

ISBN 0325 - 1483

CNEA 424
Informe

Las Aplicaciones de los Fotodiodos en la Tecnología Argentina

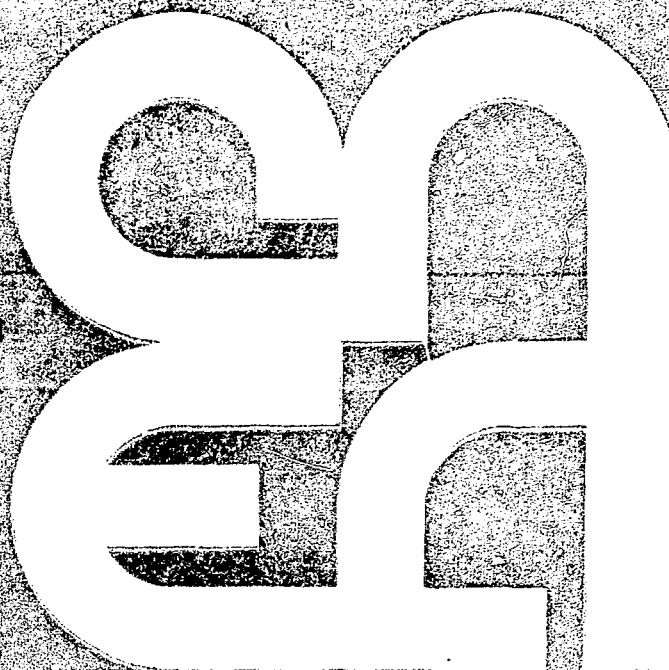
Δ027700003

Gregorio B. Beró
Casimiro J. Lazor

Comisión
Nacional
de Energía
Atómica

República Argentina

Buenos Aires, 1976



Baró, G.B.

Las aplicaciones de los radioisótopos en la tecnología argentina. Buenos Aires, Comisión Nacional de Energía Atómica, 1976.

23 p. 26 cm. (Informe CNEA, 424)

**Isótopos radiactivos - Aplicaciones - Argentina.
Lazor, C.J.**

621.039.8(82)

FE DE ERRATAS

En la página 13, último párrafo, donde dice: **U\$\$**, debe decir **US\$**.

En la página 15, último párrafo, donde dice: en manos de seis compañías, debe decir: en manos de cinco compañías.

En la página 16, nota de la Tabla IV, donde dice: 6 compañías, debe decir: 5 compañías.

CNEA 424
Informe

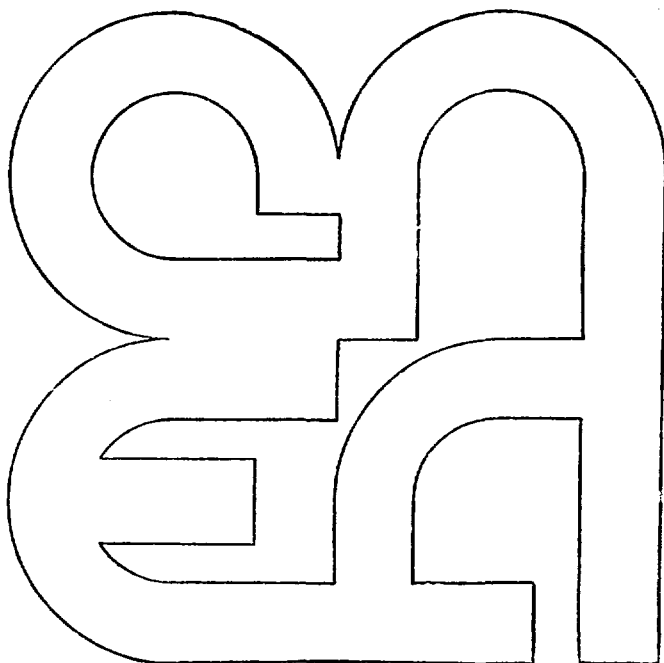
Las Aplicaciones de los Radioisótopos en la Tecnología Argentina

Gregorio B. Baró
Casimiro J. Lazor

**Comisión
Nacional
de Energía
Atómica**

República Argentina

Buenos Aires, 1976



INIS CLASSIFICATION AND KEYWORDS

D23

**RADIOISOTOPES
ARGENTINA
NATIONAL ORGANIZATIONS
EDUCATION
TRACER TECHNIQUES
ACTIVATION ANALYSIS
CONTROL EQUIPMENT
INDUSTRIAL RADIOGRAPHY
DATA COMPILATION
REGULATIONS**

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

**LAS APLICACIONES DE LOS RADIOISOTOPOS
EN LA TECNOLOGIA ARGENTINA**

Gregorio B. Baró y Casimiro J. Lazor

Aceptado en abril de 1976

RESUMEN

La aplicación de los radioisótopos, ya sea como fuentes selladas o trazadores, incluyendo también el análisis por activación, aporta soluciones a la ingeniería e industria argentinas.

La Comisión Nacional de Energía Atómica de la República Argentina trabaja activamente en el desarrollo y promoción de éstas técnicas desde la década del 60.

El presente informe describe y analiza las aplicaciones más relevantes y actualiza algunas publicaciones anteriores sugiriendo ideas para completar la penetración en la tecnología Argentina, como así también, a la luz de datos estadísticos esboza algunas perspectivas.

SUMMARY

The application of radioisotopes in the Argentine technology

The different applications of radioisotopes: as sealed sources or tracers, as well as activation analysis have cast a new light on Argentine engineering and industry.

The Argentine Atomic Energy Commission is carrying out an active plan for the development and promotion of these techniques since the 60's.

This report describes and analyzes the most outstanding applications, and brings up to date other previous papers on the same subject. It suggests some ideas for achieving a complete penetration of radioisotope techniques into Argentine technology. It also outlines some future perspectives, based on present statistical data.

INTRODUCCION

Las aplicaciones de los radioisótopos en la tecnología son importantes, porque pueden aportar soluciones efectivas y económicas a problemas que se plantean frecuentemente en la industria y la ingeniería. En muchos casos estas aplicaciones se refieren al control de procesos, lo que implica mejorar la calidad de los productos manufacturados. En otros, permiten un estudio más profundo de fenómenos poco conocidos, o que si bien son conocidos, resultaría difícil estudiarlos por otros medios. Esto, por supuesto, facilita el aprovechamiento de los recursos útiles al hombre, y como es bien sabido han producido beneficios tangibles a la humanidad.

Los radioisótopos se pueden utilizar como fuentes selladas aprovechando sus radiaciones para medir diversos parámetros de los materiales por los cuales dichas radiaciones atraviesan, o bien como elementos dispersos, esto es trazadores radiactivos para seguir distintos procesos o mecanismos que se quiera estudiar o controlar.

En el primer caso citaremos, como ejemplo, los medidores de espesor, los medidores de densidad y humedad de suelos y otros materiales. Los equipos destinados a esta finalidad son generalmente portátiles y permiten obtener resultados precisos y prácticamente inmediatos. En la explotación del petróleo y otros recursos naturales, las técnicas de perfilaje neutrónico suministran una información valiosa que permite, en conjunto con las convencionales, el estudio de las capas geológicas en prospección y/o explotación.

Las aplicaciones de los radioisótopos como trazadores radiactivos en ingeniería e industria son muy diversificadas y mencionaremos aquí a título de ejemplo solamente algunas de las principales: la determinación de tiempos de residencia en distintos reactores químicos y de los volúmenes de materiales en evolución; la localización de fugas y obstrucción de conductos; el estudio de desgaste y corrosión; eficiencia de lubricantes; eficiencia de mezclado; canalización de napas en la recuperación secundaria de pozos petrolíferos e innumerables otras aplicaciones en las cuales se quiere investigar el comportamiento del material o de alguno de sus componentes en un

sistema dado. En hidrología se utilizan para el estudio del movimiento de sedimentos de los lechos fluviales o marítimos, medición de caudales y conjuntamente con la medición de isótopos ambientales contribuyen al estudio del ciclo hidrológico.

Muchas de estas aplicaciones incluyen también el análisis por activación, para resolver problemas analíticos en los cuales se exige una extremada sensibilidad o rapidez en la obtención de resultados.

En este trabajo se analizan las aplicaciones de los radioisótopos en la tecnología argentina, en función del número de usuarios y beneficios obtenidos.

ACTIVIDADES DE LA CNEA

El desarrollo de las aplicaciones tecnológicas de los radioisótopos en el país fue iniciado por la CNEA a partir del año 1958. Una de las primeras aplicaciones, que comenzó a utilizarse por la industria, fue la gammagrafía industrial. En ese entonces, existía en el país una industria metalúrgica liviana y semipesada debido a la cual esta técnica encontró un campo fértil para desarrollarse y ser aceptada como herramienta de control de calidad. A estas condiciones favorables se sumaba la capacidad de la CNEA para adiestrar al personal, suministrar las fuentes radiactivas y el equipo necesario. En esta forma se inició el trabajo, con la puesta a punto de las técnicas utilizadas y al mismo tiempo también, una tarea de promoción junto con el ofrecimiento de servicios de gammagrafía, destinados fundamentalmente al ensayo no destructivo de piezas fundidas y soldadas.

Muchas otras aplicaciones comenzaron a desarrollarse simultáneamente, especialmente prototipos de equipos nucleares de medición y control. En este campo esta Comisión Nacional apoyó, como en la actualidad, la iniciativa privada mediante el ofrecimiento de planos y especificaciones de equipos desarrollados por ella a la industria y la no competencia en la venta de equipos comerciales o servicios que pudieran ser realizados por las empresas del país.

La acción de la CNEA ha tenido importancia en la creación de las condiciones favorables para que la industria y la ingeniería del país adopten las aplicaciones tecnológicas de los radioisótopos y puedan obtener con ella beneficios concretos.

Esta acción de la Comisión se realiza, en la actualidad, a través de las siguientes tareas:

Abastecimiento de materiales radiactivos.

Reglamentación sobre el uso de materiales radiactivos.
Promoción y difusión de las aplicaciones.
Cursos de adiestramiento.
Asistencia técnica y asesoramiento.
Desarrollo, aplicación y actualización de técnicas diversas.

ABASTECIMIENTO DE MATERIALES RADIATIVOS

Prácticamente desde su creación la CNEA ha actuado como abastecedora de radioisótopos en la República Argentina. En un principio ésta importaba la mayor parte del material radiactivo de los centros extranjeros de producción y se ocupaba de la comercialización y distribución. Más tarde, cuando comenzó a funcionar el Reactor RA3 del Centro Atómico Ezeiza y se contó con los laboratorios adecuados, este material radiactivo se produjo en el país, con exclusión de las fuentes selladas de alta actividad y algunos otros productos especiales. En 1973 los compuestos radiactivos producidos y elaborados por la CNEA alcanzó el 85% del total de la actividad utilizada en el país con exclusión de las fuentes intensas de radiación (1).

La distribución y comercialización de estos productos también está a cargo de la CNEA, la cual provee al usuario el material solicitado, sea éste de producción nacional o importado(2). Esto no implica que las reglamentaciones vigentes impidan al propio usuario importar material radiactivo del extranjero, pero en la práctica resulta más económico y simple la tramitación a través de la CNEA, utilizándose a menudo el otro mecanismo para las fuentes intensas de radiación (gammagrafía, etc.)

Para que el usuario pueda recibir material radiactivo, debe estar debidamente autorizado según la legislación vigente en nuestro país.

REGLAMENTACION SOBRE EL USO DE MATERIALES RADIATIVOS

El uso de radioisótopos y radiaciones ionizantes en la República Argentina está reglamentado por Decreto del Gobierno Nacional (3).

Fiscalización de las aplicaciones

De acuerdo a lo establecido por la ley, para poder utilizar radioisótopos en condiciones legales, se requiere la obtención de un permiso previo, de carácter general o específico, otorgado por la CNEA.

Las normas de seguridad vigentes en el país para el uso industrial de radioisótopos se ajustan a las recomendaciones del OIEA sobre protección radiológica.

Las obligaciones de los usuarios de material radiactivo en relación con la obtención de los permisos correspondientes, varían según se trate de fuentes selladas o de fuentes dispersas (trazadores).

Así por ejemplo, los fabricantes de equipos que emplean fuentes selladas, deben gestionar un permiso general para cada modelo cuya construcción se haya efectuado conforme a lo establecido en un permiso específico previo. Se requiere la presencia de un responsable, autorizado con un permiso específico individual, para el manipuleo de las fuentes.

En cambio, los usuarios de equipos con fuentes selladas, deben tramitar un permiso específico para cada equipo, y designar un responsable de los mismos. Salvo el caso de equipos de gammagrafía, no se exige al responsable adiestramiento previo en el uso de radioisótopos.

La norma para autorizar la instalación de un equipo o dispositivo con fuente sellada, es que la dosis en el lugar más accesible de la instalación, no supere los niveles máximos recomendados por el OIEA. En la evaluación de las dosis se considera el factor de ocupación del área expuesta. Las condiciones de seguridad son finalmente verificadas "in situ" por personal de la CNEA, previo al otorgamiento del permiso habilitante.

La utilización de fuentes dispersas o de fuentes selladas donde el material radiactivo puede eventualmente difundirse en un producto o en un proceso, está sujeta en todos los casos a la obtención de permisos específicos, y requiere la concurrencia de personal idóneo e instrumental adecuado. Los problemas de contaminación y evacuación de residuos radiactivos, deben ser resueltos a satisfacción de la CNEA.

PROMOCION Y DIFUSION DE LAS APLICACIONES

La difusión de las técnicas de aplicación de radioisótopos entre los empresarios, industriales y profesionales del país es el medio más importante para incrementar el uso de los materiales radiactivos. La difusión en este sentido tiene que ser clara y sencilla y debe hacer resaltar especialmente los beneficios económicos que se derivarían de la introducción de los nuevos métodos de control y producción o las nuevas técnicas de estudio, basadas en el empleo de radioisótopos y fuentes de radiación.

La CNEA, se ha ocupado de fomentar estos métodos en el ambiente empresario e ingenieril a través de conferencias públicas, folletos explicativos,

artículos especializados en revistas técnicas y también el contacto personal entre ésta y los potenciales usuarios de radioisótopos y equipos nucleares.

En materia de publicaciones sobre las aplicaciones tecnológicas de los radioisótopos existen hasta la fecha más de 60 trabajos publicados como informes de la CNEA y en revistas técnicas del país o del extranjero. (4).

Mucho de este material bibliográfico se distribuye gratuitamente a los posibles usuarios de material radiactivo y algunas reseñas teórico-prácticas publicadas se utilizan en los cursos de entrenamiento dictados por la CNEA y también por otros organismos privados que organizan cursos y conferencias sobre temas similares.

Entre las tareas de promoción del uso de radioisótopos en la industria e ingeniería, la CNEA dispone de un sistema de convenios de trabajo con instituciones o empresas relacionadas con el quehacer tecnológico del país. Mediante estos convenios es posible la formación de grupos interdisciplinarios para la ejecución de un trabajo o estudio que requiera el uso de técnicas radioisotópicas. Esto permite no solamente que las aplicaciones estén orientadas hacia campos donde realmente resultan de interés, sino que posibilita al mismo tiempo que los especialistas en cada tema puedan capacitarse y evaluar ellos mismos las ventajas derivadas del método.

Actualmente la CNEA mantiene convenios de trabajos con las siguientes instituciones:

Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología Hídrica (INCYTH).

Para el estudio y desarrollo de técnicas y equipos radioisotópicos en el campo de los recursos hídricos.

Dirección Nacional de Obras Portuarias y Vías Navegables (DNOP y VN).

Por trabajos de colaboración recíproca en estudios de movimientos de sedimentos marítimos y fluviales.

Yacimientos Petrolíferos Fiscales (YPF).

Para la aplicación y colaboración recíproca de instrumentación nuclear y trazadores radiactivos en la prospección, explotación, transporte y refinación del petróleo.

Universidad Nacional del Sur (Bahía Blanca).

Colaboración en aplicación de radioisótopos en la Ingeniería e Industria.

CURSOS DE ADIESTRAMIENTO

La CNEA dicta regulamente cursos básicos de metodología y aplicación de radioisótopos, y cursos especializados en los diferentes campos de utilización. (7).

Entre estos últimos corresponde destacar aquí, en particular, a los cursos de aplicación de radioisótopos en la ingeniería e industria y al curso de aplicación de radioisótopos en hidrología. Desde 1965 hasta la fecha se han dictado cinco de los primeros nombrados y uno de aplicaciones hidrológicas. De estos cursos han egresado más de 100 alumnos, la mayoría de ellos técnicos o profesionales de la industria privada. Los cursos de radioisótopos para la ingeniería e industria tienen entre cuatro a cinco semanas de duración y provee a los participantes los conocimientos teóricos y prácticos tanto para el uso inmediato como para el ulterior desarrollo de técnicas radioisotópicas.

En este caso debemos observar aquí que el adiestramiento de personal capacitado para la ejecución de las aplicaciones industriales de los radioisótopos debe hacerse con un criterio particular. Esto significa que dichos cursos no pueden ser de larga duración ni tampoco demasiado académicos pues los empresarios no se mostrarían dispuestos a comprometer el tiempo de sus profesionales en la asistencia a cursos puramente teóricos y preferirán siempre métodos empíricos y rápidos para el entrenamiento de su personal.

Sobre la base de los cursos dictados por la CNEA (y a veces en forma conjunta) algunas universidades del país ya encaran el dictado de cursos similares para post-graduados.

ASISTENCIA TECNICA Y ASESORAMIENTO

Este es un servicio que normalmente presta la CNEA a quienes lo solicitan. Incluye la cesión temporaria de equipos y/o la provisión de material radiactivo para experimentos de demostración, el suministro de planos e información técnica de los equipos desarrollados por la CNEA, estudios de factibilidad sobre determinadas aplicaciones, y, en general, todas aquellas medidas tendientes a satisfacer las consultas relacionadas con el uso de radioisótopos en la industria.

DESARROLLO Y APLICACION DE TECNICAS

Paralelamente a la promoción y difusión de las aplicaciones, la CNEA desarrolla por sí o a requerimiento de otras personas, nuevas técnicas y/o equipos nucleares, y realiza también servicios especializados en ingeniería e industria, referidos particularmente a técnicas de trazadores y análisis por activación. Esto último, de ningún modo significa que la CNEA ejerza o desee tener el monopolio de dichas aplicaciones, en competencia con las empresas privadas que pudieran estar interesadas en su explotación comercial. Por el contrario, la CNEA apoya concretamente la participación de la iniciativa privada en esas actividades, y sólo realiza aquellos trabajos que, o bien son de utilidad pública, o por sus características técnicas y económicas no podrían ser encarados por las firmas comerciales existentes.

Algunas de estas tareas se realizan como estudios o trabajos conjuntamente con otras instituciones como se mencionó anteriormente.

Las técnicas especiales desarrolladas y aplicadas por la CNEA se refieren a:

Aplicaciones instrumentales
Trazadores radiactivos
Análisis por activación.

Aplicaciones instrumentales

Esta actividad se refiere a la promoción y desarrollo de equipos de control y medición basados en el uso de fuentes radiactivas selladas. La CNEA ha desarrollado numerosos prototipos de equipos nucleares tales como medidores de espesor para metales laminados, papel y plásticos, medidores de nivel y densidad para varios líquidos y medidores de densidad y humedad de suelos.

En este sentido la política de la CNEA es la de producir los prototipos de los equipos nucleares, para luego facilitar el diseño a las empresas privadas interesadas en fabricarlos comercialmente.

El problema de disponer eficientemente, por la industria en general, de las técnicas o prototipos de instrumentos desarrollados por la CNEA, es común a otros grupos de trabajo que en forma habitual o esporádica se dedican a la investigación aplicada. Es evidente que en este caso la publicación de un informe técnico o la exhibición de un prototipo en funcionamiento o ambas cosas a la vez no significan la culminación de la tarea. Ello constituye simplemente una etapa de un proceso más largo cuya meta es la utilización práctica a escala industrial de las técnicas o equipos desarrollados.

Alcanzada aquella meta, se habrá cumplido el doble objetivo de expandir el uso industrial de radioisótopos en el país con el consiguiente beneficio para su economía y el de obtener el máximo provecho de los esfuerzos realizados por las instituciones del Estado para promover nuevas aplicaciones.

Especialmente en este campo es donde conviene establecer en forma clara y precisa los objetivos y normas que permitan una transferencia directa de tecnología al sector privado.

Trazadores radiactivos

Los trabajos con trazadores radiactivos en la industria y la ingeniería generalmente son ejecutados por la CNEA o bajo la dirección de la misma, ya que frecuentemente las actividades de los nucleidos utilizados como trazadores en forma dispersa son relativamente altas.

Algunas de las técnicas utilizadas se realizan como servicios por la CNEA a la industria, tal es el caso del balance de mercurio en celdas electrolíticas para la producción de hidróxido de sodio y cloro; tiempos de residencia en reactores químicos; la medición de caudales de ríos de montaña y canales; la eficiencia de mezclado; las pérdidas en cañerías subterráneas y estudio de pérdida de catalizadores en plantas de "cracking" de petróleo.

En otros casos, la CNEA, desarrolla o pone a punto técnicas para estudios o proyectos de ingeniería, en los cuales el empleo de trazadores radiactivos resulta de gran utilidad. Una tarea en este campo son los estudios de movimiento de sedimentos de fondo, ya sea en el lecho de los ríos o fondos marítimos. Entre los estudios realizados en este campo podemos mencionar, el trabajo realizado en las cercanías del Puerto de Mar del Plata, el estudio de movimientos de sedimentos del Río de la Plata para la construcción de un canal de navegación, y el estudio de movimientos de sedimentos en el Paraná Medio. Actualmente se está por iniciar un nuevo estudio de este tipo relacionado con la construcción de un puerto de aguas profundas en la costa de la provincia de Buenos Aires.

Análisis por activación

La CNEA dispone en el Centro Atómico Ezeiza de un moderno laboratorio de análisis por activación, equipado con dos multicanales, uno de 512 y otro de 4096 canales. Detectores de ^{22}Na (TI) y de estado sólido (cristal de germanio con litio fundido). Se utilizan las instalaciones del Reactor RA3 para la activación de las muestras.

Este laboratorio ofrece un servicio de análisis para muestras de distinto origen y realiza estudios en los cuales la contribución de esta técnica resulta de interés fundamental para resolver problemas de tipo analítico en el ámbito de las ciencias biológicas o en otras áreas de aplicación (geología, toxicología, etc.):

ACTIVIDADES DE LAS EMPRESAS PRIVADAS

Hay en el país alrededor de unas treinta firmas dedicadas parcialmente a la explotación comercial de las aplicaciones tecnológicas de los radioisótopos. Unas seis de ellas son fabricantes de equipos e instrumentos nucleares, alrededor de quince prestan servicios de radiografía industrial (gamma-grafía) y cinco se dedican al perfilaje de pozos petrolíferos.

Las funciones que cumplen las empresas privadas en relación con el uso industrial de radioisótopos, se puede sintetizar en:

- provisión y mantenimiento de equipos normalizados;
- prestación de algunos servicios rutinarios;
- difusión de información técnica y económica de las aplicaciones.

La CNEA apoya y promueve la fabricación local de equipos e instrumentos nucleares, como complemento lógico de sus esfuerzos para expandir el uso de radioisótopos en la industria argentina, ya que la creación de una mayor demanda de estas técnicas debe corresponder a un paralelo incremento en la capacidad nacional de satisfacerla, sea con los recursos de las instituciones estatales o, muy especialmente, con los de la industria privada.

Actualmente existen en plaza tres o cuatro firmas que producen equipos de medición de las radiaciones nucleares, especialmente para las aplicaciones médicas y biológicas. Estas firmas tienen un creciente mercado en el país, inclusive en el extranjero, para la venta de escalímetros, integradores, centellógrafos y hasta multicanales y otros instrumentos similares.

En los últimos tres años se ha constituido en el país la Asociación Argentina de Tecnología Nuclear (AATN) que agrupa a profesionales y empresas cuya actividad se relaciona con el desarrollo de la industria nuclear argentina. Esta asociación, que no tiene fines de lucro, cuenta con más de cien asociados y ha organizado distintas reuniones de carácter técnico y científico además de otras actividades relacionadas con el tema nuclear.

ANALISIS DE LAS TECNICAS UTILIZADAS

A los efectos de brindar datos comparables con los suministrados en ocasión de la Encuesta Internacional sobre el uso de radioisótopos en la Industria (5) y el informe de la CNEA del año 1969 (6), se mantendrá aquí la misma clasificación de las técnicas adoptadas en ambas oportunidades, refiriéndolas también, en lo posible, a los mismos grupos de productos, según el ordenamiento de las Naciones Unidas. En el análisis que sigue no se han considerado los equipos de la CNEA destinados a la enseñanza ni los que pudieran tener para demostración y venta las firmas comerciales. En cambio se han incluido los equipos de las empresas que prestan servicios de perfilaje de pozos y gammagrafía.

APLICACIONES DE LOS RADIOISOTOPOS EN LA MEDIDA Y/O CONTROL INDUSTRIAL

Medidores de espesor

En la Tabla I se refleja la situación de esta técnica con relación a los años 1962, 1969 y 1974. Tanto el número de usuarios como de equipos instalados ha aumentado considerablemente en relación a los años anteriores. La industria privada nacional ha construido un total de 42 equipos representando bienes de capital por la suma de aproximadamente US\$ 410.000.

TABLA I
Medición de espesor

GRUPO DE PRODUCTOS		APLICACION	DATOS ACUMULATIVOS					
Nº	DENOMINACION		USUARIOS			EQUIPOS		
			1962	1969	1974	1962	1969	1974
3	Textiles	Telas vinílicas	2	5	9	2	9	24
4	Madera y papel	Papel	2	4	5	3	6	7
		Papel abrasivo	-	1	1	-	5	5
7	Químicos y plásticos	Película celofán	1	2	3	1	5	11
		Procesos	-	1	1	-	1	1
10	Metales fundamentales	Laminación	3	4	6	4	5	14
12	Servicios	Cañerías	1	1	1	1	1	1
TOTALES			9	18	26	11	32	63*

* De estos equipos, 42 fueron construidos en el país por la industria privada representando bienes de capital por aproximadamente US\$ 410.000.

Las industrias que actualmente utilizan este tipo de equipos son: una planta que fabrica chapas de acero laminadas en frío; la industria del plástico, para determinar el gramaje de telas vinílicas; y la industria del papel.

Medidores de nivel

En la Tabla II se señalan los usuarios y equipos existentes en el país estableciéndose una comparación entre los años 1962, 1969 y 1974.

TABLA II
Medición de nivel

GRUPO DE PRODUCTOS		APLICACION	DATOS ACUMULATIVOS					
			USUARIOS			EQUIPOS		
Nº	DENOMINACION		1962	1969	1974	1962	1969	1974
4	Madera y papel	Nivel de carga	-	-	2	-	-	13
7	Químicos y plásticos	Reactores de polimerización	-	2	2	-	9	9
		Procesos unitarios	-	1	2	-	1	2
8	Cemento, etc.	Control automático de la altura de clinker	1	1	3	1	1	3
9	Petróleo y Carbón	Procesos unitarios	-	1	4	-	1	11
10	Metales fundamentales	Nivel de carga	-	1	2	-	1	2
		TOTALES	1	6	15	1	13	40*

* De estos equipos, 21 fueron construidos en el país por la industria privada representando bienes de capital por aproximadamente US\$ 80,000.

Aquí también observamos que el número de usuarios y equipos ha aumentado considerablemente; sin embargo, estas cifras, distan mucho de representar las posibilidades reales de aplicación de los medidores de nivel en la industria argentina, en condiciones técnicas y económicas favorables.

La mayoría de las instalaciones concretadas al presente, corresponden a la industria plástica y se utilizan para la medición y control del nivel en reactores de polimerización. También en una destilería de petróleo se utilizan una serie de medidores de nivel en grandes reactores de coque.

De los 40 equipos instalados, 21 se han fabricado en el país por empresas privadas representando bienes de capital por un valor aproximado de US\$ 80.000.

Medidores de humedad y densidad

De acuerdo a la Tabla III, la aplicación de los medidores de humedad y densidad no se han desarrollado en la medida que podía esperarse.

TABLA III
Medición de humedad y densidad

GRUPO DE PRODUCTOS		APLICACION	DATOS ACUMULATIVOS					
Nº	DENOMINACION		USUARIOS			EQUIPOS		
			1962	1969	1974	1962	1969	1974
9	Petróleo y Carbón	Densidad e interfaces en poliductos	-	2	2	-	2	2
12	Servicios	Humedad y densidad de suelos	-	3	5	-	6	8
		Densidad de nieve	-	1	1	-	2	2
TOTALES			-	6	8	-	10	12*

* Incluye 4 equipos construidos en el país por US\$ 8.500.

De los 12 equipos existentes, 2 se usan en la industria del petróleo por la empresa YPF para medir la densidad de interfaces en poliductos; otros 2 son utilizados por la empresa del Estado Agua y Energía Eléctrica para medir el perfil vertical de nieve en los depósitos acumulados en las zonas cordilleranas, mientras que los 8 restantes se utilizan en empresas relacionadas con obras viales.

Ultimamente se ha notado un interés creciente de estos equipos por parte de los organismos que tienen que ver con el estudio de suelos y es muy probable que su uso aumente considerablemente en un futuro próximo.

Perfilaje de pozos

Como puede apreciarse en la Tabla IV la situación no ha variado demasiado en los últimos diez años. La explotación de las técnicas de perfilaje de pozos, está prácticamente en manos de seis compañías (extranjeras) que prestan servicios a diferentes empresas petroleras. Los equipos emplean fuentes de $^{226}\text{Ra}/\text{Be}$; $^{210}\text{Po}/\text{Be}$; ^{137}Cs y $^{241}\text{Am}/\text{Be}$. No se usan todavía en campaña las fuentes pulsantes de neutrones ni el análisis por fluorescencia de rayos X.

TABLA IV
Perfilaje de pozos

GRUPO DE PRODUCTOS		APLICACION	DATOS ACUMULATIVOS					
Nº	DENOMINACION		USUARIOS			EQUIPOS		
			1962	1969	1974	1962	1969	1974
9	Petróleo, carbón e hidrología	Medición de porosidad y densidad del terreno	4	6	8	15*	20	26
TOTALES			4	6	8**	15	20	26

Nota: sólo se ha computado como usuarios las compañías propietarias de equipos de perfilaje.

* : Estimación corregida con respecto a la encuesta realizada en 1963.

** : Se incluyen 6 compañías dedicadas a la prestación de servicios.

Ultimamente el Instituto de Ciencia y Tecnología Hídrica ha adquirido un equipo de perfilaje de pozos que se utiliza para estudios hídricos en distintas zonas del país.

Este campo, pese a su importancia, no ha sido promocionado resueltamente por la CNEA. Quizás sea el momento de que esta aplicación pueda encararse en forma efectiva, no solamente en petróleo sino en los demás recursos naturales.

RADIOGRAFIA INDUSTRIAL

La gammagrafía es, sin duda, la técnica radioisotópica de mayor demanda, y por lo tanto también la más difundida. La Tabla V muestra la evolución de la gammagrafía en el país desde 1962 hasta 1974.

Más de la mitad de los equipos computados en este informe, son propiedad de empresas que prestan servicios a otras compañías. La cantidad de usuarios indicada en la Tabla V representan solamente las empresas propietarias de equipos, incluyendo las que prestan servicios. En cuanto al número de compañías que rutinaria u ocasionalmente contratan servicios de gammagrafía, cabe señalar que ya en 1962 era del orden de noventa. Si suponemos que la cantidad de usuarios indirectos es proporcional al número de equipos de las empresas que prestan servicios, resultaría para 1974 la cifra estimada de 215 usuarios indirectos.

La CNEA tiene previsto la producción de fuentes selladas para gammagrafía industrial lo que permitiría un incremento de los usuarios debido a su más fácil disponibilidad y menor costo de las mismas (2).

TABLA V
Radiografía industrial

GRUPO DE PRODUCTOS		APLICACION	DATOS ACUMULATIVOS					
Nº	DENOMINACION		USUARIOS			EQUIPOS		
			1962	1969	1974	1962	1969	1974
7	Químicos y plásticos	Control de fundiciones y soldaduras						
9	Petróleo y carbón							
10	Metales fundamentales		15	26	36	27	46	65
11	Maquinaria							
12	Servicios							
TOTALES			15	26	36*	27	46	65

* Incluye 15 empresas de servicios con 30 equipos valuados aproximadamente en US \$ 135,000.

Nota: La actividad utilizada en fuentes selladas para gammagrafía industrial entre los años 1969 y 1974 superan los 12,000 Ci, representando el Ir-192 más del 95% de dicha actividad, con una media anual superior a 2,000 Ci.

Esto resultaría altamente conveniente dado que el consumo es considerable y potencialmente posible, aunque la actividad específica de las fuentes nacionales fuera menor. Un problema que quedaría pendiente es la construcción de equipos portátiles con blindaje de uranio empobrecido, tarea que podría ser encarado en conjunto por la CNEA y empresas privadas interesadas.

Por último debemos agregar que la gammagrafía neutrónica no se ha desarrollado aún en nuestro país, pese a la excelente posibilidad que ofrece esta técnica para el análisis no-destructivo de materiales livianos.

APLICACION DE LOS RADIOISOTOPOS COMO TRAZADORES Y ANALISIS POR ACTIVACION

Las aplicaciones de los trazadores radiactivos y el análisis por activación han estado prácticamente a cargo de la CNEA, la cual presta servicios a empresas o instituciones que lo soliciten.

Los trabajos realizados se muestran en la Tabla VI, donde se indican también el número de usuarios y las aplicaciones o número de muestras analizadas en los casos que se trate de análisis por activación. Se puede notar el incremento significativo del uso de estas técnicas en los últimos cinco años.

TABLA VI
Trazadores radiactivos y análisis por activación

Nº(1)	APLICACION	DATOS ACUMULATIVOS					
		USUARIOS			Nº de aplicaciones o experiencias		
		1964	1969	1974	1964	1969	1974
1	Análisis por dilución	-	-	-	-	3	-
	Análisis por activación	2	-	3	38	10	197 ⁽²⁾
7	Balace de Hg en celdas electrolíticas ⁽³⁾	-	1	2	-	40	500
	Estudios de desgaste por activación	1	-	-	5	-	-
	Análisis por dilución	1	-	-	-	3	-
	Tiempo de permanencia en reactores	1	1	1	1	3	3
9	Localización de limpiadores	2	2	3	2	2	3
	Perfilaje de pozos	-	1	-	-	1	-
	Medición de caudales en piletas recuperadoras de petróleo	-	1	-	-	3	-
	Interconexión de cañerías de gas	1	-	-	1	-	-
	Tiempo de permanencia. Estudio de catalizadores	-	1	2	-	8	10
10	Localización de pérdidas en cañerías	-	1	-	-	5	-
	Desgaste de hornos	-	1	-	-	6	-
	Análisis por fluorescencia de rayos X	-	-	1	-	-	20
11	Estudios de desgaste	-	1	-	-	2	-
	Tiempo de permanencia	-	1	-	-	1	-
12	Pruebas de hermeticidad	1	1	1	1	1	1
	Pérdidas en cañerías	1	3	3	-	-	-
	Medición de caudales	1	1	2	3	1	1
	Estudios de transporte de sedimentos	1	2	2	2	2 ⁽⁴⁾	5
	Pérdidas en diques	-	1	-	-	5	-
	Permeabilidad y porosidad	-	-	2	-	-	2
	Eficiencia de dragado	-	-	1	-	-	4
	Análisis por activación en materiales diversos	1	2	9	3	20	326 ⁽²⁾
	Subtotal de trazadores	10	20	20	15	86	549
	Subtotal de análisis por activación	3	4	13	41	31	525
	TOTAL	13	24	33	56	117	1074

- (1) Nº referida al grupo de productos del O.I.E.A., cuya denominación se puede encontrar en las otras tablas.
- (2) Se indica el número de muestras analizadas, en la mayoría de los casos se determinan varios elementos en cada muestra. No se ha incluido las muestras analizadas para desarrollar técnicas ni las muestras patrones.
- (3) Por aproximadamente 150 toneladas anuales.
- (4) En uno de estos trabajos la inyección de sedimento marcado con ¹¹⁰Ag se realizó en tres lugares distintos del Río de la Plata, y durante 18 meses se efectuaron sucesivas campañas de medición "in situ".

Quizás la Tabla VI no refleja en particular algunas de las aplicaciones de gran envergadura, como aquellas que se han realizado para el estudio de movimiento de sedimentos marítimos y fluviales, conectado con la construcción de obras portuarias y vías navegables. En estos casos las actividades del trazador radiactivo son del orden de algunos curios y es necesario operar con embarcaciones adecuadas y personal entrenado para estos trabajos.

El costo de operación de estos estudios es elevado pero se justifica frente a las grandes inversiones que representan las obras que se proyectan.

Muchas otras aplicaciones de trazadores radiactivos se realizan en forma rutinaria o como contribución a estudios especiales. El inventario de masas de mercurio en celdas electrolíticas, utilizando ^{197}Hg , es un servicio rutinario que la CNEA presta a dos grandes firmas de plaza, generalmente una vez por año.

La determinación de pérdidas o fugas en cañerías y diques, la medición de caudales de ríos de montaña, la determinación de tiempos de residencia en reactores químicos, plantas piloto, etc., se realizan a solicitud de las empresas con una frecuencia de una a dos veces por año.

El análisis por activación se presta como un servicio, ya sea a otras dependencias de la CNEA o a las empresas que lo soliciten, especialmente para aquellos casos en que se requiere una alta sensibilidad o rapidez en la obtención de resultados. El número de muestras analizadas en los últimos cinco años revela que existe un interés creciente por esta técnica y permite resolver muchos problemas analíticos en la industria y otras ciencias aplicadas.

El uso de isótopos ambientales para el estudio de problemas hidrológicos se ha comenzado también a aplicar en la República Argentina (8) (9) (10) pese a que no se dispone aún de laboratorios que se dediquen especialmente al análisis del contenido de deuterio y oxígeno-18. En cuanto a tritio, éste se mide por enriquecimiento electrolítico y actualmente se están instalando dos laboratorios para la medición de carbono-14 en muestras naturales de agua.

APLICACIONES VARIAS

Dentro de esta clasificación se han incluido la fabricación de compuestos luminiscentes y las aplicaciones de la ionización.

Llama la atención el gran número de pararrayos iónicos que se han instalado en la República Argentina en los últimos cinco años pese a que esta aplicación no ha sido promovida de ninguna manera por la CNEA.

Los usuarios y equipos se muestran en la Tabla VII.

TABLA VII
Aplicaciones varias de radioisótopos

GRUPO DE PRODUCTOS		APLICACION	DATOS ACUMULATIVOS					
Nº	DENOMINACION		USUARIOS			EQUIPOS		
			1962	1969	1974	1962	1969	1974
7	Químicos y Plásticos	Pararrayos iónicos	-	1	20	-	1	20*
		Compuestos luminescentes	1	2	2	-	2	2
		Eliminación de electricidad electrostática	-	-	1	-	-	1
11	Maquinarias	Ionización de válvulas	-	2	3	-	-	1
TOTALES			1	5	26	-	3	24

* Estimación efectuada por consumo de fuentes radiactivas.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

En los últimos cinco años las aplicaciones de los radioisótopos en la tecnología argentina se han incrementado considerablemente como lo demuestran los datos de las Tablas VII y VIII. Estos hechos nos permitirían pronosticar buenas posibilidades para el desarrollo futuro de las aplicaciones tecnológicas.

No obstante, sería oportuno señalar que aún estas técnicas no se utilizan con la intensidad y frecuencia que deseáramos para una industria que pretenda un alto grado de nivel técnico y capacidad productiva.

Por otro lado debemos admitir que este tipo de aplicaciones lleva ligado ciertas limitaciones en los países que se encuentran en un estado de desarrollo industrial. Efectivamente, estas limitaciones dependen en gran parte del estado de expansión de la industria, de la competencia existente entre indus-

trias del mismo ramo y del grado de estabilidad económica del país. Si alguna de estas condiciones no se cumple, como es posible que suceda, no existen entonces suficientes estímulos para mejorar la calidad de los productos introduciendo técnicas modernas y más refinadas (11).

En nuestro país se han dado ciertas condiciones favorables como para que la promoción realizada por la CNEA haya dado resultados concretos y positivos.

Estos resultados reafirman la política de la CNEA en el campo de las aplicaciones de los radioisótopos y radiaciones y la conveniencia de ser mantenida por lo menos hasta que el desarrollo industrial y tecnológico del país se consolide definitivamente.

No cabe duda de que el establecimiento de nuevas industrias, conjuntamente con la instalación de centrales nucleares, traerá aparejado un aumento de las aplicaciones tecnológicas de los radioisótopos, contando con la producción local de fuentes selladas para gammagrafía industrial y fuentes de alta actividad para irradiadores industriales.

Quizás sería oportuno que la CNEA, en colaboración con otros organismos inicie estudios tendientes a determinar la conveniencia y factibilidad de desarrollar generadores isotópicos para suministro de energía eléctrica a boyas y estaciones meteorológicas instaladas en lugares remotos.

Como se mencionó con anterioridad, la CNEA podría incrementar los proyectos conjuntos con la actividad privada, contar con la participación activa de ésta y de organismos estatales vinculados al petróleo, minería, siderurgia, etc.

Es posible también que dentro de algunos años se puedan disponer en el país de nucleidos transuránicos como el Neptunio-237, el Americio-241 y el Californio-252. Los dos primeros podrán aplicarse para la construcción de fuentes de neutrones y de baterías nucleares. El Californio-252 se podrá utilizar como fuente de neutrones para aplicar el análisis por activación en lugares alejados de los reactores nucleares.

TABLA VIII
Resumen comparativo de las aplicaciones
de los radioisótopos en la
tecnología argentina

APLICACION	DATOS ACUMULATIVOS							
	USUARIOS			Equipos o aplicaciones realizadas			Inversiones en equipos US\$ *	
	1962	1969	1974	1962	1969	1974	1969	1974
Medición de espesor	9	18	26	11	32	63	188.500.-	576.000.-
Medición de nivel	1	6	15	1	13	40	20.000.-	148.400.-
Medición de humedad y densidad	-	6	8	-	10	12	34.700.-	43.700.-
Perfilaje de pozos	4	6	8	15	20	26	**	**
Radiografía industrial	15	26	36	27	47	65	73.600.-	153.600.-
Trazadores	10	20	20	16	86	549	7.000.-	20.000.-
Análisis por activación	?	4	13	41	31	525	30.000.-	50.000.-
Aplicaciones varias	1	5	26	-	3	24	**	**
TOTALES	43	91	152	110	241	1304	353.800.-	991.700.-
Aumento respecto de 1969 (%)							280	

* Inversiones estimadas

** No se dispuso de datos para las estimaciones

BIBLIOGRAFIA

- 1) RADICELLA, R. El consumo y el abastecimiento de radioisótopos en la República Argentina -CNEA- 394- Buenos Aires, Argentina.
- 2) Radioisótopos. Catálogo y lista de precios - Buenos Aires, Argentina.
- 3) Decreto Nacional Nº 842/58. Reglamento para el uso de radioisótopos y radiaciones ionizantes - CNEA, RI - 1.
- 4) Nómima de las publicaciones realizadas desde 1958 en el campo de las aplicaciones tecnológicas de los radioisótopos - CNEA, En prensa.
- 5) BARO, G.B.; CASTAGNET, A.C. Industrial Radioisotope Economics - IAEA - Vienna 1965; Technical reports series Nº 40.
- 6) Estado actual y perspectivas de la aplicación de radioisótopos en la industria argentina - CNEA-EN 9/16 (abril 1969).
- 7) LIBANATI, N.A.; BARO, G.B. Estudios de postgraduación y capacitación profesional en el ámbito de la Comisión Nacional de Energía Atómica; Peaceful uses of Atomic Energy - A/CONF. 49/P/568 - Volume 12 - IAEA - Vienna 1972.
- 8) LERMAN, J.C.; Agua Subterránea en Bahía Blanca - Ciencia e Investigación t. 24, Buenos Aires, 1968.
- 9) LEVIN, M.; CORTELEZZI, C.R.; FIGGINI, A.J.; Uso de isótopos estables (Deuterio y D-18) Actas V Congreso Geológico Argentino - CONI - Buenos Aires, (1973) Tomo I p. 373-393.
- 10) MOLINARI, J.; FONTES, J.; BARO, G.B.; GOMEZ, H.R. Estudio isotópico de la Cuenca Superior del Río Abaucan (Provincia de Catamarca). En prensa para Ciencia e Investigación, Buenos Aires (1975).
- 11) PAPADOPULOS, C.C. El uso industrial de los radioisótopos en los países en estado de desarrollo. CNEA, Informe Interno. Buenos Aires (1970).



