aguas subterráneas y para asegurar el cumplimiento de la licencia, se monitorea el agua de la napa freática subterránea mediante la toma de muestras de los piezómetros distribuidos en el área. Para controlar pérdida de estanqueidad de los tubos de almacenamiento del material fisionable especial irradiado -con una potencial dispersión de agua contaminada-, se mide la tasa de radiación en distintos puntos ubicados en la unión de la pared que rodea los canales y el piso adyacente. Además se verifica la constancia del nivel de agua en los canales.

El monitoreo de las dosis recibidas por el personal, debido a irradiación externa, se realiza mediante dosímetros personales, tipo termoluminiscente; y además se efectúan mediciones de contaminación interna por medio de un detector de radionucleidos en todo el cuerpo, o de ser necesario por medio de un análisis de excretas.

Ningún trabajador superó el límite anual de dosis efectiva. La máxima dosis individual fue 6 mSv, valor que representa el 30% de los 20 mSv. El 90% de los 21 trabajadores no superaron los 5 mSv.

COMPLEJOS MINEROS FUERA DE OPERACIÓN

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

Durante el programa de salida de servicio se fiscalizan las tareas de desmantelamiento de las instalaciones y acondicionamiento de los restos del mineral procesado. Estas incluyen el desmantelamiento de los edificios de la planta, la neutralización de los productos químicos remanentes en terraplenes y piletas de contención, la construcción de canales y pendientes de escurrería, etc. Durante esas tareas el ENREN evalúa las dosis recibidas por el personal y los posibles efectos en el medio ambiente, a través del monitoreo de tasas de irradiación, la dosimetría personal, y los muestreos de aerosoles y aguas adyacentes al yacimiento.

Luego del cierre definitivo, el ENREN verifica que se preserven las apropiadas condiciones ambientales, para lo cual, se evalúa el estado de las escombreras de mineral tratado y la existencia o no dispersión de material por acción eólica y pluvial.

A continuación se proporcionan detalles de los complejos minero fabriles cerrados.

Complejo	Operador	Cierre	Inspecciones
Pichiñan (Chubut)	CNEA	1981	2
Tonco (Salta)	CNEA	1981	2
Los Gigantes (Córdoba)	Sanchez Granel Obras De Ingeniería S.A.	1982	2
Malargüe (Mendoza)	CNEA	1993	2

IMPORTACIÓN Y VENTA DE MATERIAL RADIATIVO

Muchos de los radioisótopos utilizados en medicina, industria, investigación y docencia no se fabrican en nuestro país y aún los productos nacionales pueden no estar disponibles durante períodos más o menos prolongados. La importación de tales isótopos se debe hacer por intermedio de instituciones autorizadas.

Si bien estas empresas entregan el material en forma prácticamente inmediata, la instalación debe poseer un depósito donde mantener en forma transitoria el radioisótopo ante la eventualidad de demoras en las entregas (por ejemplo, inconvenientes de transporte). Asimismo, algún recipiente puede sufrir roturas durante el transporte y manipulación, por lo que deberá ser gestionado como residuo radiactivo.

Estas empresas deben llevar un registro de ventas de material radiactivo e informar de las mismas mensualmente al ENREN.

Datos operativos destacables

Durante el año no hubo incidentes que pudieran afectar la seguridad radiológica de los individuos.

Inspecciones

En el país se encuentran autorizadas unas 30 empresas para la importación y venta de material radiactivo. Durante el año se realizaron 7 inspecciones a esta clase de empresas.

Durante las inspecciones se verificaron:

**el estado del depósito de material radiactivo,
del equipamiento y de las condiciones de la instalación**

**el estado y funcionamiento de los equipos
de protección radiológica**

los registros de venta de material radiactivo

las tasas de exposición en las áreas de trabajo.
