

RESUMEN EJECUTIVO

El 30 de agosto de 1994 el gobierno nacional, mediante el Decreto N° 1540/94, creó el Ente Nacional Regulador Nuclear (ENREN), como organismo autónomo y le asignó todas las funciones de fiscalización y regulación de la actividad nuclear que hasta ese momento estaban a cargo de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA). El objetivo encomendado es establecer y aplicar un marco regulatorio para todas las actividades nucleares que se desarrollen en la República Argentina con los siguientes propósitos:

Alcanzar y sostener un nivel apropiado de protección de las personas contra los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes (excepto la fiscalización de los equipos generadores de rayos x, de uso en medicina, tema que le compete al Ministerio de Salud y Acción Social).

Lograr y mantener un razonable grado de seguridad radiológica y nuclear.

Asegurar que las actividades nucleares no sean realizadas con fines no autorizados y se desarrollen de acuerdo con los compromisos de no proliferación asumidos por la República Argentina.

Prevenir la comisión de actos intencionales que puedan conducir a consecuencias radiológicas severas o al retiro no autorizado de materiales nucleares u otros materiales o equipos de interés nuclear.

En su primer año de funcionamiento, el ENREN dirigió sus esfuerzos en la organización de una autoridad regulatoria nacional en seguridad radiológica y nuclear, salvaguardias y protección física acorde con su nueva situación como organismo autónomo. Estableció para 1995 ambiciosos planes de trabajo dando prioridad a las inversiones de capital, con vistas a mejorar su capacidad de respuesta. Asimismo incrementó el esfuerzo de inspección a las instalaciones controladas, mejoró sensiblemente los medios disponibles para la gestión de la información que le compete - incluyendo el equipamiento informático - realizó cursos para la capacitación de su personal, actualizó el equipamiento de inspección y de laboratorio, y llevó a cabo importantes tareas de infraestructura.

El ENREN, con este informe, pone en conocimiento de las autoridades nacionales, provinciales y municipales, como también del público en general, la labor realizada durante 1995, en relación con la actividad regulatoria y de control que le fuera encomendada por el Decreto 1540/94. Se detallan las tareas más importantes llevadas a cabo durante el año, los principales logros obtenidos y el uso del presupuesto asignado.

CAPÍTULO 1 ORGANIZACIÓN Y POLÍTICA REGULATORIA

En este capítulo se describen aspectos de la organización del ENREN, del sistema regulatorio argentino, y de las normas y resoluciones pertenecientes a esta institución en su calidad de autoridad regulatoria nacional en seguridad radiológica y nuclear, salvaguardias y protección física.

ORGANIZACIÓN DEL ENREN

El ENREN es administrado por un Directorio compuesto por un Presidente y cinco miembros designados por el Poder Ejecutivo Nacional, designación que rige por cuatro años pudiendo sus integrantes ser reelegidos indefinidamente.

Mediante el Decreto 2425/94 se aprobó, con carácter provisional, la estructura organizativa del ENREN, encomendándosele a éste elevar un proyecto de estructura definitiva, que reflejare la experiencia operativa del Ente durante sus primeros meses de funcionamiento. El proyecto de estructura definitiva fue elevado a la Presidencia de la Nación el 4 de diciembre de 1995.

La infraestructura profesional del ENREN se organizó tomando como base el personal que desarrollaba las mismas funciones regulatorias en la CNEA, junto con las instalaciones y equipos que ese personal disponía. De esta manera se mantuvo tanto el marco normativo como la capacidad científico-tecnológica existente hasta ese momento, y a la vez se crearon posibilidades concretas para incrementar la independencia de la autoridad regulatoria. El proceso de transformación citado, junto con el presupuesto asignado para 1995, permitió incorporar experimentados profesionales provenientes de las áreas de desarrollo y de producción de la CNEA, mejorar sensiblemente las instalaciones informáticas anteriormente disponibles, y renovar equipamiento de inspección y de laboratorio.

SISTEMA REGULATORIO ARGENTINO

El ENREN, en su carácter de autoridad regulatoria, otorga autorizaciones, licencias o permisos, según sea el caso, correspondientes a prácticas asociadas con fuentes de radiación. Además controla y fiscaliza que los responsables de cada práctica¹ cumplan con lo establecido en las normas y demás documentos regulatorios. Desde el inicio de las actividades regulatorias en el país, se consideró que la eficacia en el desempeño de estas funciones requería disponer de suficiente conocimiento científico-tecnológico como para juzgar -con real independencia- el diseño, la construcción, la operación y el cierre definitivo de las instalaciones sujetas a control.

¹ Se entiende por práctica a toda tarea con fuentes de radiación que produzca un incremento real o potencial de la exposición de personas a radiaciones ionizantes, o de la cantidad de personas expuestas.

Dentro de este marco, la estrategia global del sistema regulatorio argentino se concentró en los siguientes aspectos básicos:

- Formulación de normas sobre seguridad radiológica y nuclear, salvaguardias y protección física.
- Desarrollo científico-tecnológico en temas asociados con la seguridad radiológica y nuclear, las salvaguardias y la protección física.
- Realización independiente de estudios y evaluaciones de seguridad radiológica y nuclear, salvaguardias y protección física, para el proceso de licenciamiento.
- Inspecciones y auditorías regulatorias para la verificación del cumplimiento de licencias, permisos y autorizaciones emitidas.
- Capacitación de personal en temas de seguridad radiológica y nuclear, salvaguardias y protección física, tanto de los responsables por la seguridad de las prácticas sujetas a control, como de los que desempeñan actividades regulatorias.

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

Desde el punto de vista del proceso de licenciamiento, las instalaciones se clasifican en relevantes y menores, diferencia que se hace en base al riesgo radiológico asociado. Para las primeras, el ENREN otorga licencias y, para las segundas, autorizaciones de operación. Cada solicitud de licencia o autorización -según corresponda- debe estar acompañada de una evaluación adecuada, cuyo grado de detalle debe guardar relación con el riesgo radiológico asociado a tales instalaciones. En el caso de instalaciones relevantes, la **licencia de operación** se otorga a la denominada **entidad responsable**, es decir, a la organización responsable por la seguridad de tales instalaciones; en el caso de instalaciones menores, en cambio, se otorga a la institución responsable de la práctica la **autorización de operación** con material radiactivo o radiaciones ionizantes.

Otro aspecto fundamental del sistema regulatorio argentino es el tema de las salvaguardias y garantías de no proliferación nuclear, es decir el conjunto de requerimientos y procedimientos aplicables tanto a los materiales nucleares como a los materiales, equipos e información de interés nuclear, con el fin de asegurar, con un grado razonable de certeza, que tales elementos no sean destinados a un uso no autorizado y que se observen adecuadamente los compromisos internacionales asumidos en la materia. Las salvaguardias pueden ser nacionales o internacionales y estas últimas pueden tener carácter regional o global. Las salvaguardias nacionales están determinadas por lo prescrito dentro del marco regulatorio correspondiente a cada estado. Para la República Argentina, el ENREN estableció los lineamientos del **Sistema argentino de contabilidad y control de los materiales nucleares, y otros materiales, equipos e instalaciones de interés nuclear**. Cuando se trata de las salvaguardias y garantías de no proliferación internacionales, su aplicación aparece directamente ligada a los compromisos de no proliferación de las armas nucleares que ha asumido el país. En este caso, las salvaguardias pueden ser aplicadas por organismos internacionales, de carácter regional o global, y tienen por objetivo detectar, en tiempo oportuno y con un grado razonable de certeza, que no se desvían "cantidades significativas" de materiales nucleares hacia fines proscrios por los acuerdos sobre cuya base son aplicadas.

Al respecto, cabe mencionar el "Acuerdo bilateral entre la República Argentina y la República Federativa del Brasil para el uso exclusivamente pacífico de la energía nuclear" firmado en la ciudad de Guadalajara en 1991. Este acuerdo estableció un organismo denominado "Agencia Brasileño-Argentina de Contabilidad y Control" (ABACC), cuya misión fundamental consiste en la aplicación del "**Sistema común de contabilidad y control de materiales nucleares**" con la finalidad de verificar que dichos materiales no sean desviados hacia la fabricación de armas u otros dispositivos nucleares explosivos.

Inmediatamente después de la entrada en vigencia del acuerdo bilateral, se firmó el Acuerdo entre las partes mencionadas, la ABACC y el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) para la aplicación de salvaguardias totales (Acuerdo Cuatripartito). Por este acuerdo, el OIEA se compromete a aplicar salvaguardias en ambos países a todos los materiales nucleares en todas las actividades nucleares de Argentina y Brasil, tomando como base al "**Sistema común de contabilidad y control de materiales nucleares**". Esto implica que ambos organismos internacionales deben evitar la duplicación innecesaria de esfuerzos, sin perjuicio de que deben también arribar a conclusiones independientes sobre la no desviación de cantidades significativas de materiales nucleares.

Considerando la aplicación de las salvaguardias nacionales e internacionales, el ENREN ha establecido un "Sistema Nacional

de Contabilidad y Control" (cuyos elementos son de diseño propio) para cumplir los objetivos nacionales y los compromisos internacionales asumidos por Argentina en materia de salvaguardias y de no proliferación nuclear. Se define al mencionado Sistema como el conjunto de medidas y procedimientos aplicables a todo material nuclear, y a todo otro material, equipo o instalación de interés nuclear especificados por el ENREN, con los objetivos de:

- Prevenir que tales materiales, equipos e instalaciones se utilicen para fines no autorizados;
- Suministrar las bases necesarias para la aplicación del "Sistema común de contabilidad y control de materiales nucleares" establecido en el acuerdo bilateral, y
- Suministrar las bases necesarias para la aplicación efectiva de los acuerdos de salvaguardias con el OIEA.

El sistema regulatorio argentino también contempla, con particular atención a nivel regulatorio nacional, la protección física contra el robo, la sustracción o el uso no autorizado de materiales nucleares y el sabotaje a las instalaciones nucleares. En este sentido, la responsabilidad de exigir un sistema completo de protección física para las instalaciones y materiales nucleares incumbe enteramente al Estado, que establece los requerimientos regulatorios a ser observados. Sin embargo, el que esa obligación se cumpla o no, y **si se cumple**, en qué medida y hasta qué punto, es algo que no deja indiferentes a los demás países. De aquí que la protección física se haya convertido en motivo de interés y cooperación internacional. La "Convención sobre la protección física de los materiales nucleares", referida al transporte internacional de estos materiales, fue abierta a la firma el 3 de marzo de 1980 en las sedes del OIEA, en Viena y de las Naciones Unidas, en Nueva York; la República Argentina la aprobó mediante la Ley 23 620 y procedió a su ratificación.

NORMAS Y RESOLUCIONES PERTENECIENTES AL ENREN

A posteriori del Decreto 1540/94 - por el cual se creó el ENREN como organismo autónomo y se le asignaron todas las funciones de fiscalización y regulación de la actividad nuclear que con anterioridad estaban a cargo de la CNEA - el Poder Ejecutivo le otorgó al Ente, durante el año 1995, una herramienta fundamental para el eficaz cumplimiento de sus funciones: el Decreto N° 506/95 por el que se faculta al ENREN a "**dictar las normas de conte-**

nido técnico necesarias para regular y fiscalizar las actividades nucleares que serán de aplicación obligatoria en todo el territorio nacional, en materia de seguridad radiológica y nuclear, salvaguardias y protección física". Durante 1995 el ENREN hizo suyas las normas AR que se encontraban vigentes en el momento de su creación y aprobó dos nuevas normas a saber:

AR. 7.11.1. "Permisos individuales para operadores de equipos de gammagrafía industrial"; y

AR. 3.17.1. "Desmantelamiento de centrales nucleares".

También durante el año 1995 se editó la norma AR.10.1.1. "**Norma básica de seguridad radiológica y nuclear**" que establece el marco regulatorio general y los criterios básicos de protección; la misma incorpora las recomendaciones más recientes establecidas por la Comisión Internacional de Protección Radiológica -en inglés ICRP- y es consistente con la **Norma básica internacional para la protección contra las radiaciones ionizantes y para la seguridad de las fuentes de radiación**, aprobada recientemente por organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud, el Organismo Internacional de Energía Atómica, la Organización Internacional del Trabajo, y otras.

También durante 1995 se emitió la Resolución del Presidente del Directorio N° 165/95 por la cual se limita al 31 de julio de 1999 la validez de todos los permisos otorgados para el uso de las fuentes de radio 226 que no hubieran sido restringidos por la Resolución N° 144/93 de la CNEA y en particular, el uso de fuentes encapsuladas de radio 226 en forma de tubos. Asimismo, mediante la Resolución N° 171/95 se pone en vigencia el procedimiento de consulta previa al dictado de una norma o modificación de normas aplicable a instalaciones nucleares relevantes ya licenciadas.

Del mismo modo, se elaboró un nuevo régimen de sanciones por incumplimiento de las "**normas de seguridad radiológica en las aplicaciones de la energía nuclear a la medicina, al agro, a la industria y a la investigación y docencia**", régimen que reemplazará al actualmente vigente, sancionado en 1965. El proyecto de decreto correspondiente fue elevado al Poder Ejecutivo para su aprobación, el 19 de diciembre de 1995.

CAPÍTULO 2

RELACIONES INSTITUCIONALES

Este capítulo describe el intercambio de experiencia e información que mantiene el ENREN con instituciones nacionales y extranjeras, así como con organismos de índole internacional.

Durante el primer año de vida como organismo autónomo, el ENREN firmó cinco convenios con instituciones del país y cuatro con instituciones extranjeras, recibiendo además visitas de representantes de alto nivel de diversas instituciones del exterior con las cuales el Ente tiene interés en intercambiar experiencia.

En cuanto a las relaciones con el OIEA, se destaca que el Presidente del ENREN fue designado segundo Gobernador Alterno de la República Argentina ante dicho órgano. Durante el año, funcionarios del Ente participaron activamente en las reuniones de la Junta, así como en la 39ª Reunión Ordinaria de la Conferencia General. También continuó la participación en comités tales como el Grupo Asesor sobre Seguridad Nuclear (INSAG); el de Normas de Seguridad (NUSSAG); el de Transporte de Materiales Radiactivos (SAGSTRAM); el de Implementación de Salvaguardias (SAGSI) y el de expertos en actividades de verificación del futuro Tratado de Prohibición Completa de Ensayos Nucleares (CTBT).

Durante 1995, por otra parte, se efectivizó la obligación del país de contribuir al funcionamiento de la Agencia Brasileño- Argentina de Contabilidad y Control de Materiales Nucleares (ABACC). El Presidente del Directorio del ENREN es uno de los dos integrantes titulares por la Argentina de dicha Comisión binacional.

Se menciona asimismo que el ENREN participó en la Comisión Nacional de Control de Exportaciones Sensitivas y Material Bélico (CONCESYMB), preparando y emitiendo dictámenes sobre más de una veintena de solicitudes, firmando las licencias de exportación y certificados de importación correspondientes. Esta función, anteriormente responsabilidad de la CNEA, le fue conferida al ENREN por el Decreto Nº 1540 del 30 de agosto de 1994.

CAPÍTULO 3 INSPECCIONES A REACTORES NUCLEARES

En este capítulo se describen las inspecciones de seguridad y otras actividades regulatorias realizadas por el ENREN durante el año 1995, en las centrales nucleares, reactores de investigación y conjuntos críticos argentinos. El capítulo también incluye aspectos conceptuales de las instalaciones aludidas, datos técnicos generales, y los principales hechos operativos (desde el punto de vista de la seguridad) acaecidos durante el año.

CENTRALES NUCLEARES

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

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

CENTRAL NUCLEAR ATUCHA I

Esta central se encuentra situada junto a la margen derecha del río Paraná de las Palmas, a 7 km de la localidad de Lima, provincia de Buenos Aires.

El reactor es del tipo recipiente de presión, utiliza uranio natural como combustible y está refrigerado/moderado por agua pesada a presión.

En relación con los principales hechos operativos de la CNA I cabe mencionar que la central tuvo, durante el año 1995, un factor de carga de 91,15% y sufrió cinco salidas de servicio no programadas. Las mismas fueron debido a: falla en válvula del sistema de extinción por inyección de veneno neutrónico; desconexión de una de las bombas principales del primario; fallas de la máquina de recambio de elementos combustibles; y falla en el sistema de conmutación de la alimentación eléctrica externa.

Otros hechos destacados fueron: introducción en el reactor de elementos combustibles con uranio levemente enriquecido; oscilaciones en el nivel de agua de los generadores de vapor y la inspección de los tubos del condensador de vapor.

CENTRAL NUCLEAR EMBALSE

Esta central se encuentra ubicada en la provincia de Córdoba a 5 km al suroeste de la ciudad de Embalse, y sobre la costa sur del lago del embalse del Río Tercero. El reactor es del tipo tubos de presión, utiliza como combustible uranio natural, y refrigerado/moderado por agua pesada.

En relación con los principales hechos operativos de la CNE cabe mencionar que la central tuvo -hasta fines de setiembre del año 1995- un factor de carga de 96,81%. Debido a la salida de servicio programada iniciada en octubre, el factor de carga de todo el año fue de 74,55%.

Durante el año 1995, la CNE tuvo 2 salidas de servicio no programadas debidas a: falla de una válvula de uno de los generadores de vapor; y falla en una de las bombas de extracción de condensado del sistema secundario. En esta última se detectaron y reemplazaron dos tubos de presión del reactor que habían sido dañados.

Se produjo asimismo la salida anual de servicio programada para realizar tareas de mantenimiento de la central muchas de ellas con implicancias en la seguridad radiológica y nuclear de la instalación.

Otros hechos destacados fueron: salida de servicio del sistema de recambio de combustible; anomalías en el funcionamiento de una de las dos computadoras de control de operación; derrames de agua pesada en el interior del edificio del reactor e inspección del condensador de vapor.

CENTRAL NUCLEAR ATUCHA II

La CNA II se está construyendo adyacente a la CNA I y es del mismo tipo que ésta. En relación con la construcción y el montaje de la CNA II cabe mencionar que durante 1995 no hubo progresos en la obra civil, la que se encuentra terminada en un 90%; en el año se prosiguió, a un ritmo lento, con algunas tareas de montaje de componentes pesados y de interconexión de equipos.

INSPECCIONES REGULATORIAS

Las actividades regulatorias llevadas a cabo por el ENREN para controlar las centrales nucleares consisten en el análisis de documentación sobre aspectos de diseño y operación, en la evaluación permanente de la seguridad en operación y de las tareas previstas para las paradas programadas, y en la verificación, a través de inspecciones y auditorías regulatorias, del cumplimiento de la licencia correspondiente. Las tareas de análisis y evaluación son llevadas a cabo por personal especializado en seguridad radiológica y nuclear, con herramientas informáticas modernas para el manejo de la información, y familiarizado con el uso de códigos de cálculo para validar, con criterios propios y de manera independiente, la documentación suministrada por el operador.

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

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

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

A continuación, se detallan el número de días hombre de inspecciones regulatorias efectuadas por el ENREN a centrales nucleares, durante el año 1995:

■ Días hombre de inspecciones rutinarias: 968.

■ Días hombre de inspecciones no rutinarias: 807.

Durante el año fueron realizadas, además, otras actividades regulatorias en ambas centrales:

■ Se prosiguió con la fiscalización del análisis probabilístico de seguridad de la CNA I. Los resultados de dicho

análisis serán utilizados por el operador para evaluar la seguridad de la planta tanto en aspectos relacionados con el diseño como con la operación. La finalización de dicho análisis está previsto para 1996.

Se analizó la actualización del plan de emergencia de la CNA I efectuado por la organización propietaria/operadora, que tiene en cuenta los resultados de los ejercicios anuales realizados y los nuevos criterios de aplicación. Se evaluó el ejercicio anual de aplicación del plan de emergencia realizado el 17 de diciembre de 1995.

Se revisó la actualización del plan de emergencia de la CNE realizado por la organización propietaria/operadora como consecuencia de un requerimiento del ENREN.

DOSIS OCUPACIONALES Y DESCARGAS DE EFLUENTES RADIATIVOS AL AMBIENTE

En relación con las dosis ocupacionales y las descargas de efluentes correspondientes a la operación normal de una central nuclear, el ENREN requiere tanto la protección radiológica de los trabajadores como las descargas de material radiactivo al ambiente estén optimizadas. Además solicita que se lleven registros de las dosis individuales y que se contabilicen las descargas al ambiente. La norma AR 10.1.1. en general y la norma AR 3.1.1. "Exposición Ocupacional" en particular, establecen criterios para asegurar que las dosis que reciben los trabajadores ocupacionalmente expuestos sean tan bajas como resulte razonable e inferiores a los límites de dosis establecidos; es decir, que la protección radiológica esté optimizada.

Dosis ocupacionales

El personal que trabaja en áreas controladas está sujeto a un monitoreo dosimétrico individual, registrándose mensualmente las dosis de estos trabajadores debidas a la exposición externa incorporación de material radiactivo, y contabilizándose la dosis colectiva ocupacional.

Para el caso de la CNA I, la distribución de dosis individuales de los trabajadores de esta central, correspondiente al año 1995 fue tal que de los 593 agentes de la planta, el 50% recibió menos de 3 mSv, y ningún trabajador excedió el límite de dosis establecido en la norma AR.10.1.1. La dosis colectiva fue de 3,5 Sv hombre, y la dosis colectiva normalizada, con la energía generada por la central en 1995, resultó 11 Sv hombre/GW año.

Para el caso de la CNE la distribución de dosis individuales de los trabajadores de esta central, correspondiente al año 1995 fue tal que de los 826 agentes de la planta, el 50% recibió menos de 3 mSv, y ningún trabajador excedió el límite de dosis establecido en la norma AR.10.1.1. La dosis colectiva fue de 4 Sv hombre, y la dosis colectiva normalizada, con la energía generada por la central en 1995, resultó 8 Sv hombre/GW año.

Descargas de efluentes

El límite de dosis para el público es 1 mSv en un año. Con el fin de que dicho límite se cumpla considerando todas las fuentes de radiación actuales y previendo las futuras, para el caso de una central nuclear, el ENREN ha establecido restricciones a la dosis que recibe el grupo crítico -grupo de personas más expuestas a la radiación-. Dicha restricción ha sido fijada en 0,3 mSv en un año. Adicionalmente, el ENREN exige que las dosis sean tan bajas como resulte razonablemente posible, siendo entonces 0,3 mSv una cota superior para el proceso de optimización.

Para la emisión al ambiente de cada radionucleido gaseoso o líquido se establece un límite autorizado de descarga, y los valores de tales límites se incluyen en la licencia de operación de cada central. Se controla el cumplimiento de los límites autorizados, mediante la medición continua, en el punto de emisión, de la actividad de las descargas gaseosas o líquidas efectuadas por la instalación.

El ENREN requiere que se establezca un programa de monitoreo ambiental en los alrededores de cada instalación, que incluya la medición de material radiactivo en aguas, sedimentos, vegetales, peces, leche y otras muestras de manera de controlar los principales eslabones de las vías de transferencia de radionucleidos hacia el hombre. El programa de monitoreo y las técnicas de medición son sometidos periódicamente a una auditoría por el ENREN quien realiza, a su vez, un control independiente en sus propios laboratorios.

Para el caso de la CNA I, los valores de las descargas en ningún caso superaron el 10%, de los límites autorizados, considerando la suma de los porcentajes de los radionucleidos individuales para el caso de los gases nobles, aerosoles, y los emisores gamma en los efluentes líquidos.

Para el caso de la CNE, las descargas resultaron inferiores al 10% de los límites autorizados.

Dosis al grupo crítico

La dosis en el grupo crítico de la CNA I, debido al funcionamiento de la misma durante el año 1995, fue de $6,4 \cdot 10^{-3}$ mSv, representando este valor el 2% de 0,3 mSv. Para la CNE, la dosis en el correspondiente grupo crítico fue $5,6 \cdot 10^{-3}$ mSv lo que representa menos del 2% del valor de la dosis autorizada.

Las dosis colectivas, normalizadas por unidad de energía eléctrica generada, excluyendo la producida por el carbono 14, fueron 0,5 y 0,1 Sv hombre/GW año para la CNA I y CNE, respectivamente. Los valores correspondientes al carbono 14 resultaron 39 y 21 Sv hombre/GW año para la CNA I y CNE respectivamente.

REACTORES DE INVESTIGACIÓN Y CONJUNTOS CRÍTICOS

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

Por otra parte, los conjuntos críticos son instalaciones donde se estudian los procesos de multiplicación de neutrones producidos mediante fisión nuclear, con fines de docencia o para analizar configuraciones -a menor escala- de núcleos de reactores de mayor potencia.

A los efectos de velar por el nivel de seguridad de los reactores de investigación y conjuntos críticos, el ENREN realiza estudios y evaluaciones independientes para validar la seguridad del diseño y de la operación, e inspecciones para verificar el cumplimiento de las normas y licencias.

Durante las inspecciones se analizan documentos y procedimientos, se fiscalizan las tareas y se realizan ensayos relevantes para la seguridad. Asimismo, se controlan los aspectos relacionados con el licenciamiento del personal.

Las eventuales anomalías detectadas durante las inspecciones son analizadas teniendo en cuenta su impacto en la seguridad y si corresponde, se requieren acciones correctivas.

Las dosis recibidas por los trabajadores en los reactores de investigación y conjuntos críticos son, en general, poco significativas. La vía de exposición más frecuente es la irradiación externa. El control de la exposición a las radiaciones en las zonas clasifi-

casas como áreas controladas y supervisadas, se realiza mediante el monitoreo de áreas. Las dosis recibidas por los trabajadores se evalúan a partir de los registros de monitoreo individual.

En relación con lo anterior cabe decir que durante el año 1995, ninguno de los trabajadores que componen los plantales de los reactores de investigación RA 1, RA 3 y RA 6 (87 en total) excedió el límite de dosis establecido en la norma AR.10.1.1; además el 50% de tales trabajadores recibió una dosis individual menor que 1 mSv en el citado año.

REACTOR DE INVESTIGACIÓN RA 1

El reactor RA 1 está ubicado en el Centro Atómico Constituyentes de la Comisión Nacional de Energía Atómica y se encuentra operando desde el año 1958; tiene una potencia autorizada de 40 kW térmicos y utiliza como combustible, uranio enriquecido al 20% en el isótopo 235. El propósito del reactor es la investigación, la docencia y el ensayo de materiales.

Durante el año 1995, las dosis ocupacionales no superaron el 10% del límite anual de dosis fijado por las normas, y las descargas de efluentes no excedieron el 1% del límite autorizado de descarga.

En cuanto a los principales hechos operativos acaecidos durante el año 1995, la instalación operó aproximadamente 1300 horas, realizándose dos irradiaciones largas para estudiar daños producidos por la radiación en materiales utilizados en la industria nuclear. Se llevaron a cabo, también, cursos de reentrenamiento del personal de operación, de acuerdo al programa previsto.

Con relación a las actividades regulatorias, se realizaron 28 inspecciones durante el año y se revisaron todos los procedimientos operativos de la instalación; también se tomaron 10 exámenes para la obtención de licencias individuales o autorizaciones específicas.

REACTOR DE INVESTIGACIÓN RA 3

El reactor RA 3 está ubicado en el Centro Atómico Ezeiza de la Comisión Nacional de Energía Atómica, y se encuentra operando desde el año 1967; tiene una potencia autorizada de 5 MW térmicos y utiliza como combustible uranio enriquecido al 20% en el isótopo 235. El propósito del reactor es la producción de radioisótopos, la investigación, la docencia y el ensayo de materiales.

Durante el año 1995, las dosis ocupacionales no superaron el 10% del límite anual de dosis fijado por las normas, y las descargas de efluentes no excedieron el 1% del límite autorizado de descarga.

En cuanto a los principales hechos operativos acaecidos durante el año 1995, la instalación operó aproximadamente 4000 horas, dedicadas principalmente a la producción de radioisótopos; se reemplazó el sistema secundario de remoción del calor y se reacondicionaron la sala de bombas y las zonas controladas; también se llevaron a cabo cursos de reentrenamiento del personal de operación, de acuerdo al programa previsto.

Con relación a las actividades regulatorias, se realizaron 30 inspecciones y se efectuó la revisión de los procedimientos operativos contenidos en la documentación mandatoria exigida por el ENREN. También se revisó el plan de emergencia de la instalación, se fiscalizó la realización del ejercicio anual de dicho plan y se evaluó un cambio de configuración del núcleo (propuesto por el responsable primario) no encontrándose objeciones para su concreción. Asimismo, se tomaron 10 exámenes para la obtención de licencias individuales o autorizaciones específicas.

REACTOR DE INVESTIGACIÓN RA 6

El reactor RA 6 está ubicado en el Centro Atómico Bariloche de la Comisión Nacional de Energía Atómica y se encuentra operando desde el año 1982; tiene una potencia autorizada de 500 kW térmicos y utiliza como combustible uranio enriquecido al 90% en el isótopo 235. El propósito del reactor es la investigación, la docencia y la irradiación de materiales.

Durante el año 1995, las dosis ocupacionales no superaron el 5% del límite anual de dosis fijado por las normas; referente a las descargas de efluentes, la actividad de efluentes gaseosos liberada no excedió el 1% del correspondiente límite autorizado de descarga, en tanto que con relación a los efluentes líquidos se alcanzó el límite autorizado de descarga.

En cuanto a los principales hechos operativos acaecidos durante el año 1995, la instalación operó aproximadamente 400 horas, en varias irradiaciones cortas, dedicadas a tareas diversas de investigación y docencia; además se tomaron acciones correctivas para evitar la repetición de un incidente operativo que dio lugar a una descarga de efluentes líquidos por encima de lo normal para esa instalación.

Con relación a las actividades regulatorias, se modificaron los límites de descarga de efluentes radiactivos al ambiente, se realizó la revisión de los procedimientos de protección radiológica contenidos en la documentación mandatoria exigida por el EN-

REN, se evaluaron las prácticas de garantía de calidad en la instalación, se revisó el plan de emergencia de la misma, se participó en la realización y evaluación del ejercicio de este plan y se tomó examen de reentrenamiento del personal de operación, contemplado en el programa correspondiente.

CONJUNTO CRÍTICO RA 0

El conjunto crítico RA 0 se encuentra ubicado en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad de Córdoba y operó entre los años 1970 y 1974; en 1987 se iniciaron las tareas para la modernización de la instalación, encontrándose actualmente en la etapa final de su nueva puesta en marcha.

El RA-0 tiene una potencia autorizada de 1W térmico y utiliza como combustible uranio enriquecido al 20% en el isótopo 235. El propósito del conjunto es la investigación y la docencia.

Durante el año 1995, las dosis ocupacionales no superaron el 1% del límite de dosis establecido en las normas; respecto a las descargas de efluentes, la instalación -por su naturaleza- nunca libera material radiactivo.

En cuanto a los principales hechos operativos acaecidos durante el año 1995, la instalación se encuentra en proceso de puesta en marcha y cuenta con la autorización correspondiente emitida por el ENREN; además, actualmente se está completando la documentación requerida en la autorización y se realizan las tareas de acondicionamiento de la instrumentación, de los mecanismos de movimiento de barras de control y de los blindajes.

Con relación a las actividades regulatorias, se realizaron 2 inspecciones y se establecieron las condiciones para la continuación de la puesta en marcha; además, se tomaron exámenes para licenciar a 6 integrantes del futuro plantel de operación.

CONJUNTO CRÍTICO RA 4

El conjunto crítico RA 4 está ubicado en la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad de Rosario y se encuentra operando desde el año 1971; tiene una potencia autorizada de 1W térmico y utiliza como combustible uranio enriquecido al 20% en el isótopo 235. El propósito del conjunto es la investigación y la docencia.

Durante el año 1995, las dosis ocupacionales fueron prácticamente nulas dado que la instalación -por su naturaleza- siempre exhibe

posibilidades muy bajas de irradiación externa de los trabajadores; en lo referente a las descargas de efluentes al ambiente el conjunto crítico nunca libera material radiactivo al mismo.

En cuanto a los principales hechos operativos acaecidos durante el año 1995, se realizaron diversas irradiaciones para la calibración de dosímetros y con fines de enseñanza. Además, se trabajó en la actualización de la documentación mandatoria y se realizaron cursos de reentrenamiento del personal de operación de acuerdo al programa establecido.

Con relación a las actividades regulatorias, se realizaron 2 inspecciones y se renovaron 3 autorizaciones específicas del personal.

CONJUNTO CRÍTICO RA 8

El conjunto crítico RA 8 está ubicado en Pilcaniyeu, provincia de Río Negro y se encuentra en avanzado estado de construcción; tendrá una potencia autorizada de 10W térmicos y utilizará como combustible uranio enriquecido al 1,8 y al 3,4% en el isótopo 235. El propósito del conjunto será realizar las pruebas relacionadas con la verificación del diseño neutrónico del reactor CAREM (proyecto de una central nucleoelectrónica de diseño avanzado que generaría 25 MW eléctricos).

En cuanto a los principales hechos operativos acaecidos durante el año 1995, cabe decir que la instalación se encuentra en la etapa de construcción y se tiene previsto iniciar la operación de la misma durante el año 1996.

Con relación a las actividades regulatorias, se realizaron 3 inspecciones al conjunto y se efectuó la revisión del informe preliminar de seguridad del mismo.

CAPÍTULO 4 INSPECCIONES A INSTALACIONES RADIATIVAS

INTRODUCCIÓN

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

La tarea de inspección implica evaluaciones de la seguridad radiológica, la verificación in situ del cumplimiento de normas y licencias, y el análisis de las observaciones y resultados que se incluyen en los informes de inspección.

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

MÁQUINAS ACELERADORAS DE PARTÍCULAS

Estas máquinas, que tienen capacidad para producir haces de partículas de muy alta energía, han encontrado diversas aplicaciones, tanto en los aspectos de investigación básica de la estructura atómica y de partículas como en aplicaciones de desarrollo y producción. La CNEA cuenta con diversos aceleradores dedicados a esos fines, en particular el acelerador electrostático TANDAR y un ciclotrón que acelera protones hasta 40 MeV, el cual se encuentra en su etapa final de puesta en operación con el fin de producir radioisótopos de uso en medicina nuclear.

Durante el año las operaciones regulares de estas máquina no han tenido implicancias radiológicas, más que las previstas para su operación normal, reflejada en las muy bajas dosis individuales del personal. En las instalaciones citadas el ENREN realizó 12 inspecciones y no se observaron hechos destacables.

PRODUCCIÓN DE RADIOISÓTOPOS

La producción de radioisótopos de uso en muy diversos campos del quehacer médico, industrial, de la investigación y la docencia representa un importante esfuerzo de la CNEA que es compartido por la actividad privada. CNEA cuenta con una planta de producción asociada al reactor RA 3 donde se produce fundamentalmente yodo 131 y molibdeno 99, este último resultante de la fisión del uranio 235.

La actividad privada a través de las empresas Laboratorios Bacon S.A.I.C. y de Tecnonuclear S.A., participa en el fraccionamiento y distribución de radioisótopos y en la producción de los denominados generadores de molibdeno 99 - tecnecio 99m.

Durante el año 1995, el ENREN realizó 23 inspecciones a dichas instalaciones de producción y fraccionamiento. La acción regulatoria, a través de las inspecciones ha detectado en algunas instalaciones, diversos apartamientos de las condiciones preestablecidas de operación, lo cual dio lugar a la emisión de requerimientos a efectos de regularizar esas situaciones, sin que se halla llegado a instancias de episodios con consecuencias radiológicas para el personal ni del público. Las dosis del personal, así como las producidas en el público por los efluentes de operación normal, se mantuvieron por debajo de los límites respectivos establecidos.

PRODUCCIÓN DE FUENTES RADIATIVAS

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

Se realizaron 11 inspecciones en el transcurso del año 1995. La acción de inspección sobre estas instalaciones ha demostrado que, salvo aspectos de control de contaminación en la misma planta de fabricación de fuentes de cobalto, la situación ha sido desde el punto de vista de la protección radiológica satisfactoria. Esta consideración se puede extender al transporte de las fuentes producidas. Las dosis incurridas por trabajadores han estado por debajo de los límites establecidos.

INSTALACIONES PARA IRRADIACIÓN CON ALTAS DOSIS

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

Otra de las aplicaciones es la esterilización de insectos. Esta técnica está siendo aplicada en la provincia de Mendoza para la eliminación de la mosca del Mediterráneo o de la fruta por medio de una instalación móvil, IMCO-20, de irradiación de alta dosis de radiación gamma con fuentes de cobalto 60.

Dado el alto inventario radiactivo de esta unidad móvil de irradiación, se presta particular atención a los aspectos de seguridad de las fuentes y a los sistemas mecánicos de posicionamiento de la muestra a irradiar, mediante inspecciones periódicas y la exigencia de informes de parte del operador.

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

La empresa Ionics S.A. se ha desempeñado dentro de los estándares de seguridad vigentes.

Para este tipo de instalaciones se realizaron un total de 14 inspecciones. En todos los casos los valores de dosis ocupacionales fueron inferiores a los establecidos como límites.

FABRICACIÓN DE ELEMENTOS COMBUSTIBLES NUCLEARES

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

Los elementos combustibles de uranio natural utilizados en las centrales Atucha y Embalse, son fabricados en las instalaciones

de CONUAR S.A ubicadas en el Centro Atómico Ezeiza de la CNEA.

Los elementos combustibles con enriquecimiento de hasta el 20% en uranio 235 son producidos en la Fábrica de Elementos Combustibles para Reactores de Investigación de la CNEA ubicada en el Centro Atómico Ezeiza.

La materia prima para el combustible de reactores de potencia (óxido de uranio natural) es producida en el Complejo Fabril Córdoba que la CNEA posee en la ciudad homónima.

Por otra parte, el uranio enriquecido utilizado en los combustibles de los reactores de investigación es importado. La CNEA dispone de una planta de enriquecimiento basada en el proceso de difusión gaseosa en la localidad de Pilcaniyeu, provincia de Río Negro, operada por INVAP S.E. Durante el año 1995 esta planta no produjo uranio enriquecido, limitándose a tareas de montaje de nuevas unidades de separación por difusión gaseosa.

En las instalaciones citadas se realizaron un total de 16 inspecciones. La acción regulatoria dio lugar, a principios del año, a la imposición de un requerimiento para disminuir los valores de los efluentes líquidos de la planta de CONUAR S.A. a los valores exigidos por licencia, el que fue satisfactoriamente cumplido. Por otra parte en el Complejo fabril Córdoba se registraron incidentes operativos por derrames de óxido de uranio natural o espumas de ácido nítrico confinados al interior de la instalación, sin que se hubieran observado consecuencias radiológicas para el personal. En todas las instalaciones citadas, ningún trabajador superó el límite de dosis establecido.

OTRAS INSTALACIONES DE LA COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA

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

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

Existen alrededor de veinte laboratorios e instalaciones dedicados a la investigación para apoyo a la producción, los cuales, por sus características, o por el inventario radiactivo asociado, poseen en general un bajo riesgo radiológico.

En este conjunto de instalaciones se efectuaron 23 inspecciones. Durante las mismas no se observaron apartamientos de lo establecido en las normas de seguridad radiológica.

APLICACIONES MÉDICAS

INSTALACIONES DE TELETERAPIA

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

En el país se cuenta con 105 equipos de cobaltoterapia y 31 aceleradores lineales de uso médico, ubicados en 98 centros de terapia.

En el transcurso del año 1995 se realizaron 59 inspecciones en dicho tipo de centros. En las instalaciones de teleterapia, durante el año, no hubo incidentes que pudieran afectar la seguridad radiológica de los individuos.

INSTALACIONES DE BRAQUITERAPIA

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

En el país se cuenta con 60 instalaciones destinadas a braquiterapia, ubicadas en distintos centros. Adicionalmente, se encuentran autorizadas para su operación del orden de 20 salas de internación.

Durante el año 1995 se realizaron 45 inspecciones asociadas a este tipo de instalaciones.

Se observaron dos incidentes que merecieron la intervención del ENREN:

■ a) Contaminación con radio 226 en el taller del Hospital Zenón Santillán de la ciudad de Tucumán; se descontaminó la zona afectada y se evaluó la dosis recibida por el individuo más expuesto resultando inferior al límite anual permitido para trabajadores y

■ b) Denuncia de existencia de fuentes radiactivas no autorizadas en el Policlínico Regional San Luis, en la provincia de San Luis, las cuales, verificada la existencia se depositaron en custodia bajo la responsabilidad de los directores del Policlínico y de Epidemiología y Saneamiento Ambiental de la provincia.

CENTROS DE MEDICINA NUCLEAR

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

En el país existen 273 instalaciones destinadas a este propósito ubicadas en distintos centros.

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

CENTROS DE RADIOTERAPIA METABÓLICA

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

En el país se cuenta con 104 centros médicos donde se efectúa este tipo de tratamientos con una frecuencia de una cada dos años.

Se produjo un accidente de contaminación interna ocurrido en el Centro de Medicina Nuclear del Hospital Escuela San Martín que afectó a un profesional. La evaluación de la dosis absorbida arrojó un resultado de 540 mGy en tiroides y una dosis efectiva de 16,5 mSv.

El ENREN durante el año 1995 realizó 112 inspecciones que abarcaron a los Centros de medicina nuclear y Centros de radioterapia metabólica.

LABORATORIOS DE DIAGNÓSTICO "IN VITRO"

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

En el país se cuenta con 520 instalaciones destinadas a este propósito las cuales, debido al bajo riesgo radiológico, son inspeccionadas sólo en el momento de emitirles la primera autorización de operación.

APLICACIONES INDUSTRIALES

EQUIPOS MEDIDORES INDUSTRIALES

La medición de diferentes parámetros o variables de procesos en plantas industriales (medición de espesor, nivel, humedad, densidad, caudal, peso, etc.), se basa en el principio de la detección de la radiación emitida por una fuente radiactiva sellada, que resulta atenuada en su paso a través del medio a medir.

Los equipos medidores, denominados genéricamente "medidores industriales", usan diferentes tipos de fuentes radiactivas en función de las características físicas del material a medir.

En el país se cuenta con 778 equipos medidores industriales pertenecientes a 245 empresas.

Durante el año 1995 el ENREN realizó 27 inspecciones en las instalaciones de este tipo, e intervino en cuatro incidentes con este

tipo de medidores. Los incidentes se produjeron en las siguientes empresas:

██████████ Celulosa Argentina, donde un incendio afectó un equipo medidor.

██████████ Dirección de Hidráulica de la provincia de San Juan donde se recuperaron dos equipos de medición de densidad y humedad de suelos que habían sido dados por desaparecidos.

██████████ Acindar S.A., en donde se produjo un derrame de acero sobre los equipos medidores de nivel instalados en una máquina de colada continua.

██████████ Comisión Nacional Aero Espacial (CONAE), en la ciudad de Mendoza donde se concurrió al lugar realizando el secuestro de dos fuentes, probablemente provenientes de un equipo medidor de espesor de nieve.

En ninguno de los incidentes previamente citados se observaron consecuencias radiológicas para el público ni los trabajadores.

USO DE RADIOISÓTOPOS EN LA EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN PETROLÍFERA

Distintas técnicas de medición de las propiedades de los yacimientos y perforaciones petrolíferas utilizan material radiactivo. Entre las técnicas mencionadas podemos citar las siguientes: medición de densidad de mezclas, arenas, etc., y determinación del perfil de densidades del material que forma las paredes del pozo; medición de la concentración de hidrocarburos en las napas; determinación de la existencia de canalizaciones entre pozos; detección de la velocidad de circulación entre pozos.

En el país existen 82 bases de operación de las empresas que utilizan radioisótopos en la actividad petrolífera. Durante el año 1995 se realizaron 46 inspecciones regulatorias por parte del ENREN.

Se puede destacar un incidente ocurrido en un pozo petrolero de la empresa Western Atlas, donde dos fuentes de neutrones se deslizaron al fondo del pozo. Se procedió a entubar y cementar el pozo, señalizando el mismo para evitar su futura profundización. La empresa de referencia actuó de acuerdo con los procedimientos de protección radiológica recomendados por el ENREN.

EQUIPOS DE GAMMAGRAFÍA

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

En el país existen empresas poseedoras de uno o varios equipos de gammagrafía. Durante el año 1995 el ENREN realizó 64 inspecciones.

En el transcurso del año se observaron los siguientes incidentes:

Incendio en una casilla de campamento que afectó al equipo de gammagrafía de la empresa Control S.R.L. Dado que el fuego no afectó a la estructura blindante ni a la fuente, no se registraron exposiciones anormales.

Pérdida temporal de un equipo de gammagrafía por parte de la empresa Inlaco S.R.L., no hubo exposiciones personales anormales a causa del incidente.

APLICACIÓN EN INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA

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

En el país se cuenta con aproximadamente 200 instalaciones destinadas a este propósito, ubicadas en universidades nacionales y provinciales y en centros tales como el CONICET, INTA, etc. Durante las inspecciones realizadas en el año 1995 no se observaron apartamientos de las condiciones normales de seguridad radiológica para este tipo de instalaciones.

Ante un pedido efectuado por el Honorable Consejo Deliberante de la Municipalidad de la ciudad de Buenos Aires, por la posible contaminación radiactiva en el predio de la Facultad de Agronomía, Cátedra de Enología, se realizó una inspección verificándose

los aspectos de seguridad radiológica en el lugar, no detectándose anomalías.

OTRAS PRÁCTICAS

CONCENTRACIÓN Y PURIFICACIÓN DE URANIO

La etapa inicial de dicho ciclo comprende la extracción y producción de compuestos de uranio natural, materia prima para los elementos combustibles de los reactores nucleares. En la actualidad las labores mineras están reducidas debido al stock acumulado por la explotación de épocas anteriores y compras al exterior de concentrados de uranio. Además de alguna explotación menor de minas de uranio, las tareas más destacadas que se están llevando a cabo en las instalaciones de este tipo son la concentración y purificación del material extraído en épocas anteriores. Los restos del mineral del cual se ha extraído el uranio necesitan de acondicionamientos y tratamiento.

El concentrado comercial de uranio para fabricar elementos combustible de reactores nucleares es producido en el complejo minero fabril de San Rafael, Mendoza, de la CNEA. Durante el presente año se realizaron 2 inspecciones. El complejo presentó documentación técnica obligatoria que contempla modificaciones a la instalación y nuevas condiciones de operación.

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

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

La CNEA también cuenta con otro complejo que produce concentrado de uranio localizado en la provincia de La Rioja y explotado por la empresa Uranco S. A. La instalación se encuentra al final de su vida útil, por agotamiento de las reservas de mineral

económicamente explotables del yacimiento Los Colorados, donde la explotación minera finalizó en febrero de 1995, habiéndosele requerido el plan de tratamiento final de las escombreras del mineral tratado.

DESECHOS RADIATIVOS

GESTIÓN DE DESECHOS RADIATIVOS CAE

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

- Planta de tratamiento de desechos radiactivos sólidos de baja actividad.
- Sistema de contención de desechos radiactivos sólidos de baja actividad.
- Instalación para el almacenamiento definitivo de desechos radiactivos sólidos, estructurales y fuentes encapsuladas.
- Depósito central de material fisionable irradiado.
- Sistema de contención de desechos radiactivos líquidos.

Esta área, de importante acción en relación a la seguridad radiológica de las fuentes de radiación fuera de uso y al confinamiento de sustancias radiactivas descartadas, ha sido objeto de una importante acción regulatoria para encuadrar las instalaciones y el personal a los requerimientos solicitados. Durante el año se realizaron 10 inspecciones.

Ningún trabajador superó el límite anual de dosis efectiva y no se registraron incidentes operativos vinculados con la seguridad radiológica.

COMPLEJOS MINEROS FUERA DE OPERACIÓN

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

Posteriormente al cierre definitivo, se verifica que se preserven las condiciones ambientales apropiadas, para lo cual se evalúa el estado de las escombreras de mineral tratado y si existe o no dispersión de material por acción eólica y pluvial. Entre estas instalaciones se pueden citar los complejos Pichiñan (Chubut), Tonco (Salta), Los Gigantes (Córdoba) y Malargüe (Mendoza). Durante el año 1995 se realizaron 8 inspecciones a dichos establecimientos.

CAPÍTULO 5 ACTIVIDADES DE SALVAGUARDIAS Y PROTECCIÓN FÍSICA

Al igual que la seguridad nuclear y la protección radiológica, las salvaguardias y la protección física constituyen ramas regulatorias de la actividad nuclear de fundamental importancia en el ámbito nacional e internacional. El sistema de salvaguardias y no proliferación nuclear tiene por objetivo asegurar el uso exclusivamente pacífico de la energía nuclear. La protección física se relaciona con la prevención de la sustracción o dispersión indebida de materiales protegidos y el sabotaje en instalaciones significativas en las que sea posible generar consecuencias radiológicas severas.

Las salvaguardias se basan fundamentalmente en un sistema de contabilidad de los materiales nucleares y su verificación independiente por parte del ENREN y se complementan con la utilización de medidas de contención y vigilancia, tales como cámaras de vigilancia óptica, precintos, detectores de radiación, etc. La contabilidad debe entenderse en un sentido amplio. Esto es, la declaración de las existencias o inventarios de materiales nucleares debe estar fundada en la determinación física de las mismas. Para ello, los responsables primarios de las instalaciones bajo control deben establecer sus inventarios a partir de mediciones

no destructivas o destructivas (tales como la verificación de peso o el muestreo analítico del material nuclear) que luego son verificadas por el ENREN.

El **Informe cuestionario de diseño** de una instalación, es el punto de partida para el desarrollo del enfoque de salvaguardias y para la emisión de la Licencia o Autorización del ENREN. El enfoque de salvaguardias consiste en el estudio para cada instalación, de las estrategias y caminos de posible desviación a uso no autorizado del material nuclear y de los procedimientos y medidas de salvaguardias que permitan al ENREN el alcance de los objetivos anteriormente mencionados, a un costo razonable y con la mínima interferencia posible en la operación normal de las instalaciones.

El **Informe de protección física** de una instalación, es el punto de partida para el estudio del camino de mayor probabilidad de intrusión o sea la vía de mínima probabilidad de detección del adversario mientras exista suficiente tiempo para que actúen exitosamente las fuerzas de seguridad.

REGISTROS E INFORMES DE SALVAGUARDIAS

El sistema de registros e informes permite al ENREN la actualización mensual de los inventarios de material nuclear en cada instalación y la realización de auditorías contables para determinar la consistencia y veracidad de los inventarios declarados. Los informes contables constituyen declaraciones hechas por el gobierno argentino sobre el inventario de material nuclear salvaguardado, y sobre sus variaciones con respecto a informes anteriores.

INSPECCIONES DE SALVAGUARDIAS Y PROTECCIÓN FÍSICA

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

Inspecciones de verificación de diseño de salvaguardias y protección física: estas inspecciones tienen por objetivo analizar y verificar el diseño de una instalación o los cambios significativos en el mismo, al menos una vez por

año, a fin de definir o actualizar el esquema de salvaguardias y de protección física aplicable a la misma.

Inspecciones rutinarias de protección física: El objetivo principal es evaluar el cumplimiento de las condiciones establecidas en la Licencia de operación, verificar el funcionamiento de los elementos del sistema de protección física de la instalación y evaluar la confiabilidad de los mismos.

Inspecciones rutinarias interinas de salvaguardias: El objetivo principal es evaluar los términos de flujo de la ecuación de balance de masas (ingresos y egresos de material nuclear), entre dos inventarios físicos, la frecuencia de estas inspecciones se relaciona con la consecución de la meta "detección oportuna".

Inspecciones rutinarias de verificación de inventario físico: El objetivo principal es evaluar el cierre del **Balance de material nuclear**, y confirmar que no se ha producido el desvío del mismo, el ENREN efectúa inspecciones de verificación durante o a posteriori de la **Toma de inventario físico**, en todas las instalaciones bajo salvaguardias.

Inspecciones de fiscalización de salvaguardias: El objeto de estas inspecciones es fiscalizar que las actividades de inspección de los organismos internacionales competentes en la materia (OIEA y ABACC) se efectúen de conformidad con los derechos y obligaciones establecidos en los tratados internacionales y acorde a los procedimientos de inspección de aplicación general establecidos.

Inspecciones especiales: Estas inspecciones se realizan en aquellos casos en los que se verifique un incumplimiento grave de lo establecido en las correspondientes Licencias o Autorizaciones.

INSTALACIONES BAJO SALVAGUARDIAS Y PROTECCIÓN FÍSICA

En el año 1995 se aplicaron controles de salvaguardias y de protección física, y se fiscalizó la actividad de los organismos internacionales en 43 instalaciones nucleares de la República Argentina según el siguiente detalle:

Esfuerzo en inspecciones de salvaguardias: 874 días hombre en 154 inspecciones.

Esfuerzo en inspecciones de protección física: 226 días hombre en 83 inspecciones.

ACTIVIDADES DE INSPECCIÓN PARA LA ABACC

El esfuerzo de inspección que destinó el ENREN a solicitud de la ABACC, para inspecciones de salvaguardias en instalaciones brasileñas fue de:

194 días hombre.

SALVAGUARDIAS INTERNACIONALES

Cuando se trata de las salvaguardias y garantías de no proliferación internacionales, su aplicación aparece directamente ligada a los compromisos de no proliferación de las armas nucleares que haya asumido un Estado. En este caso, las salvaguardias son aplicadas por organismos internacionales, y tienen por objetivo detectar, en tiempo oportuno y con un grado razonable de certeza, que no se desvían "cantidades significativas" de materiales nucleares hacia fines proscritos en los acuerdos sobre cuya base son aplicadas.

La implementación de los procedimientos de salvaguardias en el marco de la debida cooperación para la consecución de los objetivos establecidos en los tratados internacionales mencionados, requieren que el ENREN cumpla con actividades relativas al ámbito de las salvaguardias internacionales. Entre ellas, cabe destacar sucintamente:

Análisis y evaluación conjunta del estado de implementación de las provisiones de los Tratados y Acuerdos de Cooperación en el área regulatoria de salvaguardias.

Análisis de documentos técnicos que reflejan en mayor grado de detalle los procedimientos de salvaguardias internacionales para cada instalación que contenga materiales nucleares (por ejemplo: "Documentos Adjuntos").

Cooperación técnica con los organismos internacionales y otros organismos regulatorios de otros países para la mejora de la efectividad y la eficiencia del sistema de

salvaguardias, a través de la participación de expertos y desarrollos argentinos.

■ Análisis de las nuevas tendencias internacionales en el fortalecimiento y mejora de la efectividad y eficiencia de las salvaguardias internacionales, asesoramiento a otros organismos nacionales involucrados y a los organismos internacionales.

CAPÍTULO 6

TAREAS CIENTÍFICO - TECNOLÓGICAS

Este capítulo describe las actividades científico-tecnológicas del ENREN orientadas al desarrollo de criterios y metodologías necesarios para evaluar, en base a juicios independientes, la protección radiológica de los trabajadores y del público, la seguridad radiológica de las fuentes de radiación, las salvaguardias nacionales e internacionales y la protección física de los materiales e instalaciones nucleares.

A continuación se describen las tareas más relevantes desarrolladas durante el año 1995.

■ Estudios de confiabilidad de centrales nucleares

Se actualizó el paquete de códigos "Psapack" y, en el marco del convenio ENREN - Universidad de Cuyo, se desarrollaron modelos de secuencias accidentales de la CNA I, con aplicación de los códigos "*Source Term Code Package*". Además, se firmó un acuerdo con el "*Electric Power Research Institute*" (EPRI), para la capacitación de profesionales del ENREN en técnicas de confiabilidad de "software".

■ Dosimetría citogenética

Se trabajó en el desarrollo de códigos de computación para el análisis de la frecuencia de aberraciones cromosómicas inestables. Se inició la implementación de técnicas de exploración de imágenes obtenidas con el microscopio óptico. Un profesional del sector fue capacitado en la nueva técnica de hibridación in-situ por fluorescencia, en la "*Radiation Effects Research Foundation*", Hiroshima, Japón. Se realizaron ejercicios

de intercalibración de dosimetría citogenética con laboratorios de otros países de América Latina.

Desarrollos en dosimetría física

Se desarrollaron técnicas de detección y medición de neutrones para utilizar en inspecciones regulatorias. Se calibraron monitores de área y personales en función de las nuevas magnitudes dosimétricas definidas en la publicación ICRU 39. Con referencia al primer aspecto, se desarrolló un método de espectrometría de neutrones mediante el uso de esferas tipo Bonner. En cuanto al segundo, se determinaron los factores de conversión para ensayo y calibración de monitores de área y personales para radiación gamma.

Indicadores diagnóstico y pronóstico aplicables a situaciones de sobreexposición accidental

El objetivo principal es la evaluación de indicadores de diagnóstico y pronóstico que contribuyan a la toma de decisiones terapéuticas en el síndrome agudo de radiación.

El programa de trabajo se desarrolla en colaboración con el Hospital de Clínicas y el Hospital Naval de Buenos Aires, con pacientes sometidos a irradiaciones terapéuticas de altas dosis en todo el cuerpo. En forma paralela se desarrolló un modelo experimental con ratas cepa Wistar, con el fin de establecer curvas dosis-efecto para irradiación aguda no fraccionada.

Estudio del rol de radicales libres en el cerebro en desarrollo

Se evaluó el rol que cumplen los radicales libres del oxígeno en casos de daño radioinducido en el cerebro en desarrollo. El trabajo se realiza empleando un modelo de irradiación prenatal con ratas cepa Wistar.

Desarrollo de técnicas para la detección ambiental de actividades no declaradas

Se comenzó con el desarrollo de técnicas de medición de radionucleidos contenidos en muestras ambientales tomadas en los alrededores de instalaciones nucleares, para la detección de actividades no declaradas de enriquecimiento de uranio y reprocesamiento, con fines de salvaguardias. Específicamente, se trabajó en el desarrollo de la técnica de detección de partículas de uranio y en la de medición de yodo 129.

Medición de la concentración de radón y sus descendientes de período corto

El objetivo del tema es el estudio del comportamiento del gas radón y sus descendientes de período corto, para ser aplicado al monitoreo ambiental de complejos uraníferos.

Se midieron concentraciones de radón en aire en viviendas en las ciudades de San Luis, Malargüe y Corrientes, y en el área del ex Complejo Fabril Malargüe. Se realizó un ejercicio de intercalibración de radón en el marco del convenio con el "Environmental Measurement Laboratory" de Estados Unidos, con resultados satisfactorios.

Desarrollo de técnicas de verificación del inventario de uranio en plantas de enriquecimiento por difusión gaseosa

Se realizó la calibración de un sistema de medición del material nuclear retenido en las unidades de difusión de la planta de enriquecimiento ubicada en la localidad de Pilcaniyeu, provincia de Río Negro. Con el propósito de mejorar este sistema y hacerlo apto para el uso por parte de los inspectores de salvaguardias, se desarrolló una nueva metodología de calibración fácilmente verificable, y que no requiere la utilización de datos sobre la constitución y los elementos estructurales de las unidades de difusión. Esta metodología fue validada comparándola con los resultados obtenidos de análisis destructivo.

Evaluación de factores de transferencia

Los factores de transferencia son utilizados en modelos compartimentados para la estimación de dosis en el público debidas a las descargas de material radiactivo al ambiente.

Durante 1995 se adecuó un laboratorio para el estudio de los factores de concentración en organismos acuáticos. Como lugar de muestreo se eligió el embalse del Río Tercero. Además, desde noviembre de 1995 se miden muestras mensuales de sedimento, agua, plancton, peces, etc. provenientes de esa misma zona.

Modelos computacionales en seguridad radiológica y nuclear

Durante el año 1995 se analizaron las limitaciones de los códigos de cálculo de última generación para la evaluación de accidentes en plantas nucleares. Los resultados obtenidos han sido aceptados para la participación en el

ejercicio internacional identificado como X-ENFIR 95. En la actualidad se cuenta con algunos de estos códigos (v.g. RELAP 5-mod 3.2) para uso del ENREN.

Comportamiento de materiales bajo sollicitaciones térmicas severas

Durante el año se simularon rampas típicas de calentamiento en elementos combustibles para centrales de agua pesada a presión tipo Atucha, y se efectuaron estudios de oxidación para los mismos sometidos a dichas rampas de calentamiento. Se desarrollaron también modelos para la predicción del comportamiento de contenedores de hexafluoruro de uranio en hipotéticos accidentes seguidos de incendio.

Desarrollos electrónicos de apoyo a las tareas del ENREN

A principios de 1995 se iniciaron los estudios para la construcción de un sistema de censado, almacenamiento y transmisión de datos asociados al control de materiales nucleares, dentro del marco de los acuerdos firmados por el ENREN con el Organismo Internacional de Energía Atómica y el Departamento de Energía de los Estados Unidos. Conjuntamente con especialistas de la "Atomic Energy Authority" del Reino Unido en el marco del Programa de Actividades Soporte para Salvaguardias del OIEA, se realizó la verificación de las paredes de hormigón armado de los silos de almacenamiento en seco de elementos combustibles irradiados pertenecientes a la CNE, determinándose que no existen diferencias entre lo construido in situ y lo especificado en los planos de diseño.

Evaluación probabilística de consecuencias de accidentes en centrales nucleares

Durante 1995 se realizaron estudios sobre los modelos que conforman el código COSYMA (nueva herramienta de cálculo cedida por la Comisión de Comunidades Europeas), comparándose distintas técnicas de muestreo meteorológico a fin de seleccionar la más apropiada. Para las bases de datos agrícola-ganaderos de la zona de influencia de un eventual accidente grave en la CNA I, se definió un proyecto de contrato con el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, para utilizar la información de imágenes satelitales del Landsat.

CAPÍTULO 7 CAPACITACIÓN

Este capítulo describe las actividades del ENREN en relación con la formación de especialistas a través de cursos de capacitación específica y de la participación en congresos y reuniones de expertos a nivel nacional e internacional.

El curso de posgrado en Protección Radiológica y Seguridad Nuclear realizado en el marco de un acuerdo con la Universidad de Buenos Aires y el Ministerio de Salud y Acción Social con el auspicio del OIEA continúa dictándose en forma anual desde su creación en 1980. Durante 1995 participaron 27 estudiantes entre profesionales de diversas disciplinas del país y de América Latina. Un curso similar, para el nivel de técnicos, se sigue realizando también en forma anual con una duración de 10 semanas.

Durante 1995 se dictaron además, cinco cursos orientados a la capacitación específica del personal del ENREN, abarcando temas de estadística, informática, confiabilidad e idiomas.

El personal del ENREN presentó, durante 1995, alrededor de 60 trabajos en reuniones y congresos nacionales e internacionales.

CAPÍTULO 8 RECURSOS ECONÓMICOS, HUMANOS Y DE INFRAESTRUCTURA

En este capítulo se describen las acciones llevadas a cabo durante el año 1995 para organizar y administrar presupuestariamente al ENREN, y para hacer más eficiente el manejo de la información de tipo regulatorio y administrativa, en el mismo.

RECURSOS ECONÓMICOS

El presupuesto asignado al ENREN para el año 1995, cuya distribución fue aprobada por Decreto N° 2360/94 fue de \$24 088 000, constituido financieramente por Aportes del Tesoro Nacional, Recursos Específicos y Recursos con Afectación Específica.

Luego de sucesivas disminuciones dispuestas por decretos del Poder Ejecutivo Nacional, el valor de cierre del presupuesto fue de \$ 20 901 759, valor del que se ejecutó un 87,90%.

Los gastos en personal representaron el 62% del total de los gastos corrientes, incluyendo las retenciones al personal, las contribuciones a cargo del empleador y los gastos sociales. Los gastos en bienes de consumo y los servicios no personales representaron el 25% del total.

RECURSOS HUMANOS

El Decreto N° 1540/94, mediante el cual se crea el ENREN, establece que el organismo estaría integrado por personal de la Gerencia de Área Asuntos Regulatorios de la CNEA. Posteriormente, el Decreto N° 2425/94 aprueba una estructura para el organismo y define su plantel de personal con 231 cargos permanentes y 6 cargos fuera de plantel para los miembros del Directorio.

En el transcurso del año se completó la dotación de personal, se otorgaron 11 becas de capacitación y 6 contratos de personal transitorio por tiempos variables.

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

INFRAESTRUCTURA

Los temas encarados en el rubro "Infraestructura" durante el año 1995 fueron los siguientes:

Sistema informático: una de las prioridades fue la instalación de un sistema informático en red para 200 puestos de trabajo, que permitiese una ágil comunicación de los integrantes del ENREN entre sí, y de ellos con el mundo exterior. La conexión con la red internacional Internet se realizó a través de un convenio con la Asociación Civil "Ciencia-Hoy".

El software, adoptado para el sistema informático del ENREN, se definió tomando como base sistemas que utilicen mensajería electrónica como vehículo para la

interacción entre los usuarios, de forma tal de minimizar el movimiento de documentación impresa en toda la gestión administrativa y regulatoria del Ente.

Reformas edilicias: la CNEA, durante el año, fue transfiriendo locales al ENREN, los que debieron ser readecuados para uso específico de la institución, por lo que se refaccionaron 2600 m² de oficinas de los 3400 m² ocupados en la actualidad. Además, se refaccionaron 9 laboratorios y recintos asociados a los mismos en el Centro Atómico Ezeiza.

Equipamiento: se encaró un plan de reestructuración de la plataforma informática, consistente en llevar a cada puesto de trabajo, el equipamiento necesario para el desarrollo de las actividades del personal. Asimismo, la separación de la CNEA, obligó a encarar un programa de reequipamiento de los laboratorios, teniendo en cuenta que la nueva situación requería contar con instrumental de laboratorio y sistemas de medición propios.