



CAPÍTULO 5  
**INSPECCIONES Y EVALUACIONES DE  
SEGURIDAD RADIOLÓGICA Y NUCLEAR A  
INSTALACIONES RADIATIVAS**

MÁQUINAS ACELERADORAS DE PARTÍCULAS  
PRODUCCIÓN DE RADIOISÓTOPOS  
PRODUCCIÓN DE FUENTES RADIATIVAS  
INSTALACIONES PARA IRRADIACIÓN CON ALTAS DOSIS  
FABRICACIÓN DE ELEMENTOS COMBUSTIBLES NUCLEARES  
INSTALACIONES MENORES DE LA CNEA  
ÁREA GESTIÓN DE DESECHOS RADIATIVOS  
INSTALACIONES MÉDICAS, INDUSTRIALES Y  
DE INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA

CAPÍTULO 5

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

La industria, la medicina y la ciencia utilizan radiaciones ionizantes en la forma más variada para detección, producción, tratamientos médicos e investigación. La diversidad de dichas prácticas, nos presenta instalaciones de una baja a mediana complejidad. Estas prácticas originan exposición a las radiaciones de trabajadores, por lo que es necesario verificar, se mantengan por debajo de los límites establecidos, y tratando, además, que resulten tan bajas como sea razonablemente alcanzable. Las instalaciones o prácticas con muy bajo riesgo radiológico, desde el punto de vista de la seguridad, están controladas básicamente por la metodología de trabajo, mientras que aquellas instalaciones más complejas poseen sistemas de seguridad avanzados para prevenir irradiación de los trabajadores y del público. Además, si bien el riesgo de accidentes con consecuencias para el público en general es muy limitado, existe un riesgo inherente asociado a toda actividad humana que sumado a la gran cantidad de instalaciones, provoca algunos incidentes y accidentes que afectan principalmente a los trabajadores.

La ARN controla todas las instalaciones radiactivas existentes en el país excepto los equipos generadores de rayos x. Estas instalaciones, distribuidas geográficamente en casi todas las provincias, tienen fines diversos entre los cuales se destacan: la producción de radioisótopos y de fuentes de radiación, la fabricación de elementos combustibles para reactores nucleares, las aplicaciones médicas e industriales de las radiaciones ionizantes y los centros de investigación básica y aplicada. En el cuadro siguiente puede apreciarse la variedad y cantidad de dichas instalaciones:

Instalaciones Radiactivas	Propósito	Número
Aceleradores de partículas	Investigación	4
Plantas de producción de radioisótopos	Producción	3
Plantas de producción de fuentes radiactivas	Producción	2
Instalaciones para irradiación con altas dosis	Irradiación de alimentos	2
Instalaciones pertenecientes al ciclo de combustible nuclear	Extracción, purificación y producción	15
Instalaciones menores de la CNEA	Investigación y aplicación	25
Instalaciones de teleterapia	Aplicación médica	144
Instalaciones de braquiterapia	Aplicación médica	83
Centros de medicina nuclear	Aplicación médica	331
Centros de radioinmunoanálisis	Aplicación médica	500
Centros de investigación y docencia	Investigación y docencia	200
Equipos de gammagrafía	Aplicación industrial	253
Equipos medidores industriales	Aplicación industrial	1000
Equipos en explotación petrolera	Aplicación industrial	151

## **CONTROL REGULATORIO EN INSTALACIONES RADIATIVAS**

Como parte del control la ARN efectúa inspecciones en todas las instalaciones radiactivas. El objetivo de las mismas es verificar el grado de cumplimiento tanto de las condiciones establecidas en las respectivas licencias y autorizaciones de operación como de las normas regulatorias. La inspección en cada instalación es realizada por una comisión integrada, como mínimo, por dos profesionales responsables de llevar a cabo la tarea. Ésta comienza con una fase preparatoria donde se analiza el estado de la instalación, evaluándose la documentación existente tanto en los aspectos correspondientes al plantel de operación como los inherentes a la documentación mandatoria de la instalación. Asimismo se analizan posibles modificaciones que hayan introducido en la instalación y las respuestas técnicas dadas a requerimientos anteriores efectuados por la ARN. Cumplida esta fase de evaluación previa, se planifica la inspección.

### **Sistemas inspeccionados**

Los principales aspectos a controlar en una instalación relevante son:

- ✓ Funcionamiento de los sistemas de seguridad radiológica en la instalación.
- ✓ Estado y funcionamiento de los equipos de seguridad radiológica.
- ✓ Registros de dosis ocupacionales.
- ✓ Verificación de las descargas de efluentes líquidos y gaseosos de la instalación.
- ✓ Almacenamiento de desechos líquidos y sólidos.
- ✓ Verificación de los sistemas de detección de incendio y seguridad física.
- ✓ Inventario radiactivo de la instalación.
- ✓ Nivel de contaminación en áreas de trabajo.
- ✓ Tasas de exposición en los diferentes ambientes de trabajo.
- ✓ Estanqueidad en cajas de guantes.
- ✓ Estado de los sistemas de ventilación y de filtros en chimeneas de descarga.

### **Requerimientos**

Como resultado de la inspección puede observarse el cumplimiento de las condiciones establecidas en la Licencia de operación y en la normativa vigente o bien un apartamiento en dichas condiciones. En este último caso la ARN elabora, a posteriori de la inspección, requerimientos con plazo de cumplimiento para modificar dicha situación.

La comisión inspectora confecciona un Acta de inspección y en caso de observarse una desviación importante a las condiciones de seguridad de la instalación, emite en ese mismo momento un requerimiento que puede abarcar hasta la suspensión de la operación de la instalación.

### **Inspecciones especiales**

Al cabo de una inspección rutinaria puede surgir la necesidad de efectuar mediciones o evaluaciones específicas. A título de ejemplo pueden mencionarse:

- ✓ Medición de la descarga de efluentes por chimenea.

- ✓ Determinaciones dosimétricas en campos mixtos de radiación.
- ✓ Pruebas en sistemas de seguridad.

En estos casos la comisión inspectora recurre a los grupos especializados de la ARN para realizar las determinaciones necesarias. Se notifica antes a la instalación sobre las tareas que se llevarán a cabo, los tiempos estimados para realizarlas y qué soporte técnico se requerirá en el lugar.

En ocasiones, es la misma instalación quien solicita la colaboración de la ARN para realizar evaluaciones específicas. Esta situación, si bien no configura una inspección, permite profundizar el conocimiento de los procesos y tareas desarrollados y, en última instancia, puede influir en el mejoramiento de las condiciones de seguridad de la instalación.

### Frecuencia de inspecciones

En las instalaciones radiactivas relevantes la frecuencia de inspección varía, dependiendo del riesgo asociado y, además, de factores tales como: estado general de la instalación, antecedentes, actividades que se están desarrollando, requerimientos pendientes, etc. Se detalla a continuación el número de inspecciones realizadas por la ARN durante el año discriminadas para cada instalación relevante.

Inspecciones a instalaciones radiactivas relevantes	
Instalación	Número de inspecciones
Acelerador electrostático TANDAR	2
Ciclotrón para producción de radioisótopos	10
Ciclotrón para diagnóstico e investigación clínica	2
Planta de producción de radioisótopos	10
Planta de producción de molibdeno 99	10
Laboratorios de producción de generadores de tecnecio 99	3
Planta de fabricación de fuentes encapsuladas de cobalto 60	10
Planta de fabricación de fuentes para gammagrafía	2
Planta industrial de irradiación IONICS	4
Planta semi-industrial de irradiación	5
Irradiador móvil IMCO 20	1
Irradiador móvil IMO 1	1
Planta irradiación de barras (PIBA)	1
Planta núcleos cerámicos	4
Planta industrial Córdoba	4
Fábrica de elementos combustibles CONUAR	4
Fábrica de elementos combustibles para reactores de investigación (FECRI)	2
Laboratorio de elementos combustibles para reactores de investigación (ECRI)	6
Planta de conversión de hexafluoruro de uranio a óxido de uranio	4
Planta de enriquecimiento de uranio	2
Laboratorio Facilidad Alfa	4
Laboratorio Triple Altura	2
Laboratorio de uranio enriquecido	2
Planta de desechos radiactivos	4
Depósito de material fisionable	3



## MÁQUINAS ACELERADORAS DE PARTÍCULAS

### ACELERADOR ELECTROSTÁTICO TANDAR

El acelerador TANDAR (TANDem ARgentino), propiedad de la CNEA (Gerencia Centro Atómico Constituyentes), se halla ubicado en el Centro Atómico Constituyentes.

El TANDAR es un acelerador electrostático en tandem de 20 megavoltios capaz de acelerar todo tipo de iones desde hidrógeno hasta uranio, lo que permite la realización de un amplio programa de investigación básica en física, biología, medicina y química. En particular, en base a las mediciones de las diferentes reacciones producidas cuando el haz de iones acelerados impacta sobre blancos de distinto tipo, se obtiene valiosa información acerca de la estructura atómica y subatómica de la materia.

Está compuesto por un sistema de tres fuentes generadoras de iones, un sistema de pulsado del haz, un sistema de aceleración de iones, que consiste en una columna de aceleración de 2,15 m de diámetro y de 34,8 m de altura, incluyendo el terminal de alto voltaje, un sistema de almacenamiento y trasvasamiento del gas aislante que actúa como dieléctrico (hexafluoruro de azufre), el imán analizador, sala de blancos y sistemas de medición y control.



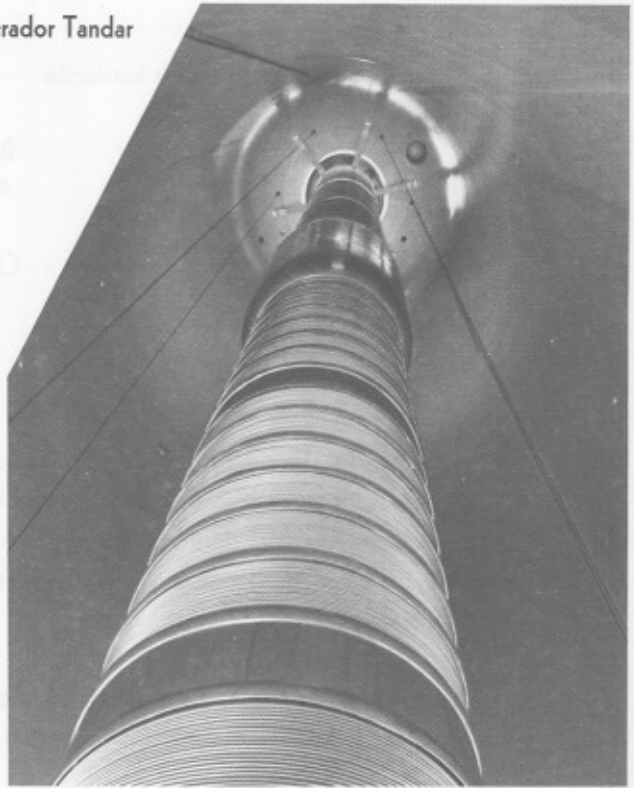
Esta instalación posee Licencia de operación emitida el 8 de mayo de 1991. Su personal cuenta con licencia y autorización específica. El organigrama de los puestos licenciados se muestra en el esquema adjunto:

En esta instalación el riesgo radiológico está asociado a campos externos de radiación que provienen principalmente de la producción de radiación gamma y neutrones, originados al incidir el haz de iones acelerados sobre partes estructurales del acelerador y blancos en estudio. Los puntos principales que se presentan como fuentes de neutrones son: el terminal de alto voltaje, el imán analizador, los blancos en los cuales el haz puede ser frenado completamente y las terminaciones de las líneas experimentales, donde el haz se frena cuando el blanco es delgado.

Consecuentemente, durante el transcurso de las experiencias, las áreas de irradiación son de restricción total. Las tasas de dosis de radiación gamma y neutrones son medidas en forma continua por detectores de área, cuyas lecturas se observan en la sala de operaciones donde se generan las acciones para las señalizaciones, alarmas y, en casos preestablecidos, el corte del haz.

La información que se obtiene mediante los detectores de área se complementa con relevamientos empleando monitores portátiles con el objeto de establecer la posible presencia de "puntos calientes" en dichas áreas.

Columna del acelerador Tandem



Las experiencias pueden involucrar reacciones nucleares inducidas por iones livianos o por iones pesados. En el primer caso la generación de neutrones es varios órdenes de magnitud mayor y también superior el riesgo radiológico asociado. Este hecho fue contemplado tanto en las etapas de diseño y construcción (v. g., diseño de blindajes) como en las condiciones de operación, limitándose el tiempo de trabajo con haces de iones livianos en el año.

Se realiza el monitoreo individual de la irradiación externa mediante dosímetros termoluminiscentes de lectura mensual.

### Inspecciones

Durante el año se efectuaron 2 inspecciones rutinarias no observándose apartamiento de lo indicado en la documentación mandatoria.

El acelerador operó empleando iones pesados y a muy bajos valores de corriente, condición de operación en la que el riesgo radiológico es muy bajo.

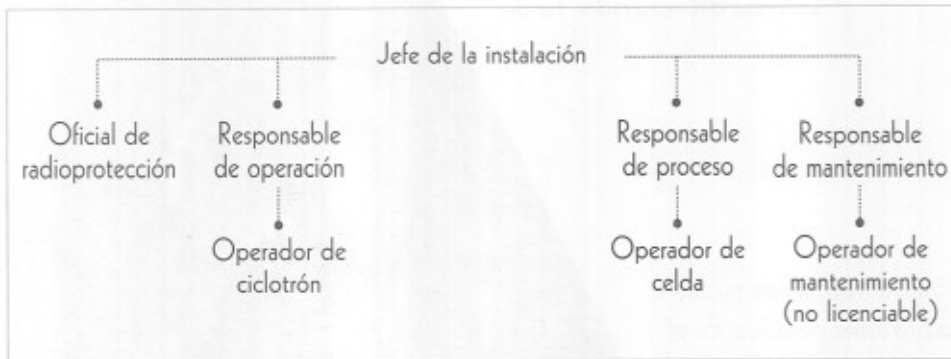
### CICLOTRÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE RADIOISÓTOPOS

La instalación, propiedad de la Comisión Nacional de Energía Atómica, está ubicada en el Centro Atómico Ezeiza (Gerencia Centro Atómico Ezeiza, Unidad de Actividad: Operación de instalaciones nucleares).

El ciclotrón acelera protones hasta 42 MeV con corrientes de hasta 100  $\mu\text{A}$ , destinados a la producción de diversos radioisótopos de período de semidesintegración muy cortos que se utilizan en biología y medicina nuclear, tales como: talio 201, galio 67, yodo 123, flúor 18, indio 111 y otros.

La edificación se compone de un bunker que alberga al ciclotrón, a la línea del haz de radiación y las salas de irradiación de blancos. Alrededor de ellos se encuentran la sala de procesos radioquímicos, los pasillos de ingreso y egreso a las áreas supervisadas y controladas, áreas de mantenimiento y servicios, sala de control y de suministro de energía, talleres y sistema de refrigeración.

La instalación posee una autorización de puesta en marcha extendida el 23 de mayo de 1997, la que se ha prorrogado a pedido de la Entidad Responsable mientras se realiza la gestión para la obtención de la Licencia de operación.



El personal que compone el organigrama de operación se encuentra licenciado y ha rendido sus exámenes para la obtención de las autorizaciones específicas en diciembre de 1997.

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, principalmente incluyendo el blanco. El bunker y las salas de irradiación están construidos con paredes exteriores y piso en hormigón de 2,35 g/cm<sup>3</sup> de densidad y 2 m de espesor, mientras que el techo y las paredes interiores tienen un espesor de 1,5 m.

La instalación cuenta con un sistema computarizado de enclavamientos, que evita el acceso a las zonas de irradiación o detiene la operación de irradiación si se ingresa indebidamente.

En la sala de procesos radioquímicos también existen riesgos de contaminación debidos al manipuleo de material radiactivo. Para minimizarlos las celdas de transferencia de blanco y la de procesos operan con una depresión respecto de la presión atmosférica en el exterior equivalente a 10 mm de columna de agua.

**Inspecciones**

Durante el año 1997 se realizaron 10 inspecciones rutinarias verificándose fundamentalmente:

- ✓ El correcto funcionamiento de los sistemas de seguridad, los registros mensuales de dosis ocupacionales, el desempeño del personal en las áreas supervisada y controlada y el monitoreaje de los campos de radiación.

No se observaron apartamientos de las condiciones de seguridad normales de operación.

A lo largo del año se supervisó la construcción y puesta en marcha de la celda de procesos radioquímicos. En el primer semestre del año la instalación continuó con las pruebas de producción de talio 201, logrando en el segundo semestre pasar a una producción semanal continuada de aproximadamente 74 GBq.

**ACELERADOR LINEAL LINAC**

La instalación es propiedad de la CNEA (Gerencia Centro Atómico Bariloche) y se encuentra ubicada en el Centro Atómico Bariloche.

Este acelerador está destinado a la irradiación de muestras con fines de investigación básica.

La instalación cuenta con un acelerador lineal que provee un haz de electrones en forma pulsada cuya frecuencia de repetición y ancho de pulso son variables, suministrando partículas con una energía máxima de 25 MeV. El acelerador y los blancos se encuentran alojados en un bunker con enclavamientos que impiden el acceso durante la operación. Desde una consola central se controlan los sistemas de operación y de seguridad.

Este acelerador posee una Autorización de operación otorgada el 2 de mayo de 1980.

En esta instalación el riesgo radiológico está asociado a los campos de radiación externa que se generan durante el funcionamiento del acelerador y en menor medida, a eventos de contaminación cuando se manipulan los blancos irradiados.

### Inspecciones

Durante el año se realizaron 2 inspecciones rutinarias. No se observaron apartamientos de las condiciones de seguridad normales de operación.

### 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 de la ciudad de Mendoza, está dedicada a actividades de investigación, docencia y tratamiento de pacientes en distintas especialidades médicas tales como la oncología, neurología y cardiología utilizando las tecnologías más modernas en el diagnóstico 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 y la posibilidad de realizar estudios dinámicos, permitiendo un mejor diagnóstico, con el empleo de radionucleidos de compatibilidad biológica.

Los radioisótopos utilizados son oxígeno 15, carbono 11, nitrógeno 13 y flúor 18. Estos isótopos tienen períodos de semidesintegración 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 generador de radioisótopos de uso médico y un laboratorio de radioquímica.

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

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

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

### Inspecciones

Durante el año se realizaron dos inspecciones a esta instalación que se encuentra en etapa de pruebas preoperacionales. Las inspecciones estuvieron destinadas a evaluar la efectividad del blindaje del bunker del ciclotrón para neutrones. Se efectuaron mediciones de tasa de dosis equivalente ambiental y se determinaron espectros de radiación para los blancos con mayor rendimiento, que corresponden a las reacciones  $^{18}\text{O}(p,n)^{18}\text{F}$  y  $^{15}\text{N}(p,n)^{15}\text{O}$ .

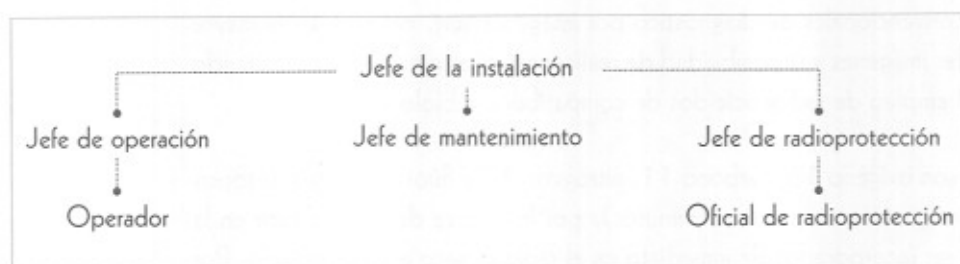
La ARN ha solicitado información adicional referida al informe preliminar de seguridad de la instalación.

## PRODUCCIÓN DE RADIOISÓTOPOS

### PLANTA DE PRODUCCIÓN DE RADIOISÓTOPOS

Esta planta, propiedad de la Comisión Nacional de Energía Atómica (Gerencia Centro Atómico Ezeiza, Unidad de Actividad: Operación de instalaciones nucleares), se halla ubicada en el Centro Atómico Ezeiza. Produce y fracciona radioisótopos para uso medicinal, industrial y agropecuario, tales como: el yodo 131 y el molibdeno 99.

La planta está constituida por un conjunto de celdas blindadas y estancas de atmósfera controlada, ubicadas alrededor de un corredor denominado "caliente". 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.



La instalación posee Licencia de operación desde el 5 de mayo de 1993 y el organigrama de posiciones licenciables se muestra en el esquema.

Los riesgos radiológicos son los inherentes al manipuleo de material radiactivo. 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 disminuir la emisión de material radiactivo tanto a la atmósfera como al ambiente de trabajo.

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



## Inspecciones

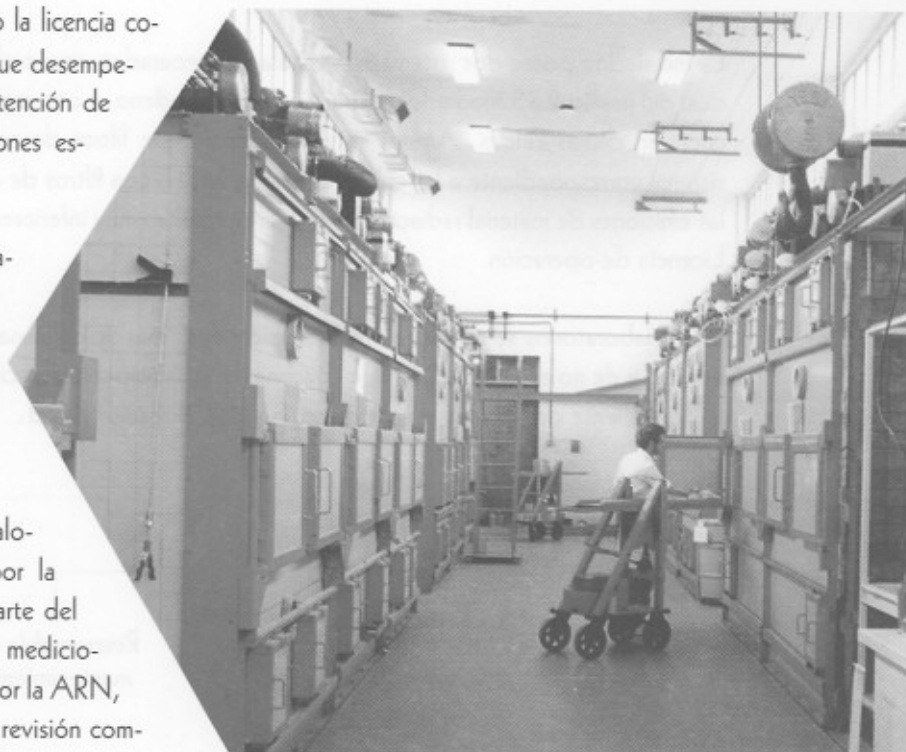
Durante el año se efectuaron 10 inspecciones. A través de las mismas se llevaron a cabo los siguientes controles: muestreo en la chimenea de descarga; muestreo en las áreas de trabajo, control de los registros de dosis ocupacional, desempeño del personal en el área controlada, verificación del estado de los filtros del sistema de extracción y verificación del sistema de detección y extinción de incendios.

### Planta de producción de radioisótopos

El personal de la planta obtuvo la licencia correspondiente a las funciones que desempeñan y están gestionando la obtención de las correspondientes autorizaciones específicas.

En el año 1997 la emisión gaseosa de material radiactivo de la instalación superó el valor de la restricción anual para la descarga al medio ambiente.

Debido a la tendencia de los valores de descarga informados por la instalación durante la primer parte del año, confirmados además con mediciones independientes realizadas por la ARN, se le exigió a la instalación una revisión completa del sistema de control de descargas gaseosas.



A partir de ese momento se limitó la producción de yodo 131 y se modificó el sistema de filtros con carbón activado. Estas acciones redujeron notablemente la emisión de yodo 131 y permitieron que la emisión del mes de diciembre respetara el valor de restricción para la descarga que indica la Licencia de operación.

### PLANTA PARA LA PRODUCCIÓN DE MOLIBDENO 99 POR FISIÓN

La planta, propiedad de Comisión Nacional de Energía Atómica (Gerencia Centro Atómico. Ezeiza, Unidad de Actividad: Operación de instalaciones nucleares), está ubicada en el Centro Atómico Ezeiza.

Esta instalación separa, mediante procesos radioquímicos, el molibdeno 99 producto de la fisión del uranio 235. El proceso comienza con la irradiación, en el reactor RA 3, de placas de aleación aluminio/uranio enriquecido al 90% en el isótopo 235, y se completa con un proceso radioquímico que permite separar el molibdeno 99.



El molibdeno 99 es la materia prima para la fabricación de los generadores de tecnecio 99 metaestable, uno de los radioisótopos de mayor uso en medicina nuclear.

La planta consta de dos laboratorios con cuatro celdas estancas cada uno. El laboratorio donde se realiza el proceso de disolución de las placas de uranio posee dos celdas cuyas paredes laterales y techo tienen un espesor de 30 cm y 20 cm de plomo respectivamente. El laboratorio donde se realiza la purificación del molibdeno 99 tiene celdas con espesores de plomo de 20 cm. Todas las celdas trabajan con una depresión respecto de la presión atmosférica en el exterior equivalente a 20 mm de columna de agua.

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 las emisiones de material radiactivo al ambiente resultan muy inferiores a los valores establecidos en la Licencia de operación.

En los laboratorios se mantiene una depresión de 5 mm de columna de agua respecto del resto del edificio y de no menos de 2 mm de columna de agua respecto al recinto que los comunica con el corredor caliente de la planta de producción y con el reactor RA 3.



La instalación cuenta con una Licencia de operación otorgada el 30 de junio de 1995. Todo el personal cuenta con licencia y autorización específica; las posiciones licenciables se muestra en el organigrama adjunto.

Los riesgos radiológicos son los inherentes al manipuleo de material radiactivo producto de la fisión del uranio 235, es decir, irradiación externa e incorporación. Dado que se trabaja con material fisil se establecen límites de masa para evitar accidentes de criticidad.

La instalación no realiza descargas líquidas de material radiactivo al ambiente, ya que los mismos son almacenados en tanques destinados para tal fin, que a posteriori son tratados por el Sector Gestión de Residuos Radiactivos del centro atómico.

El funcionamiento de todos los sistemas que componen la instalación se controlan a través de paneles con señales visuales y acústicas, que reflejan el estado de la planta.

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

Frente de celdas de procesos en la planta de producción de molibdeno 99 por fisión

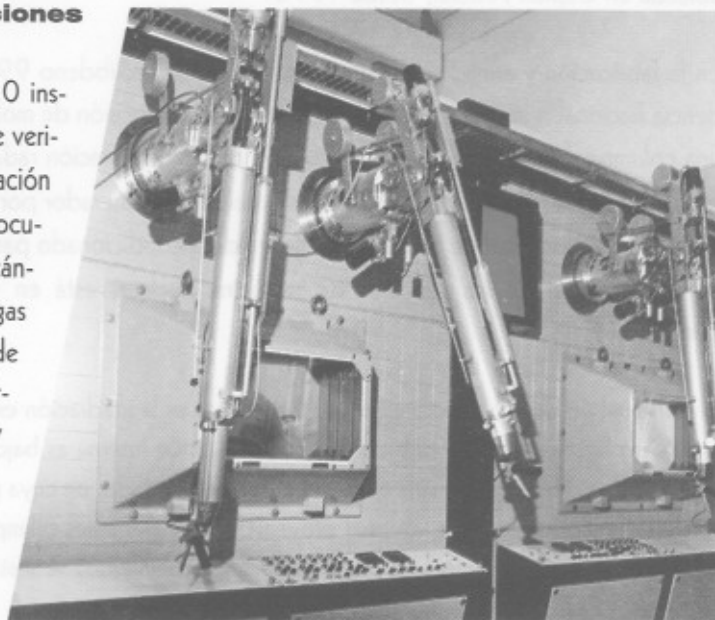
### Inspecciones

Durante el año se efectuaron 10 inspecciones mediante las cuales se verificaron las condiciones de operación y de seguridad fijadas en la Documentación Mandatoria, destacándose: el control de las descargas por chimenea, el inventario de uranio, y el desempeño del personal en las áreas supervisada y controlada.

En enero 1997 se procedió al recambio del carbón activado de los filtros del sistema de ventilación de celdas

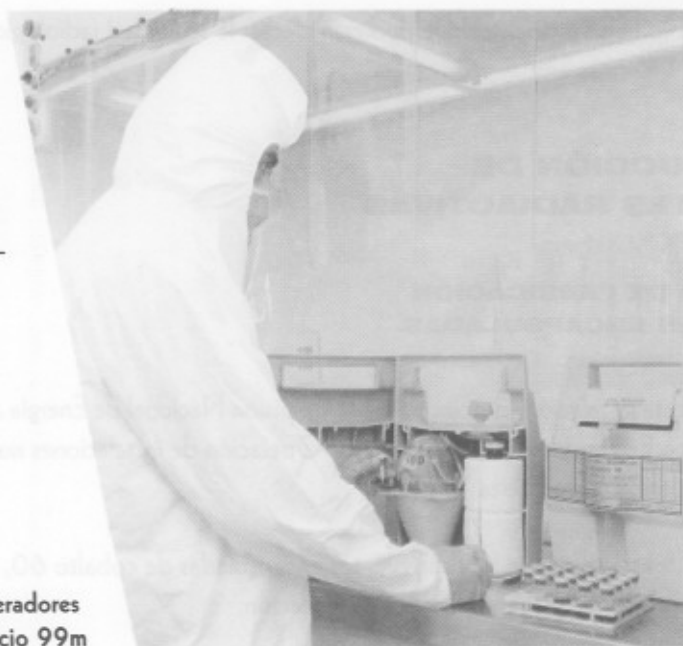
y de la conexión pasamuros en las celdas del sector de purificación reemplazándose la pieza de PVC por otra de acero inoxidable más resistente a la radiación.

En el último trimestre de 1997 comenzó una inspección especial en las siguientes áreas: dosimetría por irradiación externa, dosimetría por contaminación interna, ventilación, criticidad, y aspectos generales de protección radiológica, cuyas conclusiones se tendrán durante 1998.



### LABORATORIOS DE PRODUCCIÓN DE GENERADORES DE TECNECIO 99m

El principal radionucleido utilizado en el diagnóstico 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 de tecnecio.



Producción de generadores de tecnecio 99m

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

En la fabricación y armado de generadores se utiliza molibdeno 99 como materia prima de procedencia nacional o importada. 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 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 el proceso 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.

### **Inspecciones**

En el año se realizaron 3 inspecciones a las plantas citadas, durante las cuales 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 y los niveles de actividad en los efluentes gaseosos y los registros de dosimetría individual de personal.

No hubo incidentes que pudieran afectar la seguridad radiológica de los individuos.

## **PRODUCCIÓN DE FUENTES RADIATIVAS**

### **PLANTA DE FABRICACIÓN FUENTES ENCAPSULADAS**

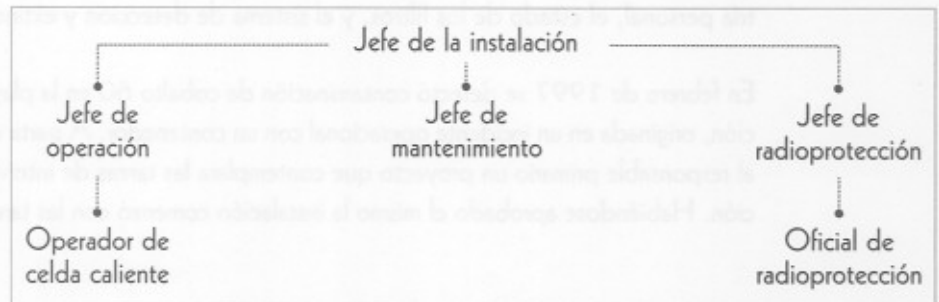
Esta instalación, propiedad de la Comisión Nacional de Energía Atómica (Gerencia Centro Atómico Ezeiza, Unidad de Actividad: Operación de instalaciones nucleares), está localizada en el Centro Atómico Ezeiza.

En esta planta se fabrican fuentes encapsuladas de cobalto 60, para utilizarlas en telecobaltoterapia, gammagrafía y plantas de irradiación.

La instalación está compuesta por una celda de 3 m x 3 m x 5,2 m de altura y locales complementarios que ocupan 340 m<sup>2</sup>. Como elemento de blindaje de la celda se utilizó hormigón con espesores en muros, techo y piso de 1,30 m, 0,80 m y 0,40 m respectivamente. La puerta de la celda de 24 toneladas de peso y único acceso para personas y carga se desplaza comandada desde el tablero de control.

La visión se obtiene mediante una ventana de vidrio plomado de 1 m de espesor y las operaciones se desarrollan mediante dos telemanipuladores.

La instalación cuenta con Licencia de operación extendida el 11 de julio de 1989. Todo el personal cuenta con licencia y autorización específica. Las posiciones licenciables se muestran en el esquema:



Los riesgos radiológicos están esencialmente relacionados con la irradiación externa y en menor medida con la incorporación de material radiactivo.

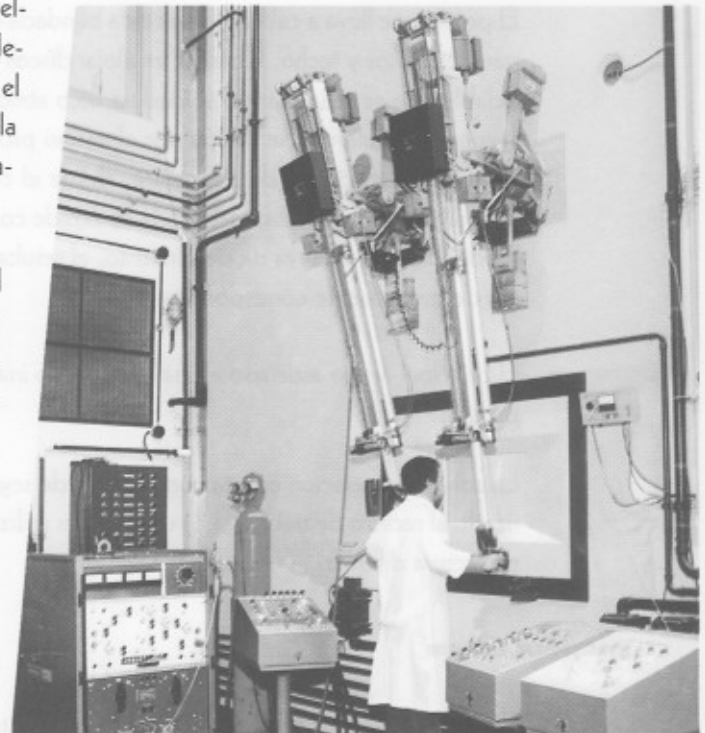
#### Planta de fabricación de fuentes encapsuladas

La apertura accidental de la puerta de acceso a la celda se previene con enclavamientos redundantes dependientes de las tasas de dosis presentes en el recinto blindado. La secuencia de apertura de la puerta blindada es advertida mediante señales visuales y sonoras.

La ventilación de la celda es independiente del resto de los locales y tiene por objeto disminuir la emisión de material radiactivo en forma de polvo o de aerosoles, como así también extraer el ozono que se produce en su interior.

El personal de operación utiliza dosímetros de lectura directa y termoluminiscentes y se efectúa el control rutinario de la contaminación interna por medio de mediciones directas de todo el cuerpo.

El control de la posible contaminación superficial de los sectores de trabajo, debido fundamentalmente a los procesos de fabricación de las fuentes, se realiza mediante la medición de muestras



de arrastre superficial tomadas periódicamente en los distintos sectores. También se realiza la determinación del valor de la tasa de dosis equivalente ambiental y del nivel de contaminación del aire.

### **Inspecciones**

Durante el año se realizaron 10 inspecciones para verificar si las condiciones de operación y de seguridad se correspondían con las autorizadas en la documentación mandatoria. Principalmente se controlaron: el correcto funcionamiento de los sistemas de seguridad, los valores de contaminación superficial, el desempeño del personal en zonas controladas y supervisadas, los registros de dosimetría personal, el estado de los filtros, y el sistema de detección y extinción de incendios.

En febrero de 1997 se detectó contaminación de cobalto 60 en la playa de maniobras de la instalación, originada en un incidente operacional con un contenedor. A partir de ese hecho la ARN solicitó al responsable primario un proyecto que contemplara las tareas de intervención para la descontaminación. Habiéndose aprobado el mismo la instalación comenzó con las tareas de descontaminación.

### **PLANTA DE FABRICACIÓN DE FUENTES PARA GAMMAGRAFÍA**

El propósito de esta instalación es el fraccionamiento, 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 que cuenta con blindajes de plomo y hormigón, en paredes, pisos y techo. 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. Cada fuente fabricada se expide con un certificado donde figura la actividad de la calibración inicial, su curva de decaimiento, el resultado de los ensayos de calidad efectuados, y los datos del portafuente correspondiente.

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. Los operadores utilizan dosímetros personales tipo lapicera y dosímetros de lectura diferida.

### **Inspecciones**

En el año se realizaron 2 inspecciones a esta instalación, durante las cuales se verificaron:

- ✓ 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.



## INSTALACIONES PARA IRRADIACIÓN CON ALTAS DOSIS

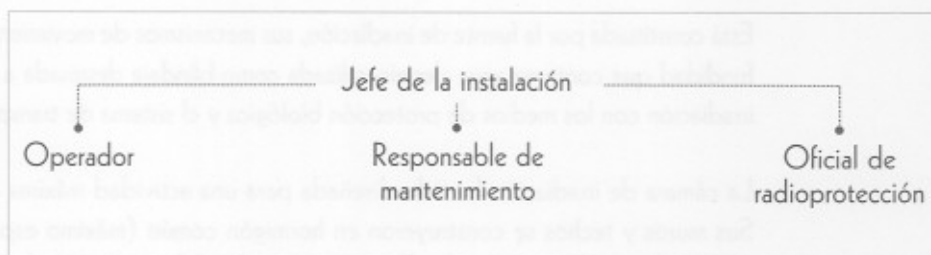
### PLANTA INDUSTRIAL DE IRRADIACIÓN IONICS S.A.

Esta planta, propiedad de la empresa Ionics S.A., está ubicada en el Partido de Tigre, provincia de Buenos Aires. El predio ocupa una superficie de 7385 m<sup>2</sup>. Está destinada a la irradiación de productos de uso biomédico para su esterilización, y de alimentos o productos farmacéuticos con la finalidad de mejorar sus propiedades.

La instalación posee fuentes de cobalto 60 cuya actividad máxima de diseño es de 37 PBq. El sistema porta fuentes se encuentra alojado en el fondo de una pileta de 6 m de profundidad que contiene agua desmineralizada como blindaje. Se desplaza verticalmente desde la posición de depósito en el fondo de la pileta hasta su posición de irradiación a 1 m por sobre la superficie del agua. La sala de irradiación que contiene las fuentes y la pileta, dispone de un blindaje de hormigón con espesores cercanos a los 2 m. El acceso a la sala de irradiación es por un laberinto de hormigón cuyas paredes tienen entre 0,50 m y 1,50 m de espesor.

El producto a irradiar es llevado por un sistema de transporte a la sala de irradiación.

La instalación cuenta con una Licencia de operación otorgada el 26 de diciembre de 1996. El personal que compone el organigrama de operación se encuentra licenciado.



El principal riesgo es la irradiación externa de personas por ingreso al recinto con la fuente en posición de irradiación.

Se han previsto por diseño sistemas de seguridad que impiden la entrada o permanencia de personas en zonas donde existe el peligro de irradiación externa y que provocan el descenso automático de la fuente de irradiación a posición segura de depósito en el fondo de la pileta para cuando se produzca el ingreso de personas al recinto de irradiación.

Todas las posiciones que la fuente recorre desde la inferior -de depósito- hasta la superior -de irradiación-, se encuentran señalizadas en consola por sistemas visuales. También existen sistemas visuales indicadores del nivel de agua de la pileta.

Un sistema de ventilación compuesto por dos extractores de aire permite mantener los niveles de ozono en el recinto de irradiación dentro de los valores admisibles.



El plan de monitoreo de áreas incluye mediciones periódicas de tasa de la dosis equivalente ambiental en diferentes zonas y el control de la contaminación del agua. El personal de operación utiliza dosímetros individuales termoluminiscentes.

### Inspecciones

Durante el año se realizaron 4 inspecciones en la cual se verificó principalmente:

- ✓ El adecuado funcionamiento de los diferentes sistemas de seguridad, el nivel de agua de la pileta, los registros de dosis personales y las operaciones efectuadas en relación con la recarga de la fuente.

En el mes de junio de 1997 se incrementó la actividad de cobalto 60 de la fuente, siendo en diciembre de 12,5 PBq.

### PLANTA SEMI-INDUSTRIAL DE IRRADIACIÓN

La planta, propiedad de la Comisión Nacional de Energía Atómica (Gerencia Centro Atómico Ezeiza, Unidad de Actividad: Operación de instalaciones nucleares) está ubicada dentro del predio de dicho Centro Atómico Ezeiza, y emplea fuentes radiactivas de alta actividad, para la esterilización de productos farmacéuticos y biomédicos y la conservación de alimentos.

Está constituida por la fuente de irradiación, sus mecanismos de movimiento, una pileta de 6 m de profundidad que contiene agua desmineralizada como blindaje destinada a alojar la fuente, el recinto de irradiación con los medios de protección biológica y el sistema de transporte del producto a irradiar.

La cámara de irradiación ha sido diseñada para una actividad máxima de cobalto 60 de 37 PBq. Sus muros y techos se construyeron en hormigón común (máximo espesor 1,80 m) y, en algunos sectores, en hormigón pesado. Tiene 6,40 m de ancho, 12 m de largo y 4 m de alto.

La fuente se desplaza verticalmente desde la posición de depósito en el fondo de la pileta hasta su posición de irradiación a 1 m por sobre la superficie del agua. La sala de irradiación que contiene la fuente y la pileta, dispone de un blindaje de hormigón con espesores cercanos a los 2 m. El acceso a la sala de irradiación es por un laberinto de hormigón cuyas paredes tienen entre 0,50 m y 1,50 m.

El producto a irradiar es llevado por un sistema de transporte a la sala de irradiación.



La instalación cuenta con Licencia de operación otorgada el 21 de diciembre de 1993. El personal licenciado se indica en el siguiente organigrama.

El principal riesgo radiológico 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 advertida por sistemas de detección que producen el descenso automático de la fuente.

Asimismo la planta cuenta con sistemas visuales que indican la posición de irradiación de la fuente y el nivel de agua de la pileta.

Un sistema de ventilación compuesto por dos extractores de aire permite mantener los niveles de ozono generado en el recinto de irradiación dentro de los valores admisibles.

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.

### Inspecciones

Durante el año 1997 se realizaron 5 inspecciones en las cuales se verificaron principalmente: el adecuado funcionamiento de los diferentes sistemas de seguridad, el nivel de agua de la pileta y los registros de dosis personales.

El 4 de setiembre de 1997, durante una inspección rutinaria, se comprobó que el Responsable Primario había suspendido la operación de la planta a fin de investigar las causas de la señal repetida de advertencia sobre una posible traba de la fuente en alguna posición de su movimiento. La planta estuvo sin operar durante dos semanas al cabo de las cuales se corrigió la verticalidad en los cables de izaje y se cambió uno de los rodillos deslizadores de las guías de desplazamiento vertical de la fuente. Posteriormente se reinició la operación normal de la planta.

### IRRADIADOR MÓVIL IMO 1

La unidad Laboratorio del Irradiador Móvil (IMO 1), perteneciente a la Comisión Nacional de Energía Atómica se encuentra operando en el Instituto de Investigaciones Biológicas de la provincia de San Juan, irradiando pupas de mosca de la fruta, dentro del Programa Provincial de erradicación de la misma.

Está constituida por un irradiador gamma de cámara de irradiación móvil y fuente fija, montado en un semirremolque carrozado diseñado especialmente para su transporte. La cámara de irradiación mide 30 cm x 40 cm x 30 cm, y desde una sala de control contigua es accionada mediante un sistema hidráulico que permite su desplazamiento vertical entre el punto superior de carga y el inferior de irradiación.

La cámara de irradiación está constituida por dos portafuentes en forma de "U" con capacidad para 94 fuentes, sobre una estructura de acero resistente calculada para evitar deformaciones. La actividad máxima autorizada es de 370 TBq de cobalto 60.

La celda es una cuna de acero inoxidable que recibe los portafuentes, las guías y el portamuestras. Entre la cuna y el exterior se encuentra un blindaje de plomo fundido "in situ" y un revestimiento de acero, dotado de aletas de disipación de calor, y en la parte superior un cabezal de cierre blindado y de construcción similar a la base.

El principal riesgo asociado al IMO 1 es la irradiación externa del personal ocupacionalmente expuesto, lo que se evita por medio del blindaje que éste posee.

El equipo se encuentra adecuadamente señalizado y vallado. La instalación cuenta con procedimientos de operación, mantenimiento, emergencia, alarma sonora por la apertura no autorizada de alguna de sus puertas además de un servicio de vigilancia.

### **Inspecciones**

En el año se realizó una inspección al IMO 1 y se verificaron:

- ✓ Los procedimientos de operación, la eficiencia de los blindajes, el estado y funcionamiento de los equipos de protección radiológica y los registros de dosimetría individual del personal.

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

En julio de 1997 se otorgó la Licencia de operación al irradiador móvil IMO 1. El personal se encuentra gestionando sus correspondientes licencias individuales.

### **IRRADIADOR MÓVIL IMCO 20**

El equipo irradiador transportable IMCO 20 fue diseñado y construido por la empresa INVAP S.E. para el Gobierno de la provincia de Mendoza. El equipo se utiliza para irradiar pupas de mosca de la fruta.

Utiliza 4 fuentes radiactivas de cobalto 60 con una actividad de 190 TBq cada una. Consta de un cuerpo principal que contiene en su centro un alojamiento rectangular para las fuentes radiactivas, ubicada en un plano horizontal. Por encima y por debajo de las fuentes radiactivas se encuentran dos "magazines" de forma paralelepípeda, paralelos y vinculados entre sí, que pueden desplazarse horizontalmente en forma simultánea. En el cuerpo de cada "magazine" se encuentran dos cavidades donde se colocan los productos a irradiar en bandejas. Posee un blindaje biológico calculado para proteger adecuadamente al personal y al público que pudiese permanecer en sus inmediaciones.

La operación del equipo se realiza desde un panel de control, donde se encuentran todos los comandos, incluido un interruptor general para casos de emergencia.

El principal riesgo asociado a este equipo es la irradiación externa del personal ocupacionalmente expuesto. Posee dos monitores de área que activan el sistema de alarma a una tasa de dosis predeterminada; los que actúan en caso de incidentes.

El equipo se encuentra localizado en un terreno ubicado en el Insectario Provincial, adecuadamente señalizado y vallado. El sector donde se realiza la operación del irradiador cuenta con sistemas de se-

guridad que impiden el acceso de personal no autorizado al recinto de irradiación. La instalación tiene un cerco olímpico dentro del Insectario, que a su vez cuenta con otro cerco de similares características. Posee alarma sonora por la apertura no autorizada de alguna de sus puertas y vigilancia permanente.

### Inspecciones

En el año se realizó una inspección al irradiador y se verificaron:

- ✓ Los procedimientos de operación; 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 del personal.

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

El irradiador móvil IMCO 20 está en proceso de licenciamiento. Mientras tanto opera con una Autorización de operación, la que vence el 30 de abril del 1998.

### PLANTA DE IRRADIACIÓN DE BARROS (PIBA)

Esta planta se construye mediante un convenio entre la CNEA y el gobierno de la provincia de Tucumán. Está ubicada en terrenos del establecimiento depurador de San Felipe, a 8 km al sur de la ciudad de San Miguel de Tucumán.

El propósito de esta instalación es el de pasteurizar el barro proveniente de una planta de tratamiento convencional de efluentes cloacales, que genera barros digeridos en forma anaeróbica con una concentración de sólidos del 3% al 5%. Para ese fin se emplearán campos de radiación generados por una fuente de cobalto 60 con una actividad máxima de 26 PBq.

El sistema está compuesta por un tanque blindado de 6 m<sup>3</sup> de capacidad en cuyo interior se alojan las fuentes radiactivas acondicionadas en portafuentes, ubicadas entre dos cilíndricos concéntricos aislados, lo que implica que los barros no estarán en contacto con las referidas fuentes, quedando exentos de contaminación radiactiva. Una vez pasteurizados los barros pasan a un tanque de control bacteriológico y radiológico donde se confirma su inocuidad. A diferencia de otros métodos de pasteurización, como la incineración o el tratamiento térmico, el empleado en la PIBA conserva la materia orgánica (2,5% de nitrógeno), haciendo a estos barros aptos para transformarse en fertilizantes para suelos de cultivo.

El irradiador de la instalación, se encuentra dentro de un blindaje de hormigón armado, con sistema laberíntico, de 1,4 m de espesor, situado a 8 m de profundidad. El sistema cuenta con las siguientes instalaciones auxiliares: tanque de entrada de barros, tanque de salida de barros, sistema de refrigeración, sistema de venteo de gases, bombas de vaciado de pileta, pozo de transferencia y un puente grúa.

Esta planta posee Licencia de construcción emitida el 22 de noviembre de 1994.

Cuando esta planta opere el riesgo radiológico estará asociado a los campos de radiación externa generados por la fuente de cobalto 60.

### **Inspecciones**

Durante el año se realizó una inspección rutinaria en donde se verificaron los ensayos y pruebas realizadas a los componentes primarios de la instalación y a los sistemas auxiliares.

En el año se completó la obra civil y se montó el tanque irradiador, el tanque de alimentación, el tanque de salida de barras y las electrobombas.

## **FABRICACIÓN DE ELEMENTOS COMBUSTIBLES NUCLEARES**

### **PLANTA INDUSTRIAL CÓRDOBA**

La planta está ubicada en el barrio de Alta Córdoba, en la capital de dicha provincia. Desde octubre de 1997 es operada por Dioxitek S.A., empresa conformada por la CNEA y Nuclear Mendoza S.E.

Esta instalación está dedicada a la purificación de concentrados comerciales de uranio y conversión de este producto de pureza nuclear en polvo de dióxido de uranio de características físicas y químicas muy particulares. Estas lo hacen apto para la fabricación de pastillas de uranio que se utilizan para ensamblar los elementos combustibles para las centrales de Atucha I y Embalse o utilizarse como materia prima para la Planta de enriquecimiento de uranio de la CNEA. La producción en el período fue de 168 t de dióxido de uranio.

La planta está compuesta por un sector de purificación, donde el concentrado comercial de uranio es disuelto en ácido nítrico, filtrado y purificado mediante mezcladores; y un sector de conversión, donde la solución de uranio, nuclearmente pura es concentrada y precipitado el uranio como cristales de uranil carbonato de amonio. Estos son enviados a un reactor de lecho fluidizado donde por acción de la temperatura y el ambiente reductor de hidrógeno se convierte en dióxido de uranio.

La instalación inició su operación en noviembre de 1982 y continúa trabajando en forma normal, con una capacidad nominal de producción de 150 t de uranio/año. Desde el 15 de junio de 1983 opera con Autorización de operación que es renovada en forma periódica.

Los riesgos para el personal que trabaja en la instalación están asociados a la posible contaminación interna por inhalación o ingestión de compuestos uraníferos. En los sectores donde se trabaja con polvo de uranio se mantiene la estanqueidad y la depresión de los equipos para impedir fugas indeseadas de aerosoles. Asimismo toda el área de trabajo se mantiene a menor presión de la atmosférica, para evitar la salida de material fuera de la instalación.

En forma sistemática se efectúan determinaciones del contenido de uranio en muestras de orina para evaluar la posible contaminación interna de los trabajadores.



### Inspecciones

Durante el año se efectuaron 4 inspecciones rutinarias controlándose principalmente: el monitoreo de uranio en aire y en las superficies de los ambientes de trabajo, la verificación del estado de los filtros de aire de ingreso y egreso de la instalación, la verificación de las condiciones operativas de planta y la de las descargas líquidas y gaseosas al ambiente.

Los valores de concentración de uranio en aire durante el presente período productivo estuvieron un orden de magnitud por abajo de los valores admisibles. La contaminación superficial en los muestreos realizados no superó los valores tolerables para la zona de trabajo considerada.

Las descargas de uranio al ambiente fueron de 11,3% para aerosoles y de 63% para líquidos, de los valores permitidos por la Autorización de operación de la planta.

Durante 1997 se le otorgó a la instalación dos autorizaciones para efectuar prácticas de mezclado y homogenización de polvo de dióxido de uranio enriquecido al 3,4% en uranio 235, con dióxido de uranio natural, para obtener lotes de óxidos levemente enriquecidos al 0,85% en uranio 235, para la fabricación de elementos combustibles prototipos para la central Atucha I. La realización de dichas prácticas se realizaron en un todo de acuerdo a lo programado.

### PLANTA DE ENRIQUECIMIENTO DE URANIO

La Unidad Tecnológica Pilcaniyeu ubicada en el Municipio de Pilcaniyeu de la provincia de Río Negro, es propiedad de la CNEA y depende de la Gerencia Centro Atómico Bariloche.

El propósito de esta instalación es incrementar el contenido del isótopo uranio 235 que se encuentra en el uranio natural, de 0,72% hasta un valor máximo de 5%, empleando el método de difusión gaseosa. Para cumplir este objetivo el dióxido de uranio es convertido en un compuesto gaseoso (hexafluoruro de uranio). El isótopo más liviano (uranio 235), en base al principio de difusión molecular, atraviesa con más facilidad que los isótopos más pesados una barrera porosa tipo membrana produciéndose un enriquecimiento paulatino en uranio 235.

La planta está conformada por una instalación piloto de ensayo de materiales, equipos y corridas de prueba, denominada Mock Up que consiste en un módulo de 10 unidades difusoras. Posee una Autorización de operación otorgada el 1° de diciembre de 1993.

El complejo se compone en su totalidad con dos series de cascadas de enriquecimiento (A1 y A2) en la que cada etapa está compuesta por un recipiente donde se encuentra la barrera porosa, un intercambiador de calor, compresores, instrumentación y control, y cañerías de proceso que lo conectan en serie con la etapa anterior y posterior.

Las instalaciones complementarias de la planta son: una planta de ácido fluorhídrico, una planta de conversión de dióxido de uranio a hexafluoruro de uranio, la playa de cisternas de hexafluoruro con un sector de muestreo y pesada, un laboratorio analítico para el control del proceso, el área de descontaminación y mantenimiento e instalaciones de tratamiento de efluentes.



El manejo de los compuestos químicos en la planta de enriquecimiento encierra un riesgo predominantemente toxicológico, asociado a la exposición accidental al hexafluoruro de uranio, al ácido fluorídrico y al fluoruro de uranilo. También existe 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 en depresión para evitar fugas de material. La instalación está diseñada y es operada de manera de prevenir la ocurrencia de accidentes de criticidad.

### **Inspecciones**

Durante el año no se efectuaron tareas con material radiactivo en ningún sector de la planta. Sin embargo se efectuaron 2 inspecciones rutinarias.

### **FÁBRICA DE ELEMENTOS COMBUSTIBLES**

La Fábrica de elementos combustibles nucleares es operada por la empresa Combustibles Nucleares Argentinos S.A. (CONUAR S.A.) y está situada en el Centro Atómico Ezeiza.

Esta planta produce los elementos combustibles para los dos centrales nucleares CNA I y CNE. El proceso de fabricación parte del polvo de dióxido de uranio, proveniente de la Planta Industrial Córdoba, y de tubos fabricados con una aleación de circonio, denominada zircaloy 4, producida en la Fábrica de aleaciones especiales del Centro Atómico Ezeiza.

En la planta se efectúan los procesos metalúrgicos requeridos para la obtención de las pastillas de óxido de uranio, que consisten en el prensado del polvo para obtener las pastillas y el posterior sinterizado de éstas a 1700 °C, en hornos con ambiente reductor de hidrógeno. Las pastillas sinterizadas son rectificadas para cumplir con las especificaciones de tamaño y posteriormente colocadas en los tubos de zircaloy 4. Estos tubos son cerrados con tapones soldados en ambos extremos y ensamblados en separadores estructurales de zircaloy formando así los elementos combustibles que alimentan a las centrales de potencia. Durante el año se procesaron 173 t de uranio.

La instalación se conforma por los siguientes módulos:

- sector de homogeneización del polvo de  $UO_2$ ,
- sector de prensas para la fabricación de pastillas,
- sector de hornos para el sinterizado de las mismas,
- sector de rectificación de pastillas,
- sector de armado del elemento combustible.
- sector de tratamiento de efluentes

Posee además sectores de almacenaje tanto de la materia prima como del material elaborado, así como laboratorios de caracterización de polvos de dióxido de uranio y para el control de la calidad de la producción.

La instalación opera con una Autorización de operación actualizada emitida el 1° de diciembre de 1991, renovada periódicamente.

En esta instalación, el riesgo está asociado esencialmente a la incorporación del dióxido de uranio. En el proceso de fabricación de pastillas de óxido de uranio se generan aerosoles y para evitar la presencia de estos en el ambiente de trabajo, la planta cuenta con un sistema captación y retención de las partículas de uranio en suspensión.

Rutinariamente se llevan a cabo monitorajes del recinto de trabajo, determinándose 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.

Los desechos 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 así 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.

### Inspecciones

En el año se realizaron 4 inspecciones durante las cuales se verificaron principalmente 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 la eficiencia de los filtros.

Las descargas al ambiente en el año fueron de 2,3% para efluentes particulados y de 32,7% para líquidos, de los valores permitidos en la Autorización de operación.

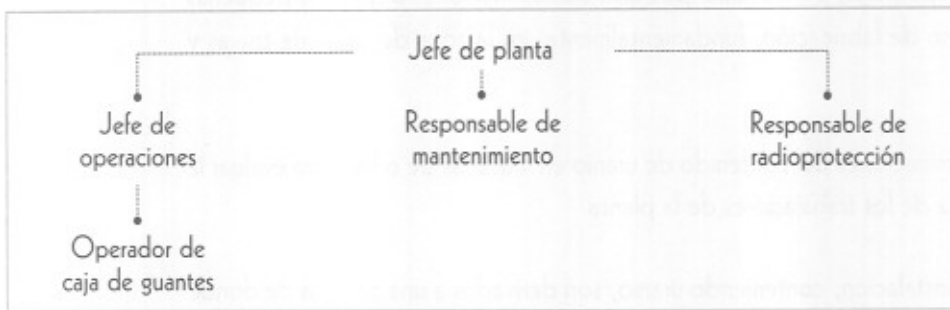
No se encontraron apartamientos de las condiciones de operación y de seguridad fijados por la documentación mandatoria.

### FÁBRICA DE ELEMENTOS COMBUSTIBLES PARA REACTORES DE INVESTIGACIÓN (FECRI)

La fábrica de elementos combustibles para reactores de investigación es operada por la empresa CONUAR S.A. y está ubicada en el Centro Atómico Ezeiza.

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, a partir de polvo de  $U_3O_8$  enriquecido al 20% en el isótopo 235 y polvo de aluminio de alta pureza.

La planta cuenta con un área controlada donde se fabrica el núcleo fisil a partir de polvo de  $U_3O_8$  enriquecido al 20% en uranio 235 y polvo de aluminio. Las tareas de pesado, mezclado, homogeneización del óxido de uranio y aluminio, prensado y armado de los conjuntos se efectúa en cajas de guantes, soldándose las placas combustibles en el mismo sector de área controlada. En el otro sector de la planta, área supervisada, se trabaja con el núcleo fisil encapsulado en aluminio. Allí se laminan en caliente las placas; se realiza un tratamiento superficial para eliminar la capa de óxido producida al efectuar la laminación en caliente, se efectúa una laminación en frío; se radiografía, marca y corta la placa, y se procede al ensamble del elemento combustible.



Esta planta posee Licencia de operación desde octubre de 1993. El organigrama de los puestos licenciados se muestra en el esquema:

La fabricación de los núcleos fisiles y de los elementos combustibles presentan, para el personal de operación, riesgos de contaminación interna y de irradiación externa, dada la toxicidad del uranio y la posibilidad de un accidente de criticidad respectivamente.

La manipulación del polvo de  $U_3O_8$  es realizada dentro de recintos con confinamiento total, durante las operaciones. Este confinamiento se logra utilizando cajas de guantes mantenidas en depresión con respecto al área de trabajo. Asimismo, el recinto que delimita la zona controlada se mantiene en depresión con respecto al exterior de la planta.

En todas las etapas del proceso de fabricación existen límites de masa del material fisil para asegurar la operación desde el punto de vista de la criticidad. En las etapas que lo permite el proceso, el diseño del equipamiento se realizó para que éste sea subcrítico (seguridad por diseño) y en otras, se logra la seguridad por control administrativo de la cantidad de material presente en la instalación (seguridad por operación).

El plan de monitoreo implementado en esta instalación permite cuantificar el riesgo a que está sometido el personal, estimar la posible incorporación de uranio enriquecido, y, cuando se producen, identificar las causas de una contaminación.

Para lograr estos objetivos se determina la concentración de uranio en el aire, en superficies de los sectores de operación de la planta y en la ropa y objetos de trabajo.

El monitoreo personal se realiza con un monitor portátil, para la determinación de la contaminación superficial. Para la contaminación interna, el control se lleva a cabo en forma rutinaria a través de la determinación de uranio en orina. El control de la irradiación externa se efectúa mediante el empleo de dosímetros termoluminiscentes.

**Inspecciones**

Durante el año se realizaron 2 inspecciones rutinarias no observándose apartamientos de las condiciones fijadas en la documentación mandatoria.

Se verificaron principalmente: los registros de dosis personales, de la contaminación y del ingreso y egreso al área controlada, el inventario del material presente como la estanqueidad de las cajas de guantes, el funcionamiento de los sistemas de alarmas y los procedimientos de operación.

**LABORATORIO DE FABRICACIÓN DE  
ELEMENTOS COMBUSTIBLES PARA REACTORES  
DE INVESTIGACIÓN (ECRI)**

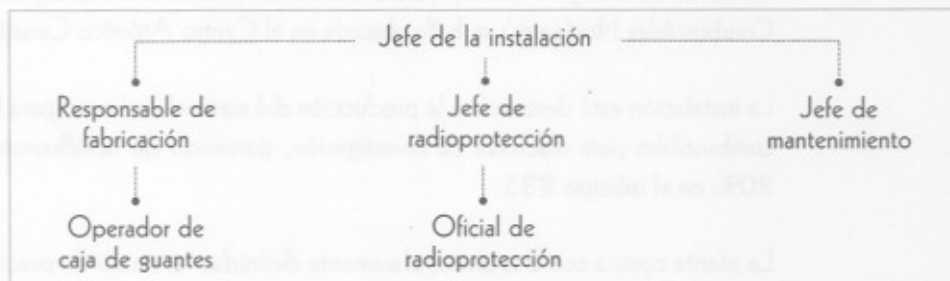
El laboratorio de fabricación de elementos combustibles para reactores de investigación, propiedad de la CNEA (Gerencia Centro Atómico Constituyentes, Unidad de Actividad: Combustibles Nucleares) está ubicada en el Centro Atómico Constituyentes.

Esta planta utiliza polvo de óxido de uranio, enriquecido al 20% en el isótopo uranio 235 y polvo de aluminio de alta pureza. Además de los elementos combustibles, esta planta fabrica las miniplacas de uranio que son empleadas para la obtención de molibdeno 99 por fisión.

La planta consta de un conjunto de cajas de guantes (10 módulos), en serie, donde se realizan las siguientes operaciones: recepción del óxido de uranio y polvo de aluminio, trasvase, pesada, homogenización, acondicionamiento, compactado, limpieza de núcleos, control dimensional y pesada y armado de los conjuntos. Los mismos son retirados del sector y en el área supervisada se efectúa la soldadura, laminación en caliente, tratamiento superficial de las placas, laminación en frío, radiografiado, marcado y corte, tratamiento superficial final y emsamble de los elementos combustibles.

La instalación posee Licencia de operación emitida el 12 de diciembre de 1989, para fabricar elementos combustibles con uranio enriquecido al 20% en el isótopo 235 y ampliada el 12 de noviembre de 1992 para un enriquecimiento del 90%.

El personal posee licencia y autorización específica y el organigrama de los puestos licenciados se muestra a continuación:



La fabricación de elementos combustibles con uranio enriquecido presenta para el personal de operación riesgos de contaminación interna por incorporación de uranio y riesgos de irradiación externa por accidente de criticidad. Para prevenir y minimizar este último riesgo, en todas las etapas del pro-

ceso de fabricación existen límites de la masa del material fisil acumulado. Este objetivo se logra por medio de un diseño adecuado (seguridad por diseño) o cuando ello no es suficiente, mediante controles administrativos (seguridad por operación).

Para evitar la contaminación interna de los operadores, la manipulación del polvo de óxido de uranio se realiza en cajas de guantes con confinamiento total. Este confinamiento se logra utilizando cajas estancas mantenidas en depresión respecto al 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.

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

### **Inspecciones**

Durante el año se realizaron 6 inspecciones rutinarias verificándose principalmente: registros mensuales de dosis ocupacionales, registros de contaminación radiactiva; cantidad de material fisil presente en el sector, depresión en caja de guantes y verificación del estado de los filtros y del sistema de detección y extinción de incendio.

No se comprobaron apartamientos a lo indicado por la documentación mandatoria.

Durante el año 1997 la planta operó en forma normal tanto en la fabricación de elementos combustibles para el reactor MPR que se construyó en Egipto, como en la fabricación de miniplacas para la obtención de molibdeno 99 por fisión. En el último trimestre la ARN autorizó la apertura de la caja de guantes para la extracción de un horno, el procedimiento se realizó en un todo de acuerdo a lo programado.

### **PLANTA DE CONVERSIÓN DE UF<sub>6</sub> A U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>**

La planta de conversión de hexafluoruro de uranio a óxido de uranio, propiedad de la Comisión Nacional de Energía Atómica (Gerencia Centro Atómico Constituyentes, Unidad de Actividad: Combustibles Nucleares) se halla ubicada en el Centro Atómico Constituyentes.

La instalación 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.

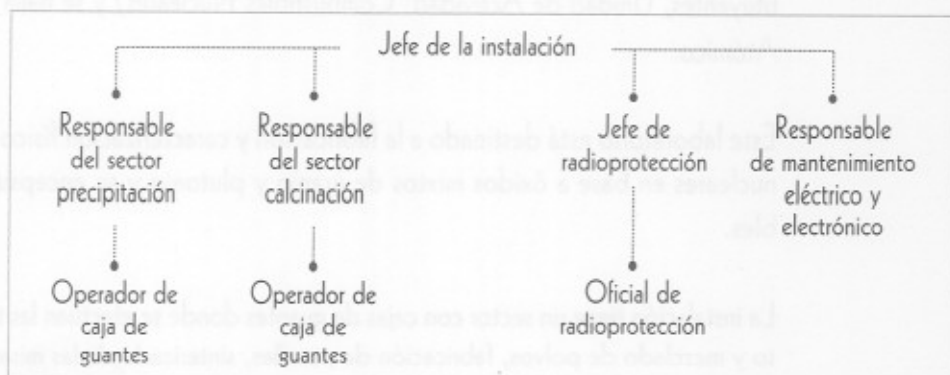
La planta cuenta con dos partes claramente definidas: el sector de precipitación y el sector de calcinación.

En el primero de ellos denominado etapa húmeda se efectúa la extracción del hexafluoruro de uranio por calentamiento, se hidroliza para obtener una solución de fluoruro de uranilo y ésta se hace precipitar como diuranato de amonio. En el sector de calcinación, llamado etapa seca, se efectúa la calci-



nación y el tratamiento de los polvos (molienda, tamizado y tratamientos térmicos) hasta la obtención del sesquióxido de uranio enriquecido de calidad nuclear.

La instalación posee Licencia de operación emitida el 4 de abril de 1989. Su personal cuenta con licencia y autorización específica y el organigrama de puestos licenciados se muestra a continuación:



En razón de los riesgos radiológicos asociados al tratamiento de compuestos de uranio enriquecido, la totalidad de los procesos empleando estos materiales que se desarrollan en esta instalación se realizan en el interior de cajas de guantes continuamente ventiladas y provistas de un sistema de filtrado de aire de alta eficiencia.

El manejo de estos compuestos encierra también un riesgo toxicológico, en el caso de exposición al ácido fluorhídrico o a los compuestos fluorados del uranio.

Adicionalmente, debido a la naturaleza fisionable del uranio enriquecido se han adoptado medidas preventivas para evitar accidentes de criticidad. Éstas consisten en la utilización de recipientes con dimensiones limitadas o bien en la aplicación de controles operativos tales como limitación de las masas y concentraciones en las distintas etapas del proceso.

En cumplimiento del plan de monitoreo implementado en esta planta, se efectúan periódicamente mediciones de área para determinar la concentración de uranio en aire, en superficies, en ropa y objetos de trabajo.

Los trabajadores son controlados mediante monitores portátiles antes de abandonar el área controlada con el objeto de determinar una posible contaminación externa. Para evaluar la contaminación interna, se toman rutinariamente muestras de orina y se determina la concentración de uranio en las mismas.

### Inspecciones

Durante el año se efectuaron 4 inspecciones rutinarias no observándose apartamientos de lo indicado en la documentación mandatoria. Se verificó: el control de ingreso y egreso del personal al área controlada, los registros de contaminación, la cantidad de material presente en el sector, la depresión en caja de guantes, la prueba de alarma de falla de extracción en caja de guantes, el estado de los filtros del sistema de ventilación, el sistema de detección de eventos de criticidad, el registro de pruebas de alarmas y del sistema de detección y extinción de incendio.

Durante el año se produjeron la totalidad de los lotes de  $U_3O_8$  para ser remitidos a las plantas de fabricación de elementos combustibles.

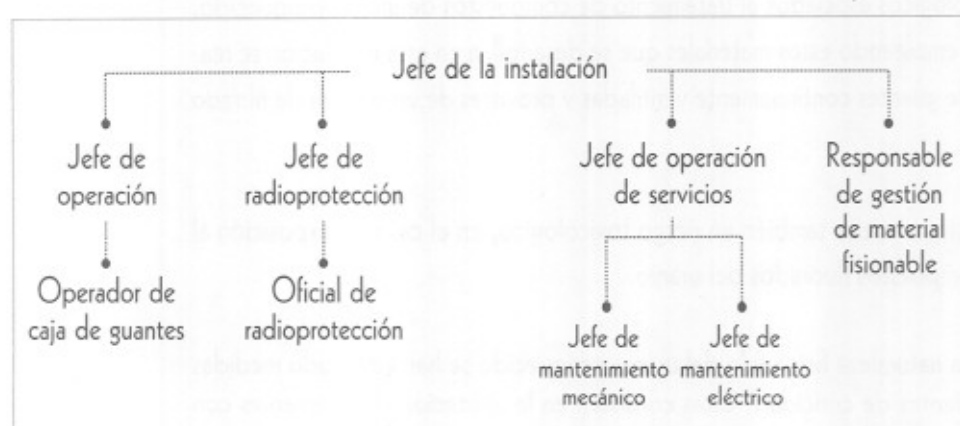


**FACILIDAD ALFA**

La instalación denominada Facilidad Alfa depende de CNEA (Gerencia Centro Atómico Constituyentes, Unidad de Actividad: Combustibles Nucleares) y se halla ubicada en dicho Centro Atómico.

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 instalación tiene un sector con cajas de guantes donde se efectúan las tareas de acondicionamiento y mezclado de polvos, fabricación de pastillas, sinterizado de las mismas, envainado y soldadura de vainas y análisis de control de procesos.



La instalación posee Licencia de operación emitida el 25 de noviembre de 1982. El personal cuenta con licencia y autorización específica. El organigrama de los puestos licenciados se indica en la figura:

La fabricación de elementos combustibles con óxidos mixtos (uranio-plutonio) presentan, para el personal de operación, riesgos de contaminación e incorporación de material y de irradiación externa. Para disminuir este riesgo el plutonio se manipulea en recintos estancos (cajas de guantes), que se mantienen en depresión respecto del recinto del laboratorio. Por otra parte el recinto del laboratorio también está en depresión 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 de las áreas de trabajo es filtrado mediante el empleo de filtros de muy alta eficiencia de retención, antes de ser liberado al exterior por chimenea.

En todas las etapas del proceso de fabricación la cantidad de material fisil se limita para evitar accidentes de criticidad.

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

**Inspecciones**

Durante el año se efectuaron 4 inspecciones rutinarias en donde se comprobó el correcto funcionamiento de los sistemas de seguridad, y el cumplimiento de los planes de monitoreo; registros del material radiactivo descargado al ambiente, de ingreso y egreso al área controlada, de la cantidad de material fisil presente en el sector; de las pruebas de los filtros, del grupo electrógeno de emergencia y del sistema de detección y extinción de incendio.

**LABORATORIO TRIPLE ALTURA**

El Laboratorio denominado Triple Altura, pertenece a la CNEA (Gerencia Centro Atómico Ezeiza, Unidad de Actividad: Materiales y Combustibles Nucleares) y está situado en el Centro Atómico Ezeiza.

En esta instalación, en escala de laboratorio, se procesa el material residual 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% o al 90% en el isótopo 235 en forma de nitrato de uranilo.

Esta instalación básicamente consiste en un laboratorio de purificación por extracción con solventes de compuestos de uranio impuros y procesa el material en lotes de distinto tamaño, según el enriquecimiento del uranio tratado.

Por tratarse de una planta de recuperación, su materia prima es de variada composición, razón por la cual la primera etapa del proceso es una disolución que presenta características variables pero cuyo resultado es siempre una solución impura en medio nítrico.

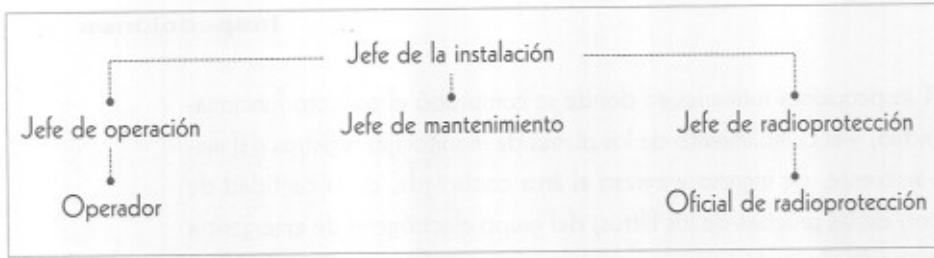
El proceso requiere de una etapa de filtración en frío o caliente, un ajuste de concentración y acidez, y una cuidadosa dosificación de caudales, para alimentar el ciclo semicontinuo de extracción por solventes.

Los equipos mezcladores y decantadores tienen un diámetro reducido para evitar accidentes de criticidad y son agitados por pulsos de aire, manteniéndose totalmente estancos para el tratamiento de soluciones de uranio enriquecido.

El proceso finaliza con una última etapa de lavado, con solvente puro, separación de la fase acuosa y concentración hasta los límites requeridos por el producto en un evaporador rotativo. Normalmente, la concentración requerida en el producto es la óptima para una precipitación cuantitativa del uranio en alguna de las plantas de conversión.

La característica relevante de este laboratorio es su versatilidad para la recuperación de distintos tipos de descartes de producción, entregando soluciones de nitrato de uranilo con pureza grado reactor en un amplio rango de concentraciones.

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. En setiembre del mismo año se emitió



la autorización para la recuperación de uranio enriquecido al 90%. El organigrama de los puestos licenciados se muestra a continuación:

En este laboratorio los riesgos radiológicos son los inherentes al manipuleo de compuestos de uranio enriquecido. Para contrarrestar ese riesgo la instalación cuenta con sistemas de seguridad por diseño y por operación. Existen sistemas de confinamiento y tratamiento de los gases y líquidos resultantes del proceso. Los efluentes gaseosos, previamente a su descarga por chimenea, pasan por un condensador de vapores, una torre lavadora y un separador tipo ciclón para eliminar el arrastre de líquidos.

Por otra parte, a los efectos de prevenir accidentes de criticidad, los equipos se han diseñado con la geometría y dimensiones adecuados para evitarlos. El personal cuenta con monitoreo individual para evaluar la irradiación.

### Inspecciones

En este año se realizaron 2 inspecciones rutinarias en las que se verificaron: aspectos relacionados con el organigrama del personal, los dispositivos de monitoreo, el almacenamiento de desechos líquidos y sólidos, los registros dosimétricos, el inventario de material fisil presente en el laboratorio; los registros de contaminación de aire y superficies y los sistemas de prevención y extinción de incendios.

### LABORATORIO URANIO ENRIQUECIDO

El Laboratorio denominado Uranio Enriquecido de la CNEA (Gerencia Centro Atómico Ezeiza, Unidad de Actividad: Materiales y Combustibles Nucleares) está situado en el Centro Atómico Ezeiza.

Este laboratorio produce uranio metálico enriquecido al 90% en el isótopo 235 a partir del procesamiento del producto obtenido en el Laboratorio triple altura, para la fabricación de miniplacas de aluminio-uranio o silicio-uranio, destinadas a la producción de molibdeno.

El proceso de conversión se desarrolla en dos sectores claramente diferenciados: la línea húmeda en la que se trabaja con soluciones y la línea seca en la que se trabaja con polvos.

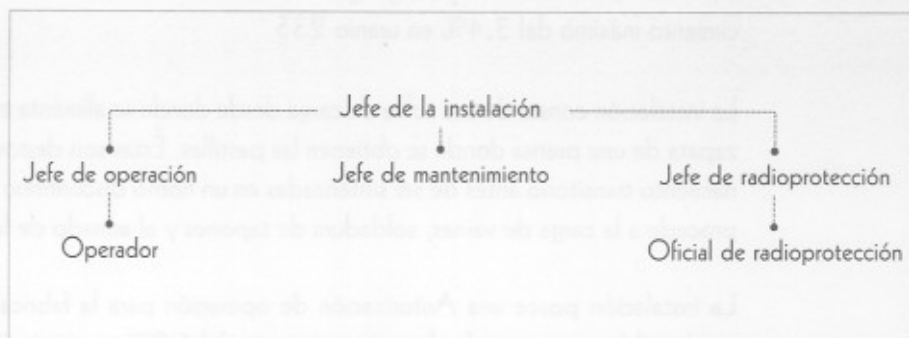
En la línea húmeda, se efectúa la precipitación selectiva de peróxido de uranio controlando el agregado de reactivos y la acidez del medio. Una vez filtrado por placa metálica porosa, el precipitado es secado y convertido a trióxido de uranio en un horno de baja temperatura.

El producto obtenido es transferido a la línea seca donde es calcinado a óxido estable en un horno de alta temperatura. Este producto intermedio es molido y tratado en un horno de lecho fijo para su reducción a dióxido de uranio en atmósfera de hidrógeno al 100%. Posteriormente, en el mismo

horno se obtiene tetrafluoruro de uranio por tratamiento con una mezcla de ácido fluorhídrico anhidro y nitrógeno. El tetrafluoruro de uranio es molido y mezclado con calcio metálico de granulometría adecuada para ser reducido a uranio metálico en un recipiente evacuado.

Los lotes producidos se transfieren a un depósito, en donde se almacenan en condiciones seguras, hasta su envío a la planta de fabricación de miniplacas combustibles.

La instalación cuenta con Licencia de operación extendida el 24 de julio de 1992, para trabajar con uranio enriquecido al 90% en el isótopo uranio 235. El organigrama de los puestos licenciados se muestra a continuación:



Los riesgos radiológicos están asociados al tratamiento de compuestos químicos de uranio altamente enriquecido, tales como la contaminación del ambiente de trabajo e incorporación por parte de los trabajadores. Adicionalmente, y debido a la naturaleza fisiónable del uranio enriquecido, para evitar accidentes de criticidad, todo el proceso se desarrolla en recipientes con geometría segura y con limitación de las masas en cada sector del laboratorio.

Esta instalación realiza la totalidad del proceso en el interior de cajas de guantes continuamente ventiladas y provistas de un sistema de filtrado de aire de muy alta eficiencia. A su vez, el recinto de trabajo que es de reducidas dimensiones, se ventila en forma paralela tomando aire previamente filtrado del exterior. De tal forma, las cajas de guantes se encuentran en depresión respecto al ambiente del laboratorio y éste a su vez está en depresión respecto al ambiente de uso irrestricto. Se cuenta con un sistema de alarmas que actúan cuando, en las áreas de trabajo, se supera un valor prefijado de concentración de uranio en aire.

El personal cuenta con un sistema de monitoreo personal de la irradiación con control mensual.

### Inspecciones

Durante el año se realizaron 2 inspecciones. En las mismas se verificaron: los registros de ingreso y egreso de personal, de datos dosimétricos, del inventario de material fisil presente y el funcionamiento de los sistemas de seguridad.

La instalación presentó a fines de 1997, un pedido de autorización, para modificar parámetros operativos en el proceso de trabajo con uranio enriquecido al 20% en uranio 235, la cual está siendo analizada.

## PLANTA DE NÚCLEOS CERÁMICOS

Esta planta piloto, propiedad de la CNEA (Gerencia Centro Atómico Constituyentes, Unidad de Actividad Combustibles Nucleares), se encuentra ubicada en el Centro Atómico Constituyentes.

La planta realiza el desarrollo y la fabricación de polvos, pastillas y combustibles en pequeña escala, a partir de polvos de  $UO_2$  y  $U_3O_8$  de composición isotópica natural o hasta un grado de enriquecimiento máximo del 3,4% en uranio 235.

La instalación consta de una tolva de carga desde donde se alimenta el polvo de óxido de uranio a la zapata de una prensa donde se obtienen las pastillas. Éstas son depositadas en un sector de almacenamiento transitorio antes de ser sinterizadas en un horno discontinuo. En otro sector de la planta se procede a la carga de vainas, soldadura de tapones y al armado de los elementos combustibles.

La instalación posee una Autorización de operación para la fabricación de un lote de elementos combustibles con un grado de enriquecimiento del 1,8% en uranio 235, destinada al conjunto crítico RA 8, otorgada el 5 de diciembre de 1994. En noviembre de 1997 solicitó la autorización correspondiente para realizar la fabricación de elementos combustibles con uranio enriquecido al 3,4% en uranio 235 para el mismo conjunto crítico.

En esta instalación el riesgo del personal de operación está asociado a la contaminación interna por incorporación de uranio y riesgos de irradiación externa por accidentes de criticidad. Con el fin de prevenir estos últimos en todas las etapas del proceso de fabricación existen límites de masa de material fisil.

Para evitar la contaminación del personal, la manipulación del polvo de uranio se realiza en cajas de guantes de confinamiento total, manteniendo las mismas en depresión respecto a área de trabajo, asimismo todo el sector se mantiene a menor presión atmosférica para evitar la salida de material de la instalación.

### Inspecciones

En el año se efectuaron 4 inspecciones rutinarias no detectándose apartamientos a lo indicado en la documentación mandatoria.

En 1997 se continuó la etapa de producción de combustible nuclear para el conjunto crítico RA 8 que consiste en la fabricación de 3000 barras combustibles de  $UO_2$  enriquecido al 1,8% en el isótopo 235. Esta etapa requiere el procesamiento de 1200 kg de  $UO_2$  enriquecido al 1,8%, efectuándose la elaboración de los elementos combustibles en procesos discontinuos de 84 kg cada uno.

La producción de los mismos se había iniciado en el segundo semestre de 1996, etapa en la que se instaló el nuevo equipo de prensado de pastillas. La etapa de producción tuvo un período previo de ensayos de prensados y sinterizados para definir los parámetros de operación definitivos.

En toda esta tarea no se presentaron problemas operativos que implicaran consecuencias radiológicas.



## **COMPLEJO MINERO FABRIL SAN RAFAEL**

Este complejo minero fabril es propiedad de la CNEA (Unidad de Proyectos Especiales de Suministros Nucleares) y se encuentra ubicado en el Departamento de San Rafael, provincia de Mendoza.

La planta produce concentrado comercial de uranio para la fabricación de elementos combustibles de reactores nucleares. Se abastece del mineral de los yacimientos satélites del Distrito de Sierra Pintada, Tigre I y III, Gaucho I y II y en la actualidad del yacimiento La Terraza. Cuenta con una capacidad nominal de producción de concentrado de 120 t uranio/año y de tratamiento de mineral de 150 000 - 200 000 t/año. La cantidad total de mineral procesado por la instalación hasta el presente es de 1 700 000 t.

La explotación de mineral uranífero se realiza a cielo abierto, se tritura el mineral antes de ser transportado a un silo del cual se cargan los camiones que transportan el mineral al sector de pilas de lixiviación. La extracción de uranio se lleva a cabo por el método de lixiviación en pilas por acción de una solución diluida de ácido sulfúrico. La recuperación de uranio se realiza con columnas de resina de intercambio iónico base fuerte. El eluido de las columnas, con concentraciones de uranio de 10 a 15 g/l es precipitado con amoníaco gaseoso, obteniéndose una pulpa de diuranato de amonio que previa centrifugación se alimenta a un secadero de banda continuo. Luego el producto es triturado para adecuarlo a tamaños especificados y envasado en tambores para su envío a la planta industrial Córdoba.

Esta Instalación cuenta con una Autorización de operación a partir de octubre de 1983 que se renueva periódicamente.

El riesgo para el personal que trabaja en esta instalación está asociado a la posible contaminación interna por inhalación o ingestión de compuestos uraníferos. Esto hace necesario el control en los ambientes de trabajo de la concentración de contaminantes tanto en el aire como en superficies.

La instalación opera sin descargas de efluentes líquidos al ambiente y ejecuta un plan de monitoreo obligatorio mediante muestreos ambientales rutinarios. Este plan es controlado en forma independiente durante las inspecciones, realizándose muestreos adicionales aguas arriba y abajo de la instalación y/o yacimiento.

En la instalación se realiza el control ocupacional de los trabajadores mediante el monitoreo de áreas y la determinación rutinaria de la concentración de uranio en orina.

### **Inspecciones**

En el año se realizaron 3 inspecciones rutinarias. Se efectuaron controles y verificaciones de: la explotación minera, el balance másico del material estéril, el mineral marginal y de proceso, la ubicación de las escombreras de mineral, las aguas de cantera y su destino final, como así también la gestión de los efluentes, realizando un análisis de riesgos de los sistemas de retención. Se verificaron los sistemas de seguridad y se auditó la toma de muestras efectuadas por el operador.

Los resultados de los controles rutinarios efectuados sobre el medio ambiente están dentro de valores normales y los controles ocupacionales no evidenciaron riesgo toxicológico para el personal.

Durante el año se realizó una modificación el sector de secado y envasado, agregándose un nuevo dispositivo de captación de aerosoles y se incorporó una nueva torre lavadora de gases que descarga al ambiente. Esto permite reducir más aún la concentración de aerosoles de uranio, tanto en el ambiente de trabajo como así también en la descarga al ambiente.

La planta permaneció inactiva durante el primer semestre ya que la producción para 1997 se fijó en 1/4 de la capacidad nominal.

A solicitud del operador se emitió una autorización de práctica para efectuar la purificación de 58,5 t de uranio como concentrado, producido por el ex Complejo minero fabril Los Gigantes. Se estima que el inicio de esta práctica se concretará durante el primer trimestre de 1998.

#### **COMPLEJOS MINERO FABRILES FUERA DE OPERACIÓN**

Luego de la culminación de las tareas de explotación minera y del cierre de las respectivas instalaciones fabriles de procesamiento del mineral extraído para la obtención del concentrado comercial de uranio (yellow cake), la ARN continúa supervisando las actividades que se desarrollan durante los programas de desactivación y restauración de las áreas ocupadas por estas instalaciones.

Durante el programa de desactivación de las instalaciones se fiscalizan las tareas de acondicionamiento de las explotaciones mineras, de desmantelamiento y descontaminación de las instalaciones y equipos y el acondicionamiento de las escombreras de mineral procesado por la instalación (colas de mineral) y mineral marginal.

También se controla la neutralización del mineral tratado y los efluentes líquidos del proceso, la construcción de los canales de drenaje y las pendientes de escurrerías de aguas realizadas para preservar confinadas las escombreras de mineral e impedir así, la erosión eólica y pluvial.

Durante la realización de estas tareas se evalúan los posibles efectos en el medio ambiente, a través de muestreos de aire, aguas adyacentes al complejo. Las tareas de desactivación de las instalaciones, apuntan a retrotraer las condiciones medio ambientales existentes a una condición similar a la que existía antes de iniciada la operación del complejo.

Luego del cierre definitivo, la ARN verifica la preservación de los resultados de los trabajos ejecutados durante las tareas de desactivación, para lo cual, se establece un período de verificación en el que se realizan controles, monitoreos y análisis de muestras, para determinar contaminantes en las cuencas de drenaje locales y regionales; aguas arriba y abajo de la localización del complejo.

A continuación se proporcionan detalles de los Complejos mineros fabriles cerrados:

Complejo	Operador	Cierre	Inspecciones
Pichián (Chubut)	CNEA	1981	1
Tonco (Salta)	CNEA	1981	1
Los Gigantes (Córdoba)	Sánchez Granel obras de ingeniería S.A.	1982	2 2
Malargüe (Mendoza)	CNEA	1993	
La Estela (San Luis)	URANCO S.A.	1990	1
Los Colorados (La Rioja)	URANCO S.A.	1996	2

Con relación a la ex planta Córdoba en octubre de 1997 la CNEA presentó a la ARN un plan de trabajos de la ingeniería conceptual referido a las escombreras de mineral de uranio existentes en la ex planta Córdoba las que serán transportadas al ex Complejo minero fabril Los Gigantes para ser gestionadas en forma conjunta con las del yacimiento Schlangiweit. Se estima que la ingeniería básica de dicha gestión será presentada durante 1998.

### INSTALACIONES MENORES DE LA CNEA

Las instalaciones denominadas menores, debido a su bajo riesgo radiológico, están constituidas en el área de la CNEA por un conjunto de 25 laboratorios dedicados a la investigación, al control y al apoyo a la producción.

En el listado siguiente se enumeran dichas instalaciones conforme a su distribución en cada centro atómico:

Ubicación	Instalaciones Radiactivas
Sede Central	Dosimetría e irradiación Estudios especiales Química analítica Química nuclear Fluorescencia de rayos x Laboratorio de gases
Centro Atómico Constituyentes	Laboratorio Mossbauer Física del sólido Difracción de rayos x Difusión con radiotrazadores Laboratorio de caracterización de UO <sub>2</sub>
Centro Atómico Bariloche	Haces iónicos Metalurgia (rayos x) CAB Depósito de fuentes del CAB e INVAP S.E. Área materiales nucleares
Centro Atómico Ezeiza	Centro regional de calibraciones 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 estas instalaciones, durante el año, se efectuaron 25 inspecciones rutinarias, verificándose las condiciones de operación y de seguridad de las mismas.

## **ÁREA GESTIÓN DE DESECHOS RADIATIVOS**

El Área de gestión de desechos radiactivos es propiedad de la CNEA (Gerencia Centro Atómico Ezeiza, Unidad de Actividad: Gestión de Residuos Radiactivos) y está ubicada en el Centro Atómico Ezeiza.

Este complejo abarca un predio de 8 hectáreas y está destinado al tratamiento y almacenamiento interino de desechos radiactivos de distintas actividades, y a la disposición final de aquellos de baja actividad y cuyo período de semidesintegración sea menor a 5 años. Este área comprende las siguientes instalaciones:

### **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 (v. g., los provenientes de usos médicos). Los desechos son tratados mediante compactación, a fin de obtener una reducción apreciable de su volumen.

### **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 l conteniendo los desechos radiactivos provenientes, principalmente, de la Central Nuclear Atucha I. Colmada la capacidad de la trinchera ésta se cubre con un sistema multicapa compuesto por una capa de tosca compactada, una de imprimación asfáltica y un film de polietileno. Finalmente, el conjunto se cubre nuevamente con tosca y tierra vegetal para estabilización del suelo.

### **Instalación para la disposición de desechos radiactivos sólidos estructurales y fuentes encapsuladas**

Consiste en un cubículo subterráneo de hormigón de 10 m de profundidad, cuyas paredes tienen un espesor de 30 cm. La instalación está destinada a la disposición final de desechos radiactivos (v. g., fuentes de telecobaltoterapia, medidores industriales de nivel, partes estructurales contaminadas, etc.) que por su actividad y/o tamaño no pueden ser acondicionados dentro de un tambor.

### **Depósito central de material fisionable especial irradiado**

Se trata de un depósito para el almacenamiento temporario de elementos combustibles irradiados provenientes de reactores de investigación y de producción.

### **Sistema de contención de desechos radiactivos líquidos del CAE**

Consiste en una instalación integrada por tres trincheras en las cuales se eliminan líquidos de baja actividad específica y corto período de semidesintegración. Los desechos líquidos son los producidos

en las distintas instalaciones del CAE que se trasladan, por tuberías, al Área de gestión de desechos radiactivos, luego de ser clasificados y tratados inicialmente en las mismas.

Este complejo posee Licencia de operación otorgada el 23 de noviembre de 1994. El organigrama de los puestos licenciados se muestra en la figura adjunta:



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 e incorporación de radionucleidos. Para minimizar estos riesgos las instalaciones cuentan con sistemas de seguridad por diseño y por procedimientos de operación. Los primeros están constituidas básicamente por blindajes y sistemas de aislación de los radionucleidos (v. g., celdas estancas, ventilaciones filtradas y aspiradores de polvo). Los procedimientos de operación contemplan esencialmente el modo de manipulación de los distintos tipos de desechos y los registros correspondientes.

El plan de monitoreo comprende la determinación 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. Se efectúan mediciones directas de la contaminación superficial con sondas para detectar radiación alfa, beta y gamma e indirectas a través de mediciones de muestras obtenidas por arrastre superficial con papel de filtro.

El impacto de la operación del área en las aguas subterráneas se evalúa monitoreando el agua de la napa freática mediante la toma de muestras de los piezómetros distribuidos en el área.

Se controla la estanqueidad de los distintos sectores de almacenamiento, en especial de aquellos que guardan desechos líquidos.

El personal cuenta con un sistema de monitoreo individual de la irradiación externa y se efectúan controles para determinar la posible incorporación o contaminación con material radiactivo por medio de mediciones de todo el cuerpo o, de ser necesario, por el análisis de excretas.

## Inspecciones

Durante el año 1997 se efectuaron 4 inspecciones rutinarias. En las mismas se verificaron: los niveles de contaminación superficial en diferentes áreas de la instalación, 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.



### **DEPÓSITO CENTRAL DE MATERIAL FISIONABLE ESPECIAL**

Esta instalación es propiedad de la CNEA y se encuentra ubicada en el Centro Atómico Constituyentes.

El propósito de la instalación es el almacenamiento seguro de los materiales fisiles (uranio, con distintos grados de enriquecimiento y plutonio) que provienen de las distintas etapas de procesos realizados por la CNEA.

El riesgo radiológico para el personal está asociado a eventos que provocarían la contaminación/incorporación de compuestos de uranio o plutonio y a la ocurrencia de accidentes de criticidad.

Este riesgo se minimiza y se previene contemplando las condiciones espaciales y geométricas de almacenamiento con procedimientos administrativos que controlan la cantidad de material presente en el depósito y con procedimientos de manipuleo del material.

#### **Inspecciones**

Durante el año se realizaron tres inspecciones rutinarias. La instalación fue transferida a la CNEA, durante 1997, iniciándose los trámites de licenciamiento.

### **INSTALACIONES MÉDICAS, INDUSTRIALES Y DE INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA**

#### **INSTALACIONES PARA DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO MÉDICO**

La aplicación de las radiaciones ionizantes para el tratamiento de enfermedades neoplásicas se denomina radioterapia y se lleva a cabo a través de dos técnicas: la teleterapia y la braquiterapia.

#### **Teleterapia**

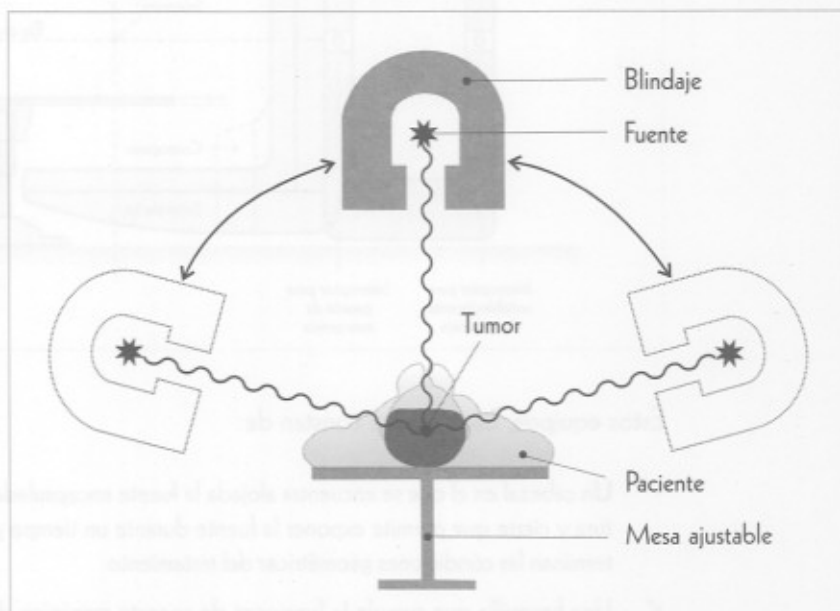
Se denomina así a una rama de la terapia oncológica por la que se busca eliminar las células tumorales mediante haces de radiación ionizante que se dirigen desde una fuente exterior del paciente hacia el tumor. En esta terapia, es importante minimizar el daño al tejido sano que circunda a dicho tumor. En esta técnica se utilizan equipos emisores de radiación de alta energía como los de telegammaterapia y los aceleradores lineales para radioterapia profunda.

Los equipos de teleterapia de alta energía proveen radiación ionizante de naturaleza electromagnética, ya sea proveniente de una fuente radiactiva o por la aceleración y frenado de partículas. En el caso de las fuentes radiactivas la energía fotónica media es superior a un 1 MeV, mientras que la energía máxima del espectro de emisión de los aceleradores es por lo menos de 4 MeV, siendo los más difundidos de entre 6 y 15 MeV.

**Equipos de cobaltoterapia**

Son equipos de teleterapia que emplean fuentes encapsuladas de material radiactivo, predominantemente de cobalto 60. La función primaria de una unidad de cobaltoterapia es entregar una dosis prefijada de radiación en un volumen bien definido del cuerpo. Este objetivo se cumple dirigiendo el haz a la zona del cuerpo elegida como blanco y controlando la dosis entregada, tanto en lo referido al direccionamiento y tamaño del haz como al control del tiempo de exposición de la fuente.

Los primeros equipos utilizados fueron fijos y en poco tiempo se introdujeron los rotatorios, como se indica esquemáticamente en la **Figura 1**. Con el tiempo se desarrollaron un sinnúmero de mejoras, particularmente en los sistemas de seguridad (enclavamientos, señalización y blindajes), de control y en los accesorios (sistemas de colimación, mesa de tratamiento, etc.).



**Figura 1**

**Figura 2**

Las fuentes encapsuladas empleadas (2 cm de diámetro y 5 cm de altura) en este tipo de equipamientos, cuyo esquema se muestra en la **Figura 2**, son típicamente de:

- ✓ cesio 137 entre 50 y 100 TBq (prácticamente en desuso).
- ✓ cobalto 60 entre 100 y 500 TBq.

En la **Figura 3** que se observa a continuación se muestra un diseño esquemático de un equipo de cobaltoterapia de última generación en el que se han señalado los principales elementos componentes del mismo.

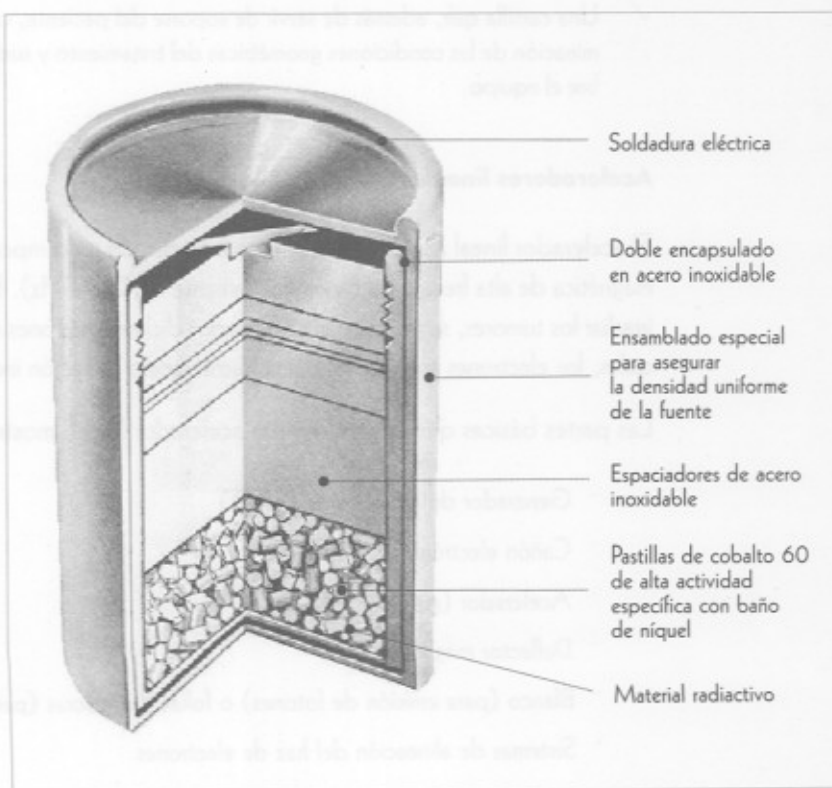
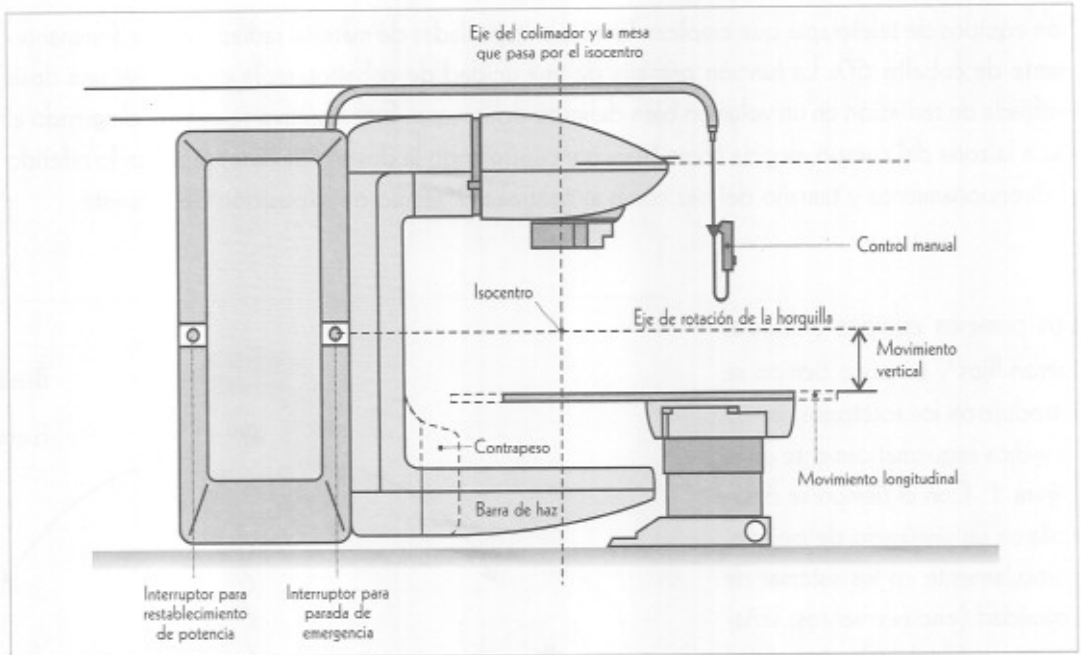


Figura 3



Estos equipos, básicamente constan de:

- ✓ Un cabezal en el que se encuentra alojada la fuente encapsulada de cobalto 60, un dispositivo de apertura y cierre que permite exponer la fuente durante un tiempo predeterminado y los elementos que determinan las condiciones geométricas del tratamiento.
- ✓ Una horquilla que cumple la funciones de soporte mecánico del cabezal, transmisión de las señales de comando al cabezal y determinación de las características mecánicas del tratamiento.
- ✓ Un estativo que aloja dispositivos mecánicos y de control además de servir de soporte al conjunto.
- ✓ Una camilla que, además de servir de soporte del paciente, cumple una importante función en la determinación de las condiciones geométricas del tratamiento y suele alojar distintos controles que actúan sobre el equipo.

### Aceleradores lineales

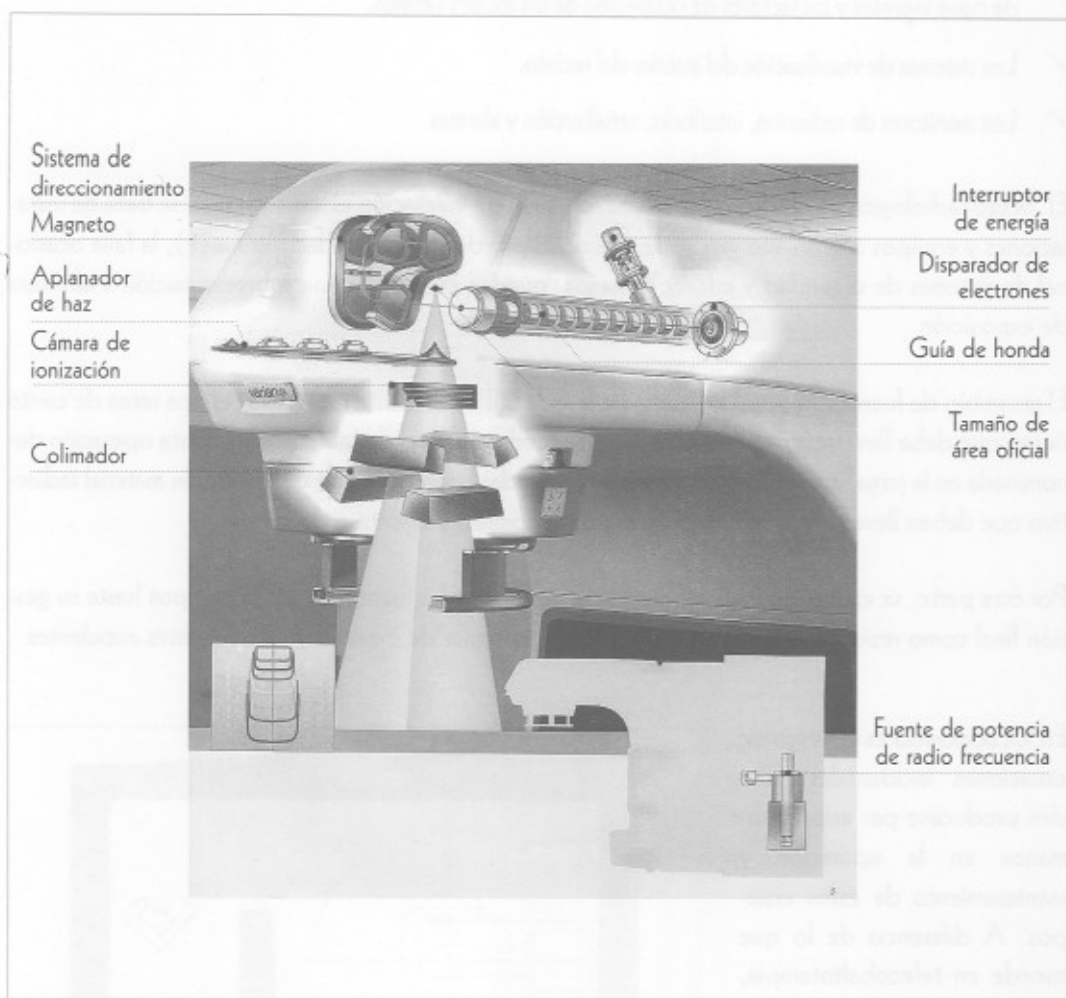
El acelerador lineal acelera electrones por medio de un campo eléctrico asociado a una onda electromagnética de alta frecuencia (aproximadamente 3000 MHz). La emisión de fotones que se utiliza para irradiar los tumores, se produce al ser frenados dichos electrones en un blanco. En ciertos tumores superficiales, los electrones son usados directamente como radiación incidente.

Las partes básicas que constituyen un acelerador lineal, mostradas en la **Figura 4**, son:

- Generador de radiofrecuencia (RF)
- Cañón electrónico
- Acelerador (guía de ondas)
- Deflector magnético
- Blanco (para emisión de fotones) o folias dispersoras (para tratamientos con electrones)
- Sistemas de alineación del haz de electrones

- Filtro aplanador del haz
- Sistema de cámaras monitoras
- Sistema de conformación del haz (colimadores y conos)
- Componentes para los movimientos mecánicos

Figura 4



Los equipos de teleterapia se instalan en recintos apropiadamente blindados. Los diseñadores y constructores proveen los equipos de teleterapia pero es responsabilidad del usuario proveer la instalación para el tratamiento. Los fabricantes sólo especifican los servicios eléctricos y auxiliares requeridos, algunas características del recinto y sugieren los dispositivos de seguridad e interlocks compatibles con el equipamiento.

La Autoridad Regulatoria Nuclear, una vez verificado el cumplimiento de la norma asociada, otorga autorizaciones de operación donde se especifican aspectos tales como el rendimiento máximo del equipo para operar en una instalación dada según sus parámetros de diseño, las restricciones a los modos de operación (por ejemplo: direcciones de haz, factores de uso y controles de acceso) y toda otra condición especial.

Los aspectos más importantes desde el punto de vista del diseño seguro de instalaciones para teleterapia, son:

- ✓ Las dimensiones del recinto blindado para que permitan el alojamiento cómodo del equipo, el paso de camillas y la entrada y salida del equipamiento utilizado en tareas de mantenimiento y operaciones de recambio de fuentes (en el caso de los equipos de cobalto).
- ✓ Los espesores de blindaje biológico en las paredes, piso y techo del recinto compatibles con los límites de dosis vigentes y los factores de ocupación de los locales vecinos.
- ✓ Los sistemas de visualización del interior del recinto.
- ✓ Los monitores de radiación, interlocks, señalización y alarmas.

El riesgo radiológico asociado con la teleterapia es el de irradiación externa. Si bien se trata de instalaciones y equipos con un alto grado de seguridad por diseño (seguridad intrínseca), la falla ocasional de sistemas de seguridad y errores humanos, pueden conducir a una sobreexposición a alta tasa de exposición.

El recambio de fuentes, realizada al cabo de la vida útil de la fuente radiactiva, es una tarea de cierto riesgo que debe llevarse a cabo de acuerdo a procedimientos preestablecidos. En esta operación denominada en la jerga "trasvase" hay también involucradas operaciones de transporte de material radiactivo que deben llevarse a cabo cumpliendo con la normativa vigente en la materia.

Por otra parte, se ejerce, en todo momento, el control de las fuentes de estos equipos hasta su gestión final como residuos radiactivos, para evitar situaciones de extravío y consecuentes accidentes.

En los aceleradores el riesgo de situaciones incidentales pueden producirse por errores humanos en la operación y mantenimiento de estos equipos. A diferencia de lo que sucede en telecobaltoterapia, no existen fuentes radiactivas, cada vez que los equipos están fuera de servicio.

La **Figura 5** muestra un esquema clásico de un recinto de teleterapia.

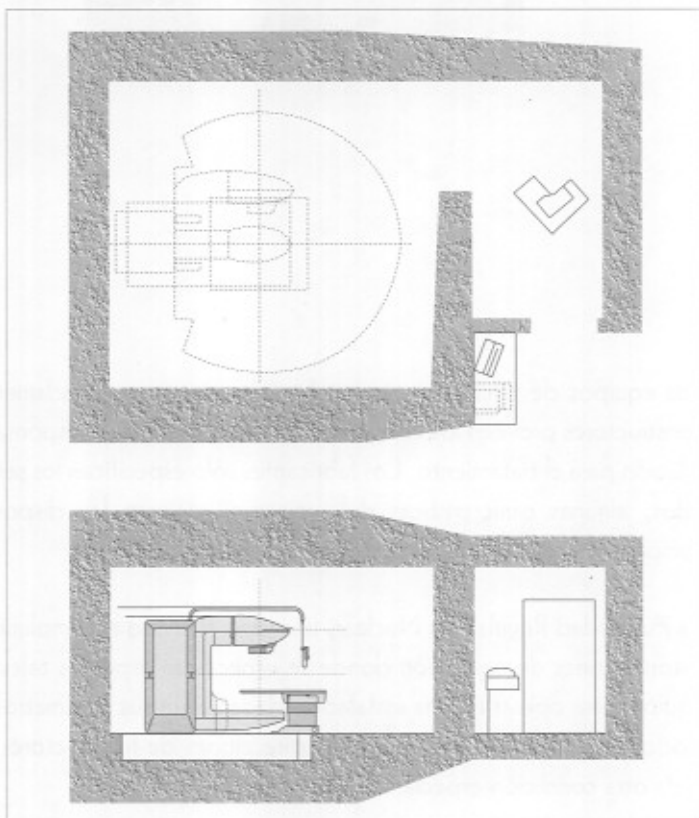
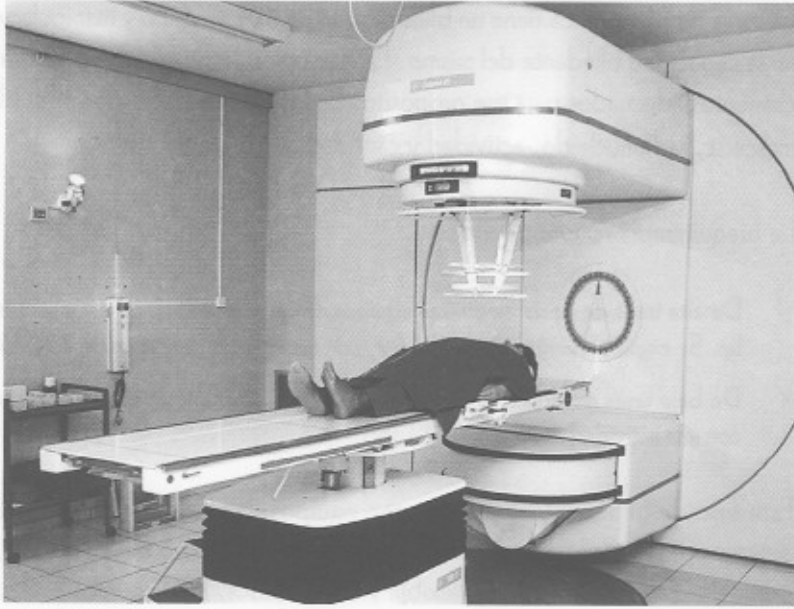


Figura 5



### Acelerador lineal de uso médico



### Braquiterapia

Se designa con este nombre al uso de fuentes radiactivas encapsuladas que se ubican dentro de cavidades corporales del paciente, en planos próximos a la zona tumoral o en contacto directo con el tumor. La braquiterapia puede ser de aplicación manual o mediante sistemas remotos.

La braquiterapia manual puede ser:

- ✓ **Intersticial:** cuando la fuente se introduce dentro de los tejidos. Se emplean fuentes de iridio 192 y yodo 125 en forma de semillas y alambres, o fuentes de cesio 137 en forma de agujas.
- ✓ **Intracavitaria:** cuando las fuentes se ubican en orificios naturales del cuerpo. Se usan fuentes de cesio 137, de actividades comprendidas entre 0,1 y 1,85 GBq, en forma de tubos.
- ✓ **Superficial:** se utilizan fuentes de estroncio 90, con actividades del orden de 1,5 Bq.
- ✓ **Permanente:** para implantes intersticiales que permanecen en el paciente indefinidamente. Se utilizan fuentes de oro 198, con una actividad aproximada de 2 GBq, en forma de cilindros o agujas, o fuentes de iridio 192 y yodo 125 en forma de semillas.

En este tipo de prácticas se cuenta con:

#### Local de Tratamiento

La sala de internación o local de tratamiento destinada a este tipo de pacientes, se adecúa a fin de reducir las dosis por irradiación externa, mediante, por ejemplo, el uso de blindajes locales móviles (pantallas plomadas) y el empleo de señalizaciones. Las salas cuentan con instalaciones sanitarias para uso exclusivo del paciente y de diseño adecuado para impedir el extravío de material radiactivo.

#### Local de Almacenamiento

El local de almacenamiento, al que sólo podrán ingresar personas autorizadas, debe destinarse en forma exclusiva al alojamiento, preparación, control y/o esterilización de fuentes radiactivas. En el mismo hay un depósito blindado (bunker) donde se guardan las fuentes radiactivas.

La mesa de preparados tiene un blindaje que permite la visión y manipulación de las fuentes sin alterar la capacidad blindante del mismo. La manipulación de fuentes se realiza utilizando pinzas u otros elementos adecuados para ese propósito. En los contenedores donde se alojen a las fuentes deberá indicarse, radionucleido, actividad y cantidad de fuentes.

La braquiterapia remota puede ser:

- ✓ **De alta tasas de dosis:** se utilizan equipos de carga diferida para tratamientos intracavitarios o intersticiales. Se emplean fuentes de iridio 192, con actividades del orden de 370 GBq.
- ✓ **De baja tasas de dosis:** es similar a los equipos de alta tasas de dosis, pero con fuentes de cesio 137 con una actividad del orden de 1 GBq.

Este tipo de tratamientos se realiza con equipos de carga diferida de fuentes. Estos equipos consisten en: un contenedor blindado para el almacenamiento de las fuentes, un mecanismo de transporte de las fuentes, una guía flexible y un aplicador, mediante los cuales se transfieren las fuentes encapsuladas desde su contenedor blindado a aplicadores previamente posicionados en el paciente. Además posee una unidad de control separada de la unidad de tratamiento y una llave de emergencia.

La utilización de estos equipos eliminan virtualmente las dosis que reciben el personal de enfermería y el médico radioterapeuta ya que cuando las fuentes se hallan expuestas sólo se encuentra el paciente dentro de la habitación. La consola de control del equipo está ubicada fuera del recinto blindado.

Este tipo de tratamiento se realiza en aplicaciones diarias de unos pocos minutos. Las fuentes que se utilizan, generalmente son de cesio 137, cobalto 60 e iridio 192.

Estos equipos deberán estar ubicados en habitaciones que tengan blindajes estructurales y además deberán tener dispositivos de seguridad independientes de los propios del equipo.

El recambio de fuentes se realiza bajo estrictos procedimientos escritos y el personal debe estar debidamente entrenado. El personal afectado a dicha tarea debe poseer dosímetros de lectura directa y con señal acústica. La operación debe ser monitoreada en todo momento. Una vez terminado el trasvase de las fuentes debe comprobarse el correcto funcionamiento del equipo y de todos los sistemas de seguridad.

Los riesgos asociados a la braquiterapia son la irradiación externa y la contaminación. Estos riesgos están acotados mientras se cumplen con los procedimientos previstos.

Para evitar pérdidas de fuentes se realiza un inventario físico periódico y se mantiene un registro de movimientos de las mismas. Además durante la práctica y al finalizar cada tratamiento, se verifica regularmente, el número y la posición de las fuentes en el paciente.

### **Inspecciones**

El control regulatorio sobre este tipo de instalaciones y equipamientos se ejerce en forma continua desde su instalación y puesta en marcha. En esta primera etapa la institución que requiera una autorización para la operación (cinco años de validez) de un equipo de teleterapia o el uso de fuentes de braquiterapia, debe remitir a la Autoridad Regulatoria Nuclear la siguiente información:

### Para teleterapia

Características del equipamiento a instalar (con el alcance que la ARN le requiera) y una memoria de cálculo de blindajes del recinto que albergará al equipo de cobaltoterapia o al acelerador lineal, junto con un juego de planos que permita visualizar la ubicación de dicho recinto y el estado de ocupación de los locales adyacentes al mismo.

### Para braquiterapia

Detalle de la fuente a emplear (radionucleido, actividad, N° de serie, certificado de calibración y test de pérdidas).

Memoria de cálculo de blindajes del depósito blindado que albergará las fuentes y de las salas de internación, junto con un juego de planos que permita visualizar la ubicación del local de almacenamiento y el estado de ocupación de los locales adyacentes al mismo.

Tanto las memorias de cálculo como los planos están sujetas a la revisión y aprobación de la ARN.

Asimismo la institución debe demostrar que cuenta con el plantel profesional y técnico y el equipamiento complementario requeridos por la normativa vigente.

Posteriormente durante la etapa de operación el control regulatorio se ejerce mediante inspecciones periódicas que pueden ser de cuatro tipos diferentes:

#### Inspecciones de habilitación o rehabilitación:

- ✓ Las inspecciones de habilitación son inspecciones exhaustivas que tienen lugar cuando se inicia una práctica, o un equipo acaba de instalarse o cuando se lo rehabilita luego de una reparación importante o un cambio de fuente (en el caso de cobaltoterapia). Constituyen un requisito previo al concesión o renovación de una autorización de operación.

#### Inspecciones rutinarias:

- ✓ En las inspecciones rutinarias, cuya frecuencia es anual, los equipos e instalaciones se someten a una serie de verificaciones consideradas fundamentales para garantizar su operación segura. Un listado simplificado de verificaciones durante una inspección rutinaria incluye:

##### - Para teleterapia:

- Sistemas de alineación y conformación del haz de radiación.
- Sistemas de movimiento del cabezal y de la camilla de tratamiento.
- Eficiencia de blindajes.
- Funcionamiento de los sistemas de interrupción de la irradiación asociados al equipo y a la instalación.
- Estado y funcionamiento de los equipos y sistemas complementarios del equipo de teleterapia.
- Presencia de la dotación adecuada de personal de operación.
- Registros de dosimetría individual del personal ocupacionalmente expuesto.

##### - Para braquiterapia:

- Inventario radiactivo e integridad de las fuentes.
- Eficiencia de los blindajes del local de almacenamiento y del depósito.
- Sala de internación y eficiencia de los blindajes.

Procedimientos de trabajo.

Registro del movimiento de fuentes.

Registros de dosimetría individual del personal ocupacionalmente expuesto.

Para braquiterapia remota, además de los aspectos antes mencionados debe verificarse el correcto funcionamiento de los sistemas de interrupción de la irradiación y de los otros sistemas de seguridad del equipo y de la instalación.

Durante las inspecciones rutinarias suelen hacerse observaciones que implican la necesidad de corregir o mejorar el estado de funcionamiento de determinados sistemas o componentes. Estos requerimientos, que se hacen constar en el acta que se labra luego de la inspección, tienen un plazo de cumplimiento, vencido el cual debe verificarse, mediante una nueva inspección, si han sido debidamente cumplimentados.

Inspección de recambio de una fuente radiactiva agotada (sólo aplicables a equipos de cobaltoterapia):

- ✓ Las operaciones de carga/descarga de un cabezal de un equipo de cobaltoterapia, se llevan a cabo en presencia de inspectores de la ARN cuando ésta lo considera necesario.
- ✓ El control regulatorio durante la etapa de cierre y desmantelamiento de una instalación de teleterapia, depende del tipo de equipamiento involucrado de acuerdo con los aspectos señalados en el análisis de riesgo radiológico de la práctica.

#### **Número de inspecciones**

Durante el año se realizaron 93 inspecciones a instalaciones que operan equipos de cobaltoterapia, 34 inspecciones a instalaciones que operan aceleradores lineales de uso médico y 83 inspecciones a instalaciones que realizan braquiterapia.

Los hechos destacados ocurridos en esta área durante el año 1997 fueron:

- ✓ **Escuela de Medicina Nuclear de Mendoza (FUESMEN)**

El 17 de octubre el personal operador del equipo de telecobaltoterapia del centro, informó a la ARN que, después de exponer una placa verificadora de rutina, la fuente del equipo no retornó a su posición de guarda segura. El personal del centro procedió a interrumpir la irradiación de pacientes en dicho equipo y a clausurar el recinto blindado.

El 21 de octubre personal de la empresa INVAP S.E. en presencia de una comisión inspectora de esta ARN, procedió a realizar las tareas pertinentes para llevar a situación de reposo la fuente radiactiva de cobalto 60 que posee el equipo. Dichas tareas se realizaron de acuerdo al procedimiento oportunamente presentado por la mencionada empresa a la ARN.

La Autoridad Regulatoria Nuclear decidió no dejar utilizar el equipo hasta tanto se determinaran fehacientemente las causas que produjeron la situación de "no retorno" de la fuente a su posición de reposo y se procediese a realizar las reparaciones correspondientes.

Las dosis recibidas por el personal interviniente fueron muy bajas, no superando los 0,9 mSv para el individuo más expuesto.

✓ **Hospital San Martín de Paraná - Entre Ríos**

El 10 de octubre el responsable del Servicio de Radioterapia del Hospital San Martín de la ciudad de Paraná, Entre Ríos, informó sobre el extravío de dos fuentes de radio 226, que se hallaban implantadas en una paciente internada en dicho hospital.

El 8 de octubre se realizó a la paciente una práctica de braquiterapia que consistió en la colocación de un aplicador de fuente intravaginal (Burnet), en el cual luego se introdujeron las dos fuentes de radio 226. El 10 de octubre, cuando se trató de retirar la carga de material radiactivo, no se encontró éste ni el aplicador. El personal del servicio procedió a buscar el aplicador por toda la habitación y el baño sin éxito. Posteriormente se realizó la búsqueda con un equipo detector de radiaciones, encontrándose niveles de radiación sospechosos en el conducto de desagote del baño, por lo que la ARN solicitó al responsable del servicio que se clausure dicho baño y se bloquee la salida en la cámara de inspección más cercana.

El 12 de octubre personal del Grupo de Intervención de la ARN concurrió al hospital y logró detectar y rescatar la fuente con el aplicador en la conexión subterránea de drenaje del baño.

✓ **Unidad Integral de Oncología - General Roca - Río Negro**

El 21 de julio se supervisaron tareas de carga y descarga de la fuente de cobalto 60 del equipo de teleterapia del mencionado centro. Debido a que no se cumplieron la totalidad de las condiciones establecidas en el Arreglo Especial de Transporte y a que se presentaron problemas radiológicos detectados en el contenedor de trasvase, se decidió suspender el mismo hasta que dichos inconvenientes fueran solucionados.

✓ **Centro de radiología S.R.L. - Rosario - Santa Fe**

El 21 de octubre se procedió al retiro de la fuente de cobalto 60 del equipo de teleterapia, perteneciente al citado centro. La autorización judicial para este retiro fue solicitada por la ARN al Juez interviniente en la causa, Doctor Hernán Carrillo del Juzgado del Distrito Civil y Comercial de la Tercera Nominación de Rosario, debido a la declaración de quiebra del citado centro.

La ARN tomó esta actitud debido a que en la institución no se cumplían las condiciones mínimas para el resguardo seguro de la fuente radiactiva, con el agravante que el equipo sería rematado en poco tiempo más. El retiro de la fuente radiactiva fue realizado en forma normal y ésta fue depositada en custodia en el Centro Atómico Ezeiza.

#### **CENTROS DE MEDICINA NUCLEAR**

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

- ✓ 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 adecuado.



- ✓ 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 centellógrafo 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).

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 un período de desintegración corto, 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.

Requisitos que debe cumplir una instalación que realice tareas en medicina nuclear:

- **Cuarto caliente** de uso exclusivo con medidas mínimas de 1,50 m x 2,00 m, el cual debe poseer una puerta con llave, adecuadamente señalizado. Los blindajes deben ser acordes a los nucleidos a emplear. Las superficies de trabajo (mesadas, sobremesadas y pisos) deben ser impermeables. Debe tener instalada dos piletas separadas entre sí por una distancia mínima de 1,50 m, una de ellas no debe poseer sifón y está destinada al lavado de elementos contaminados. El equipamiento mínimo de radioprotección es un detector portátil con sonda para poder medir tasa de exposición y contaminación superficial. Todo servicio destinado al uso de radionucleidos "in vivo" debe poseer un calibrador de actividad (activímetro) con cámara de ionización, a efectos de garantizar la precisión y exactitud de la actividad que se administrará al paciente. También debe poseer una pantalla blindada de fraccionamiento con visión directa o indirecta donde se preparará el fármaco a inyectar.
- **Cuarto de aplicación** dado que el cuarto caliente está destinado al depósito y fraccionamiento de material radiactivo se debe contar con un lugar adecuado para la administración del compuesto marcado al paciente.
- **Baño para pacientes a los que se ha administrado material radiactivo** debidamente identificado pues el paciente elimina parte del radiofármaco por orina y se debe considerar la posibilidad de contaminación de los sanitarios evitando su uso por miembros del público.
- **Sala de espera** para pacientes a quienes se le haya administrado material radiactivo inyectados separada de la sala de espera general.

- **Cuarto de medición**, se trata de un ambiente cuya dimensiones dependen del equipo de detección que se utilice (centellógrafo, brazo de captación, cámara gamma, SPECT, PET).

El servicio está bajo la responsabilidad de un profesional médico que debe poseer permiso individual vigente otorgado por la Autoridad Regulatoria Nuclear, para el o los propósitos de uso (diagnóstico y/o tratamiento).

### Inspecciones

En las inspecciones rutinarias o de habilitación se verifica que la instalación cumpla con las normas de protección radiológica.

En particular se verifica el cumplimiento y mantenimiento de los requerimientos mínimos solicitados para este tipo de instalación, los procedimientos operativos empleados incluyendo la adecuada gestión de los desechos radiactivos generados, el estado operativo de los equipos que posee el servicio, el correcto uso de los blindajes destinados a la guarda de los radionucleidos, las tasas de exposición en las áreas de trabajo, los niveles de contaminación superficial, los registros de dosimetría individual del personal médico y técnico del servicio y las medidas a adoptar o procedimientos en caso de incidentes o accidentes con el material radiactivo.

Durante el año se realizaron 154 inspecciones a instalaciones de medicina nuclear.

En las instalaciones destinadas al diagnóstico "in vivo", durante el año no hubo incidentes con radiación que pudieran afectar la seguridad radiológica.

### 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 radionucleidos marcadores más empleados son yodo 125, hidrógeno 3 (tritio) 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 bajos debido a las bajas actividades y energías radiantes de los isótopos utilizados. El laboratorio de diagnóstico "in vitro" 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.

El laboratorio de diagnóstico "in vitro" debe estar físicamente separado del laboratorio general, ser de uso exclusivo, poseer puerta con llave y estar adecuadamente señalizado. La mesada de trabajo y

la sobremesada (hasta 50 cm) deberán poseer superficies impermeables y contar con una pileta sin sifón, destinada para el lavado de material.

El equipamiento mínimo requerido es un espectrómetro de pozo.

El laboratorio debe estar bajo la responsabilidad de un profesional con permiso individual vigente otorgado por la Autoridad Regulatoria Nuclear, para el propósito correspondiente.

### **Inspecciones**

Las instalaciones destinadas a este propósito, 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 renovaciones sucesivas.

Durante las inspecciones se verificaron las instalaciones, el estado del área de trabajo con material radiactivo y el tratamiento de los desechos radiactivos generados. Durante el año se realizaron 82 inspecciones a este tipo instalaciones.

### **MEDIDORES INDUSTRIALES**

La medición de diferentes parámetros en procesos industriales (tales como nivel, espesor, densidad, humedad, etc.), en una planta donde se utilizan materiales sólidos, líquidos, o en forma de granallas, se basa en la medición de la intensidad de radiación dispersada o transmitida por los referidos materiales.

La radiación es emitida por una fuente encapsulada que emite radiación gamma, beta o de neutrones, la que forma parte del sistema de medición.

En los medidores de nivel, por ejemplo, si la densidad superficial es elevada se utilizan fuentes gamma de cobalto 60 o de cesio 137, en caso contrario se utilizan fuentes beta de estroncio 90, prometio 147 o criptón 85.

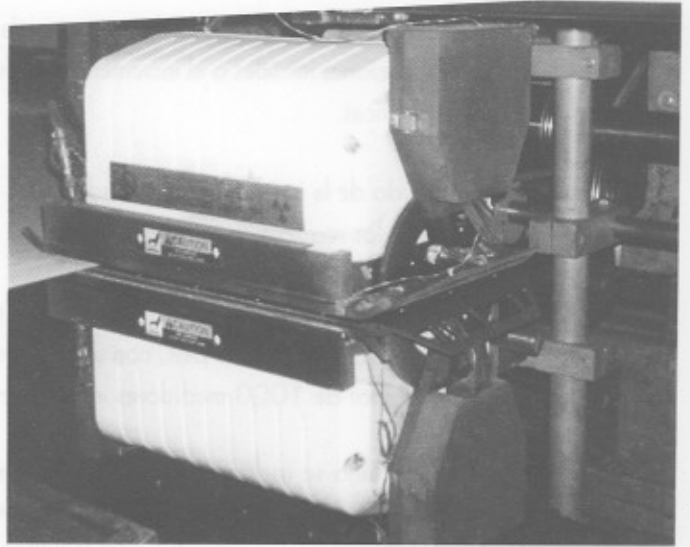
Los períodos de semidesintegración de dichos radioisótopos, permiten que no sea necesario cambiar frecuentemente las fuentes, lo que resulta apropiado para su aplicación en la industria.

Las configuraciones de fuente y detector dependen, en cada caso, de las características del proceso a medir y del lugar donde se instala el equipo. Así, los medidores de nivel, de caudal másico, de densidad, y de espesor, suelen estar instalados en forma fija como parte de la línea de proceso. Ellos miden la transmisión de radiación a través del producto, y poseen la fuente (gamma o beta) y el detector instalados en lados opuestos del producto a medir. En cambio, los medidores de humedad miden neutrones, los cuales una vez dispersados y termalizados por la humedad presente, son medidos por un detector colocado del mismo lado que la fuente emisora de neutrones.

Los medidores de densidad y humedad de suelos, son de uso muy común y configuran un caso aparte por ser equipos portátiles. Las fuentes de radiación gamma, de neutrones, y los propios detectores están instalados en la base del equipo y miden la radiación retrodispersada por el material analizado, habitualmente el suelo.

### Medidor de gramaje de papel

Estos equipos suelen brindar la posibilidad de extraer la fuente del mismo; mediante un aplicador la fuente puede ser introducida unos centímetros en el suelo dentro de un agujero previamente perforado. En esta última configuración los detectores miden la interacción de la radiación con el suelo en una zona de mayor profundidad que en la configuración de retrodispersión en la que interviene solamente la capa más superficial.



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 pueden 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 del personal o público debido al deterioro o eliminación del blindaje.

Una causa común de pérdida de control es el deterioro de los soportes de los equipos por sustancias corrosivas o el calor, propios de los procesos que se controlan. Otra causa es la falta de cuidado en el almacenamiento de los equipos cuando están desmontados (para su mantenimiento o para ser reemplazados, etc.). Dicha falta de control puede conducir a pérdida por extravío o por robos, exponiendo a las personas a los efectos deletéreos de las radiaciones.

## Inspecciones

Las inspecciones pueden ser rutinarias o de habilitación y abarcan los medidores instalados funcionando y los almacenados en depósitos de cada empresa.

Durante la inspección se verifican principalmente los siguientes aspectos:

- Identificación del cabezal del medidor instalado, señalización de la zona y tasas de dosis en contacto.
- Inventario radiactivo, con el objeto de asegurar que no haya fuentes fuera de control.

Con relación a los medidores almacenados se verifica que la empresa disponga de un depósito exclusivo para esta formalidad. El lugar debe permanecer normalmente cerrado con llave, indicando, mediante carteles o símbolos, que en su interior hay material radiactivo, aclarando, además, el nombre de las personas responsables.



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.

El resultado de la inspección es volcado en un acta de inspección donde se incluyen, en caso de ser necesario, los requerimientos a cumplir.

Existen aproximadamente 250 empresas que utilizan material radiactivo en distintos usos industriales, distribuidas en todo el país, con un promedio de 4 equipos medidores por empresa, con lo cual hay alrededor de 1000 medidores industriales.

Durante el año se realizaron 118 inspecciones a empresas con medidores industriales, 58 de las cuales correspondieron a habilitaciones o renovaciones de permisos institucionales. Como resultado de estas inspecciones se puede informar que se ha observado el cumplimiento de las normas vigentes y en el caso de la existencia de desviaciones de las mismas, respuestas favorables en cuanto al cumplimiento de los requerimientos impuestos.

Los hechos destacados ocurridos con medidores industriales durante el año fueron:

#### **Empresa Dancan S.A.**

Durante una inspección realizada el 14 de mayo a la empresa Dancan S.A., ubicada en la localidad de Pilar, se detectó que faltaban dos barras eliminadoras de corriente estática, conteniendo cada una de ellas, una fuente radiactiva de americio 241 de 0,55 GBq. Se cree que la pérdida tuvo lugar cuando la empresa trasladó su equipamiento desde la localidad de Banfield, donde funcionaba anteriormente a su actual domicilio en Pilar. La búsqueda llevada a cabo en colaboración con personal de la empresa, tuvo resultado negativo.

#### **Universidad Nacional del Centro (provincia de Buenos Aires)**

El 23 de mayo la Superintendencia de Bomberos de la Policía Federal informó a la ARN que en la ciudad de Azul se había producido el robo de una camioneta en cuyo interior se encontraba un equipo medidor de humedad de suelos con una fuente radiactiva de americio-berilio de 0,37 GBq. El equipo pertenecía a la Universidad Nacional del Centro de la provincia de Buenos Aires, Facultad de Agronomía.

La ARN, además de participar en la búsqueda, elaboró un comunicado de prensa difundiendo el hecho por radio y televisión, haciendo otro tanto un diario local. Luego de quince días de producido el incidente, el instrumento de medición fue hallado en la vía pública por un transeúnte. Dado que existía una situación irregular con el permiso institucional para el empleo de ese equipo, con el consentimiento de Juez interviniente, es trasladado a dependencias de la ARN para regularizar la situación, tomando las acciones correctivas del caso.

#### **Papelera San Isidro S.A.I.C.**

Una inspección realizada el 3 de julio a esta empresa de la localidad de Beccar, permitió tomar conocimiento de que un equipo medidor de peso, con dos cabezales, conteniendo una fuente de criptón 85 de 18,5 GBq cada uno, había sido desmontado de la línea de producción, desconociéndose inicial-



mente su localización. La empresa informó poco tiempo después que los cabezales se encontraban en un depósito de mantenimiento de la planta. Se comprobó que dichos cabezales se hallaban en una caja de madera abierta sin señalización alguna y en un lugar inadecuado para la guarda de material radiactivo. Se requirió la rápida gestión como residuos radiactivos de las citadas fuentes de radiación.

#### **Textil Americana S.A. y Balto S.A.**

El 16 de mayo en una inspección rutinaria se detectó la falta de un equipo medidor de densidad con fuente de criptón 85 de 3,7 GBq perteneciente a la empresa Textil Americana S.A., la que se encontraba en proceso de quiebra desde hace varios años. La investigación del caso derivó en una inspección a la empresa Balto S.A., ubicada en la localidad de Pilar, donde pudo localizarse el mencionado equipo medidor. Se requirió la gestión de la fuente como residuo radiactivo por el Sector de Gestión de Residuos Radiactivos de la CNEA en Ezeiza.

### **USO 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. Para dichas operaciones, se usan fuentes encapsuladas de cesio 137 con actividades entre 74 y 370 GBq.
- Medición de la concentración de hidrocarburos en las napas, donde se emplean fuentes de neutrones de americio-berilio con actividades de hasta 740 GBq.
- Determinación de la existencia de canalizaciones entre pozos, para lo cual se usan fuentes de tritio (hidrógeno 3) con actividades de hasta 370 GBq.
- Detección de la velocidad de circulación entre pozos; se emplean soluciones de yodo 131, con actividades de hasta 740 GBq, diluidas en el agua de inyección.

A diferencia de otras ramas de la industria, donde sólo se emplean fuentes encapsuladas, en la explotación petrolífera se usa tanto fuentes radiactivas encapsuladas como abiertas. Las fuentes radiactivas abiertas, generalmente de actividad baja a media, se ingresan al medio geológico donde se diluyen o decaen lo suficiente como para que el impacto ambiental sea mínimo.

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

Los principales riesgos asociados a la utilización de fuentes abiertas o encapsuladas en la industria petrolera, 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.

Durante la práctica con fuentes encapsuladas, éstas se extraen de su blindaje, rápidamente se la coloca y ajusta en una herramienta especial que luego desciende al fondo del pozo para relevar los perfiles buscados. El operador guía seguidamente a dicha herramienta durante su ingreso a la boca del pozo, y la operación se repite en forma inversa una vez que se terminó de efectuar las mediciones.

Para utilizar el material radiactivo en forma de fuente abierta (líquido o arenas marcadas), éste se inyecta en el pozo por medio de bombas especiales con sistemas dosificadores del material radiactivo, o mezclando éste directamente con un medio adecuado.

En todos los casos, se debe realizar un estudio, para garantizar que el impacto ambiental sea mínimo y se cumpla con la normativa vigente, analizando todas las vías posibles de irradiación del público.

### **Inspecciones**

Durante las inspecciones se verifican principalmente:

- 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.

Durante el año 1997 se realizaron 35 inspecciones a instalaciones petroleras.

### **GAMMAGRAFÍA INDUSTRIAL**

La gammagrafía es una técnica de ensayos no destructivos que se utiliza para estudiar la integridad y calidad de soldaduras, del material de tuberías, tanques, piezas metálicas diversas, etc. Su uso es intensivo durante la construcción de grandes piezas metálicas, en el montaje de plantas industriales, en el tendido de oleoductos y gasoductos, y durante el mantenimiento de estas instalaciones. También se utiliza para estudiar el estado de estructuras de hormigón armado en las construcciones.

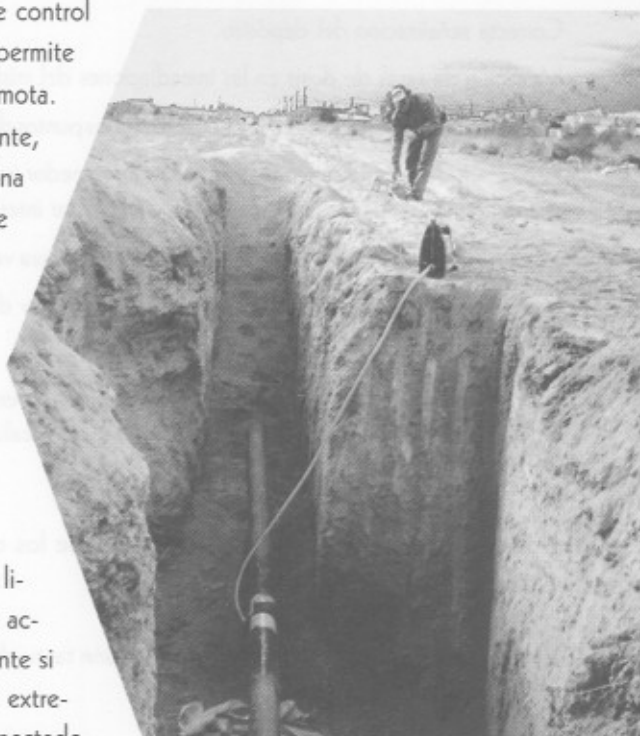
Los proyectores de gammagrafía industrial son equipos robustos, que pueden emplearse prácticamente en cualquier sitio, siendo una técnica que es muy confiable, por lo que su uso está extendido en todo el mundo.

Durante la práctica se coloca una fuente de radiación cerca del objeto que será estudiado, y se obtiene una radiografía del mismo. La atenuación diferencial que producen los defectos de las soldaduras o del volumen de la pieza, produce imágenes de los mismos en las placas radiográficas. Actualmente se utilizan principalmente fuentes radiactivas encapsuladas de iridio 192 y de cobalto 60 y, en menor medida, fuentes radiactivas de iterbio 169, de tulio 170 y de cesio 137.

En un equipo de gammagrafía típico el blindaje está ubicado en el centro. Posee un canal que lo atraviesa y por el que se desplaza la fuente cuando debe efectuarse una exposición gammagráfica. Hay diferentes modelos de equipos, algunos poseen canal recto y otros de canal curvo, lo que determina el tipo de mecanismo de traba y fijación de la fuente.

## Gammagrafía de una tubería

El cable de arrastre con una unidad de control remoto o dispositivo tipo manivela permite mover la fuente para su operación remota. Este cable se sujeta al extremo de la fuente, la que asoma desde el equipo en la zona donde se halla el mecanismo de traba de la fuente. Durante la operación, la fuente es arrastrada desde su posición dentro del blindaje hasta el extremo cerrado del tubo guía de fuente, el que ha sido colocado exactamente en el punto donde se debe efectuar la radiografía.



Los equipos poseen un dispositivo que libera la fuente de su traba, sólo por la acción voluntaria del operador y únicamente si se ha conectado el cable de arrastre al extremo de la fuente, y si además se ha conectado apropiadamente el tubo guía de arrastre al equipo. El dispositivo de traba posee una llave que sólo puede ser accionada si previamente se han cumplido los pasos mencionados. Inversamente, la llave sólo puede ser retirada una vez que la fuente retorna completamente a su posición dentro del canal del blindaje. Los operadores no deben efectuar reparaciones que modifiquen los dispositivos de traba de fuente en estos equipos, ni deben operar los equipos cuyos dispositivos de seguridad o sus accesorios no estén en condiciones adecuadas. Las reparaciones inapropiadas, las modificaciones indebidas y el desgaste de los conectores y trabas, suelen ser causa de una parte importante de los accidentes en este tipo de práctica.

Además el personal de operación debe contar con los elementos de radioprotección necesarios: dosímetros personales de lectura directa y diferida, exposímetros de tasas de dosis provistos de alarma audible, monitores de radiación capaces de leer sin saturación tasas de dosis de hasta 100 mSv/h, elementos para delimitar las áreas de trabajo, elementos para manejar situaciones de emergencia, etc.

Los contenedores y equipos para el transporte y recambio de las fuentes, deben ser bultos de transporte (tipo B(U)). Todos ellos deben contar con el correspondiente certificado emitido por la autoridad competente del país donde se fabricaron, y con la correspondiente autorización emitida por la Autoridad Regulatoria Nuclear. Los equipos y especialmente las fuentes deben estar adecuadamente señalizados.

## Inspecciones

Durante las inspecciones, que pueden ser rutinarias o de habilitación, se inspecciona el lugar de almacenamiento de los contenedores (inspecciones de depósito) y la práctica propiamente dicha

donde se radiografían los tubos o cañerías (inspecciones de campo). A continuación se describen los aspectos verificados durante estas inspecciones de los depósitos:

- Correcta señalización del depósito.
- Medición de tasas de dosis en las inmediaciones del mismo.
- Mediciones de tasas de dosis en contacto en varios puntos de la superficie exterior de los contenedores.
- Inspección del estado de conservación del contenedor verificando su identificación, existencia de la chapa identificatoria de la fuente que se aloja en su interior, verificación del modelo de la fuente.
- Accionamiento de la llave de cierre del contenedor para verificar el funcionamiento de la cerradura.
- Inspección del estado de los telemandos, tubos guía y demás accesorios.
- Verificación del instrumental de radioprotección.
- Estado del libro de movimiento de fuentes y equipos. Se verifica su grado de actualización tomando nota del destino en ese momento de los lugares de trabajo y realizando el control con los datos de archivos la ARN.

En las inspecciones de campo se efectúan algunos de los controles mencionados anteriormente y además se realiza:

- Verificación del instrumental de radioprotección tanto del operador como de su ayudante y su empleo correcto.
- Verificación de la señalización de la zona.
- Monitoreo de los vallados.

El resultado de la inspección es volcado a un Acta o informe donde además se colocan los requerimientos a cumplir.

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.

Existen aproximadamente 65 empresas que se dedican a la gammagrafía, distribuidas en las provincias de Buenos Aires, donde se halla más del 60% de las mismas, Mendoza, Santa Fe, Córdoba, Neuquén y Corrientes. El inventario total de equipos de gammagrafía es de alrededor de 220 equipos. El 50% de esas empresas se dedican a realizar servicios a terceros y las restantes son departamentos de empresas que utilizan los ensayos no destructivos en sus propias plantas.

Durante el año 1997 se realizaron 61 inspecciones regulatorias a instalaciones de gammagrafía industrial.

#### **CENTROS DE INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA**

El uso de radionucleidos en técnicas experimentales de laboratorio, tanto para fines de investigación como de docencia, permite al investigador adquirir importante información que a veces es imposible obtener con otra metodología. 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, aun utilizando cantidades muy pequeñas, por lo que las mediciones resultan de alta confiabilidad.

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).

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

### Inspecciones

Se verifica, durante las inspecciones, el cumplimiento y mantenimiento de los requerimientos mínimos solicitados para este tipo de práctica, los procedimientos operativos empleados incluyendo la adecuada gestión de los desechos radiactivos generados, el estado operativo de los equipos que posee el laboratorio, el correcto uso de los blindajes destinados a la guarda de los radionucleidos, las tasas de exposición en las áreas de trabajo, los niveles de contaminación superficial y los registros de dosimetría individual del personal del servicio.

Durante el año 1997 se realizaron 49 inspecciones a este tipo de centros.

#### Número total de inspecciones a instalaciones médicas, industriales y de investigación y docencia

En la tabla siguiente se indican el número de inspecciones realizadas durante 1997:

Tipo de instalación o práctica	Número de inspecciones
Teleterapia	127
Braquiterapia	83
Medicina nuclear y radioinmunoanálisis	236
Gammagrafía industrial	61
Equipos medidores industriales	118
Usos en explotación petrolera	35
Investigación y docencia	47
Importación y venta de material radiactivo	5
Fraccionamiento de fuentes	5
Instalaciones menores de la CNEA	25

La tarea de inspección en estas instalaciones ha insumido un total de 1484 días hombre.