

LA REVISTA DE LA
**COMISIÓN NACIONAL
DE ENERGÍA ATÓMICA**



AÑO IX – NÚMERO 35/36 – JULIO / DICIEMBRE 2009



**RESTITUCIÓN AMBIENTAL EN EL EX COMPLETO
MINERO-FABRIL MALARGÜE (MENDOZA)**

ISSN 1666-1036

Guía para autores de artículos

Línea Editorial: Los artículos podrán ser originales o haber sido presentados en eventos científicos o en revistas ajenas al área nuclear que permitan su publicación con la sola mención de esa circunstancia, y estar dirigidos a la comprensión de un lector con formación científica o tecnológica, pero no necesariamente en el área temática del mismo.

Envío: Deberán enviarse por correo electrónico a la dirección revista@cnea.gov.ar.

Formato: Serán preparados en Word for Window ® y la página será tamaño especial 196 mm. x 275 mm. Los márgenes serán: izquierdo y derecho 1,5 cm., superior 3 cm. e inferior 2 cm. El tipo de letra será Arial de 10 pt. No deberán sobrepasar las doce páginas.

Título: Constará de no más de diez palabras, debiendo dar indicación concisa del contenido y ser fácilmente identificable para su cita en bibliografías y publicaciones editadas por servicios de información. Podrá ser seguido por un subtítulo separado por dos puntos que contenga información complementaria. Se evitarán las abreviaturas, acrónimos, códigos, símbolos y fórmulas que no sean de uso común.

Datos del (los) autores:

Deben constar los apellidos y nombre(s) propio(s), usándose iniciales sólo en el caso de más de un nombre. Se indicará(n) además la(s) función(es) y/o puesto(s) de trabajo y el(los) organismo(s) a que pertenece(n).

Resúmenes de los artículos:

Cada artículo será precedido por un resumen del contenido, redactado en castellano e inglés, que sea autosuficiente, contenga la información básica y no supere las trescientas palabras, estructurado en no más de dos o tres párrafos. Se utilizarán verbos en voz activa y palabras significativas tomadas del texto que ayuden a la recuperación automática por ordenador. Conviene evitar términos infrecuentes, acrónimos, siglas, abreviaturas o símbolos, y en caso de que se utilicen deben definirse la primera vez que aparezcan en el resumen.

Texto Principal: Los artículos deben seguir un orden lógico y claro, debiéndose indicar la finalidad del trabajo, así como su relación con otros anteriores. Las divisiones y subdivisiones se podrán destacar con títulos apropiados que podrán numerarse. Se utilizarán notaciones normalizadas para cada disciplina, como las establecidas por las normas IRAM u otros organismos de normalización. Las notas a pie de página sólo se incluirán para complementar la información o remitir a las referencias bibliográficas, pero no deben contenerlas.

Las figuras (fotografías, gráficos, diagramas, ilustraciones y mapas) deben numerarse secuencialmente en números arábigos y estar acompañadas por una leyenda explicativa. Las tablas también deben numerarse y tener títulos apropiados. Tanto las figuras como las tablas deben referenciarse en el texto. Su envío se hará en lo posible en formato jpg o bmp.

Los aportes suministrados por otros deben ser claramente reconocidos. Los documentos citados en el texto principal se incluirán en una lista de referencias al final del artículo.

Referato: Serán considerados para su publicación por miembros del Comité Científico y, eventualmente, se consultará con especialistas del área temática correspondiente sobre su relevancia y originalidad.

Derechos de autor: Los trabajos publicados sólo podrán copiarse con el consentimiento del autor e indicación de su procedencia.

Erratas: Las correcciones a que hubiere lugar se publicarán en la edición posterior.

LA REVISTA DE LA COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA



AÑO IX – NÚMERO 35/36 – JULIO/DICIEMBRE 2009

editorial

El Comité Editorial se complace en presentar el número 35/36 de la Revista de la CNEA con el que completa su noveno año de existencia.

Nuevamente en este número se incluye un variado menú de artículos que abarcan tópicos diversos de la amplia gama de actividades de la CNEA.

Finalizada la segunda guerra mundial, todos los países que tenían planes de desarrollo industrial iniciaron su camino en el área nuclear. La Argentina estaba entre esas naciones y, tempranamente, inició un conjunto de acciones que le permitieron ubicarse en una posición más que aceptable en lo que por aquel entonces se llamaba "energía atómica". Había un denominador común; para incursionar en energía atómica debía disponerse de la materia prima: uranio. Como resultado de los primeros estudios emprendidos en el país en busca de manifestaciones uraníferas se descubren varias de ellas, siendo la de mayor importancia la descubierta el 31 de mayo de 1952, el "Yacimiento Huelmo", que dio origen a la que posteriormente se conociera como la "fábrica de uranio" en Malargüe. Un interesante artículo de un profesional que estuviera muy vinculado con esas actividades nos proporciona un valiosa reseña histórica de ese emprendimiento pionero.

Una vez más dedicamos un importante espacio a un tema que resulta crucial para el futuro desarrollo de la generación nucleoelectrónica: la gestión de los residuos radiactivos de alta actividad. En una nueva colaboración con la revista de la CNEA, una distinguida profesional ex integrante de nuestra Institución que se desempeñara específicamente en esa área durante su carrera profesional y que se mantiene permanente actualizada en relación con el tema nos describe una solución que resultara apta para un conjunto determinado de países.

Los tratamientos con radiación ionizante son utilizados como métodos de esterilización, descontaminación microbiológica, desinfección, desinsectación y en la preservación de alimentos. A su vez, la radiación ionizante genera radicales libres en la materia que pueden ser detectados mediante la Espectroscopia de Resonancia de Espín Electrónico (ESR). Un artículo elaborado en colaboración por un grupo de profesionales de la CNEA y la Universidad de Buenos Aires da cuenta de los resultados del análisis mediante ESR de diferentes tipos de papel irradiado provenientes de envoltorios de jeringas, guantes quirúrgicos y apósitos.

Y así mismo en relación con esta importante aplicación de la energía nuclear y, en cierto modo, con el trabajo anterior, un artículo, escrito por investigadores que lo integran, nos permite conocer información sobre las actividades de un relativamente reciente y poco conocido laboratorio: el "Laboratorio de Conservación y Restauración de Colecciones en Papel" de la CNEA, inaugurado en 2005 en el Centro Atómico Ezeiza, dedicado al tratamiento de libros y documentos atacados por microorganismos mediante el uso de rayos gamma.

Nuevamente volvemos a presentar la sección "Aclaraciones y comentarios", en esta oportunidad para dar a conocer una "fe de erratas" en relación con la carta del Ing. Héctor Espejo y de la Dra. Marta Ruch publicada en la Revista de la CNEA - Año IX - Número 33/34 - período enero/junio de 2009, página 38, referida al artículo publicado en la Revista de la CNEA - Año VIII - Número 31/32 - período julio/diciembre de 2008, titulado: "Reflexiones sobre el desarrollo de proveedores para la industria nuclear argentina" del que es autor el Ing. Domingo Quilici.

Como en los números anteriores se incluyen las secciones "CNEA al Día" y "Reseñas bibliográficas".

Se reitera la invitación a todos los integrantes del sector nuclear, con prescindencia del organismo al que pertenezcan o hayan pertenecido, y a quienes estén o hayan estado vinculados a la actividad nuclear en cualquier circunstancia, que tengan trabajos que deseen difundir, a que los hagan llegar este Comité Editorial.

autoridades nacionales

Presidente de la Nación
Doctora Cristina E. Fernández de Kirchner

Ministro de Planificación Federal,
Inversión Pública y Servicios
Arquitecto Julio Miguel De Vido

Secretario de Energía
Ingeniero Daniel Omar Cameron

autoridades institucionales

Presidenta
Licenciada Norma Luisa Boero

Vice-Presidente
Ingeniero Mauricio Bisauta

Gerente General
Doctor Carlos Rubén Calabrese

comité asesor

Doctor Carlos Aráoz
Doctor Jim Cronin
Doctor Juan Martín Maldacena
Doctor Renato Radicella

comité editorial

Ingeniero Pascual Fernando Aguirre
Capitán de Navío (R) Roberto Mario Ornstein

Diseño de tapa Licenciada Stella Spurio
Impresión VCR. Impresores S.A.
ISSN: 1666-1036



Fotos de tapa

Ejecución de trabajos de restitución ambiental en el sitio del ex Complejo Minero Fabril Malargüe en la provincia de Mendoza

sumario

Editorial	3
Gestión final del combustible gastado y residuos de alta actividad: modelo europeo para un repositorio regional compartido	5
Crónica sobre la fábrica de uranio en Malargüe	16
Estudio mediante ESR de papel irradiado de envoltorios de materiales biomédicos	25
Laboratorio de Conservación y Restauración de Colecciones en Papel de la CNEA: tratamiento de libros y documentos atacados por microorganismos usando rayos gamma	31
Aclaraciones y comentarios	36
CNEA al día, noticias institucionales	37
Reseñas bibliográficas	42

Gestión final del combustible gastado y residuos de alta actividad: modelo europeo para un repositorio regional compartido

MARTA H. DE PAHISSA – Ex Jefe del Departamento de Tecnología de Procesos – Programa de Gestión de Residuos Radiactivos - Comisión Nacional de Energía Atómica

La disposición geológica, tras décadas de investigación y desarrollo, se ha convertido en la opción indiscutida para la disposición definitiva del combustible gastado, los residuos de alta actividad provenientes del reprocesamiento y los residuos de baja y media actividad de periodo largo, todos ellos adecuadamente acondicionados, garantizando la seguridad necesaria y suficiente durante el periodo que deben permanecer confinados.

El crecimiento de los programas nucleares y la expansión de la tecnología nuclear a nuevos países aumentarán la preocupación respecto a la posibilidad de proliferación y a la gestión de los residuos. La tarea crucial es asegurar el cumplimiento estricto de las salvaguardias y que todos los países involucrados en la energía nuclear, hoy y en el futuro, posean una estrategia de disposición final creíble y aceptada por la sociedad.

La cooperación multinacional sobre aspectos fundamentales del ciclo de combustible, particularmente la disposición geológica, es requerida por diversos países con programas nucleares relativamente pequeños o con pequeñas cantidades de residuos radiactivos, buscando la posibilidad de intervenir en un proyecto para un repositorio geológico profundo compartido.

Se describe en este artículo el proyecto SAPIERR de la Unión Europea como ejemplo de cooperación multinacional.

Geological disposal is an essential element and the only available approach to the management strategy for spent nuclear fuel and high level radioactive waste from reprocessing and also for other long-lived waste from nuclear technology applications. It is technically feasible and offers the required long term safety.

The growth of existing nuclear programmes and the expansion of nuclear technology to new countries will have effects on the fuel cycle because of the increased concern on proliferation and waste management. The crucial task is to ensure that all countries that use nuclear energy now or will do it in the future, have defined and agreed safety and security standards for all facilities and a credible waste disposal strategy, accepted by the community, when this become necessary.

Multinational cooperation on essential aspects of fuel cycle, particularly the geological disposal, is required for several countries with relatively small nuclear energy programmes or small quantities of radioactive waste. For these countries, that can be in different stages of development, the possibility to share a deep geological repository could be convenient.

The European Union SAPIERR project is described in this paper as an example of a regional multinational cooperation.

Generalidades

Se ha pronosticado en algunas ocasiones durante las décadas pasadas, un renacimiento de la energía nuclear sin ningún resultado concreto. Las razones principales fueron la preocupación pública acerca de la seguridad de los reactores (principalmente después del accidente de Chernobyl), dudas respecto a la economía y las ideas no suficientemente claras sobre el destino de los residuos radiactivos.

En la actualidad surge sin embargo el interés global de expandir o iniciar programas nucleares. Los argumentos son poderosos, ya sea por el fantasma del agotamiento cercano de los combustibles fósiles, ya sea para evitar la escasez de energía, ya sea para reducir los costos o, fundamentalmente, para mitigar el cambio climático que está afectando seriamente al planeta. Todo está encaminado hacia la idea que antes de mediados de siglo la componente nuclear energética en el mundo supere el 30%.

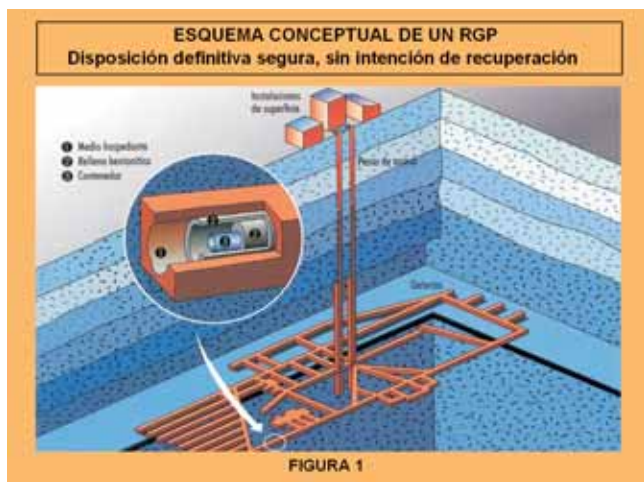
Pero lo que no acompaña a este resurgimiento con el mismo ímpetu, es la planificación y la concreción de la

disposición definitiva de los combustibles gastados (ECG) producidos en la generación nucleoelectrónica sin reprocesar y de los residuos de alta actividad (RAA) originados cuando los ECG son reprocesados. La seguridad y la economía fueron resueltas a satisfacción de las partes interesadas, en cambio la disposición geológica profunda para los RAA, ECG y residuos de baja y media actividad (RBMA) de período largo, podría convertirse en un obstáculo para la expansión de los programas de energía nuclear en el mundo.

La disposición geológica está ampliamente consensuada y aceptada como la solución más correcta y segura. Actualmente existen tecnologías ensayadas exhaustivamente para disponer estos residuos en un repositorio geológico profundo (RGP), con las garantías necesarias de seguridad durante el período que deben permanecer confinados, pero existen numerosos factores no cuantificables, tales como los de índole social y políticos, que influyen en la toma de decisiones.

La disposición geológica se lleva a cabo en instalaciones excavadas a varios centenares de metros (300 a 1.000 m), en formaciones estables con alto poder de

confinamiento (Fig.1). Un sistema de disposición final, diseñado y construido en una formación geológica favorable, dotado de barreras múltiples, redundantes e independientes, constituye un aislamiento confiable que proporciona mecanismos diversos de confinamiento, tanto físicos como químicos. El aspecto más importante es la demostración de la seguridad radiológica en el largo plazo del RGP.



La evaluación de seguridad se basa en sólidos conocimientos científicos sobre el comportamiento de los diversos componentes y sus interacciones, el transporte de los radionucleídos liberados a través de la formación geológica, etc. Esta evaluación no es un ejercicio puramente teórico. Los modelos se basan en la experimentación en el laboratorio y en el campo. El conocimiento logrado es chequeado, observando cómo los sistemas naturales con propiedades similares se comportan en los largos períodos considerados. En la comunidad científica hay consenso sobre la factibilidad de la disposición segura, si el emplazamiento y el sistema de ingeniería están bien elegidos. Desafortunadamente, este consenso no existe entre una parte de los miembros del público.

Se presentan en la Fig.2 las fechas estimadas para la entrada en operación de los repositorios geológicos en el mundo. Actualmente todavía no están operando estos repositorios, con excepción del WIPP (*Waste Isolation Pilot Plant*) en Carlsbad, Nueva México, Estados Unidos, para residuos de período largo procedentes del ensayo, experimentación y producción de armamento bélico, que está operando exitosamente desde hace más de 10 años.

Como se puede observar, los programas más avanzados son los de Estados Unidos en Yucca Mountain (momentáneamente demorado) y los de Finlandia y Suecia en el noreste de Europa.

Ahora bien, se está planeando una expansión del número de centrales nucleares en China, Rusia, India, Japón, Corea, Finlandia, Francia, Reino Unido, Estados Unidos, Bulgaria, Eslovenia, Suiza, Rumania, Brasil, México, Argentina y Sud África. En otros países, como

Vietnam, Indonesia, Polonia, los Estados Bálticos, Egipto, los Estados Árabes y Australia, se está debatiendo el inicio de programas nucleares.

En Suecia, Alemania y Bélgica se está discutiendo la posibilidad de reiniciar las actividades nucleares.

Por lo tanto, la tarea crucial hoy es que si se asume la necesidad de un resurgimiento nuclear para satisfacer la creciente demanda de energía global, se debe asegurar responsablemente la disposición final de los residuos (no se pueden dejar cargas a las generaciones futuras por los beneficios de esta generación). Esta tarea no fue exitosamente lograda en los inicios de la energía nuclear, y el resultado fue que los opositores tuvieron un argumento poderoso para frenar o interrumpir los desarrollos nucleares. Se corre el peligro que lo mismo suceda en el futuro.



Para hacer creíble una estrategia de disposición final se requieren, principalmente, los conocimientos científicos adecuados, la disponibilidad de las tecnologías necesarias, los recursos humanos, una estrategia de emplazamiento, un financiamiento apropiado y una comunicación honesta, clara y transparente a la sociedad.

Hoy existen diferentes soluciones para todos los países. La estrategia adoptada para la construcción y operación de un RGP puede ser nacional, multinacional o internacional. En Europa, por ejemplo, ha surgido un proyecto interesante sobre repositorios regionales compartidos, cuyo modelo se podría aplicar a diferentes regiones del mundo.

Sin embargo, el esfuerzo destinado al planeamiento e implementación de las estrategias de la GRR, especialmente en la disposición final del ECG, puede **aumentar o disminuir** en los años venideros.

Aumentarán los recursos dedicados a la GRR si:

- una opción viable de disposición final es un prerrequisito para la construcción de nuevas plantas nucleares de potencia, y**
- dada la variedad de diseños de reactores que se están incorporando al mercado, se pone especial

atención sobre el tema de los residuos que generan, dado que esto tiene que influir en la selección del reactor

Por otro lado, **disminuirán** los recursos destinados a la gestión de los residuos si desde el punto de vista técnico, las tareas urgentes para expandir rápidamente la energía nuclear no tienen en cuenta los residuos y están relacionadas a las capacidades de ingeniería, a asegurar suministros de grandes componentes, a acelerar los procesos de licenciamiento, a la formación de personal, etc.

A su vez, es concebible que indebidamente pueda juzgarse menos urgente el tema de los residuos radiactivos comparados con la prioridad de aumentar los suministros de energía o de reducir las emisiones de CO₂.

También puede afectar el esfuerzo dedicado específicamente a la disposición final de los combustibles gastados (CG), el interés renovado en el reciclado. Si la energía nuclear va a ser sostenible al menos por cientos de años, entonces es imperativo recuperar los materiales útiles del CG. Esto tendería a favorecer las instalaciones de almacenamiento temporal a largo plazo por sobre la disposición definitiva.

Además, el crecimiento de los programas nucleares y la expansión de la tecnología nuclear a nuevos países tendrán un efecto relacionado con el ciclo del combustible nuclear (CCN): en la parte anterior del ciclo, el enriquecimiento de uranio y en la parte posterior del ciclo, el reprocesamiento, causan una fuerte preocupación respecto a la posibilidad de proliferación de armas nucleares. También pueden afectar los esfuerzos de planificación de la disposición definitiva de los ECG y los RAA, como lo ha señalado el Organismo Internacional de Energía Atómica en diversas publicaciones sobre el tema. Será por lo tanto necesario aunar esfuerzos internacionales para evitar la diversificación de materiales y de tecnologías nucleares y encarar muy seriamente la disposición definitiva de los residuos pertinentes.

Repositorios compartidos

En los últimos años ha habido un interés creciente en los pequeños países de Europa en el concepto de instalaciones de disposición final compartidas, multinacionales o regionales. Como se puede observar en la Fig. 3 (mapa de Estados Unidos superpuesto al de Europa) es inconcebible que los países con pequeños programas nucleares puedan construir y operar sus propios repositorios. Se ha reconocido además, en forma creciente, que los repositorios regionales o multinacionales pueden mejorar la seguridad radiológica, la seguridad física y la economía de la disposición final de los residuos radiactivos. La necesidad de una vigilancia supranacional también señala la necesidad de soluciones compartidas.



La siguiente es la terminología adoptada por el Organismo Internacional de Energía Atómica para las diversas posibilidades:

Repositorio multinacional: Instalación en la cual se disponen residuos de más de un país. El país donde se ubica el repositorio (**país hospedante**) acepta residuos de uno o más países (**países participantes**). Otros países (**terceros países**) pueden también involucrarse en un sistema de repositorio multinacional, por ejemplo suministrando servicios, acordando el tránsito a través de sus territorios, etc.

Repositorio regional: se aplica a un repositorio multinacional en el cual el país hospedante y los países participantes están ubicados en la misma región del mundo.

Repositorio internacional: implica que la disposición de residuos está organizada bajo la autoridad de un cuerpo supranacional tal como Naciones Unidas.

Antecedentes

Como hemos visto, la disposición geológica es un componente esencial en la gestión a largo plazo de los ECG, RAA y otros residuos de período largo. Tomaremos a Europa como modelo, pues es donde se ha generado la siguiente estrategia. En la Unión Europea, los veinticinco Estados Miembros generan residuos radiactivos. Por supuesto hay entre ellos grandes diferencias en el tipo y cantidad de los mismos, pero todos necesitan una solución a largo plazo. La implementación de un RGP puede ser sin embargo difícil o imposible para países con pequeños volúmenes de residuos, debido a los altos costos involucrados.

En el pasado y actualmente hay ejemplos de países que se están preparando para aceptar, como prestaciones,

residuos radiactivos de otros, si la solución es ambientalmente favorable y si los acuerdos son equitativos para todas las partes involucradas. Aunque el Parlamento y la Comisión Europea han apoyado el concepto de repositorios compartidos, las restricciones políticas y sociales nacionales han impedido por ahora la realización de tales proyectos.

Si las instalaciones de almacenamiento temporal y de disposición geológica para residuos radiactivos son compartidas, tiene más oportunidad de éxito un proceso largo en etapas como se ha demostrado con la mayor parte de proyectos exitosos nacionales en Europa. Tales procesos no entrarían en conflicto con ningún plan nacional ni con compromisos anteriores de los países participantes en un repositorio compartido. De esta manera, pequeños programas nucleares tendrán una estrategia alternativa (llamada “*dual track*” o de doble vía) que puede, si se desea, correr en paralelo con actividades nacionales. Este es el caso de Bélgica, República Checa, Hungría, Letonia, Lituania, Holanda, Eslovaquia, Eslovenia y Suiza. Los países con grandes programas nacionales pueden hacer que sus expertos estén disponibles para iniciativas de repositorios regionales.

En cuanto a la importación de residuos, Bélgica, Alemania, Eslovaquia, Eslovenia, España, Suecia y Suiza lo permiten bajo determinadas condiciones, mientras que Holanda y el Reino Unido no tienen restricciones. Respecto a la exportación, prácticamente todos los países estarían dispuestos (algunos bajo condiciones) excepto Finlandia.

Como ejemplos de transferencia de residuos radiactivos entre países se pueden citar Francia y el Reino Unido (reprocesadores comerciales) con diversos países, tales como Alemania, Italia, Países Bajos, Japón, Suecia, Suiza y Bélgica; asimismo la ex Unión Soviética entregaba combustible a sus países satélites y aceptaba el retorno de los combustibles quemados para su reprocesamiento y disposición final y, desde la disolución de la misma, Rusia está tratando de ofrecer sus servicios sobre una base comercial; la recuperación de combustibles gastados de reactores de investigación suministrados por Estados Unidos a terceros países es otro ejemplo.

En cuanto a estudios de acuerdos y propuestas multinacionales en el tema residuos, han habido de diversos tipos desde décadas pasadas, de los cuales se pueden citar entre las principales las siguientes:

Pangea (1997-2002): Se identificaron varias regiones en el mundo que poseen medios geológicos y geográficos favorables, especialmente en Australia, África Meridional, Argentina y China. Se puso el énfasis en Australia y se desarrolló una estrategia comercial para implementar un repositorio internacional. Recibió un soporte sólido a altos niveles en los círculos científicos y empresariales del mundo y, sin embargo, debido en parte a la falta de información sobre el proyecto, la oposición política en Australia hizo que fuera abandonado por sus patrocinadores.

Iniciativa Ljubljana: Durante la Conferencia de la Convención Conjunta en el 2003 en el Organismo Internacional de Energía Atómica, varios países de Europa Central discutieron soluciones regionales para la disposición geológica de los RAA (Austria, Bulgaria, Croacia, la República Checa, Hungría, Eslovaquia y Eslovenia) las cuales se informarían a sus respectivos gobiernos. No hubieron respuestas negativas y se propuso que los reguladores de cada uno de los países interesados se reunieran anualmente tratando de avanzar con iniciativas específicas.

Propuesta de Rusia (2001-presente): El Ministerio de Energía Atómica (Minatom) estuvo involucrado en varias propuestas. Rusia es el único país donde existe apoyo a nivel gubernamental. La ubicación decidida para el almacenamiento temporal de los combustibles gastados y también para un repositorio internacional fue Zheleznogorsk. La actitud de la población local es favorable pero la reacción pública es negativa. Se propusieron controles internacionales y que los países interesados incentivaran con aportes para usar tales facilidades. El Organismo Internacional de Energía Atómica tiende a incrementar su apoyo al proyecto.

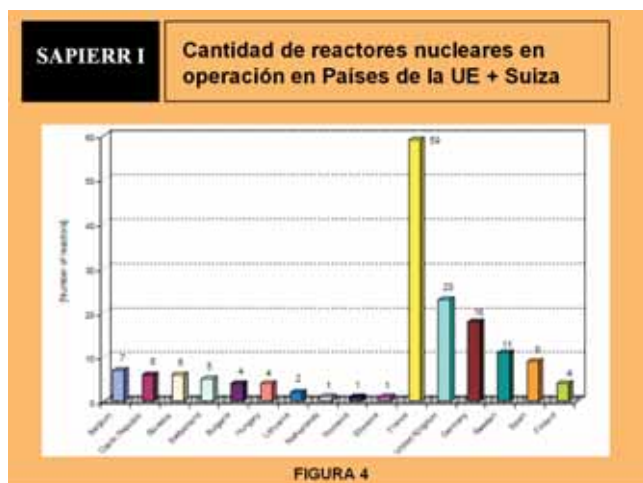
En los últimos años se ha destacado en Europa el grupo de trabajo denominado Arius (*Association for Regional and International Underground Storage*) y sus proyectos SAPIERR I y II, que a continuación se detallan.

Arius (2002-presente): es una asociación sin fines de lucro con sede en Suiza. Está constituida por un pequeño número de organizaciones, actualmente de ocho países, cuya misión es promover conceptos para soluciones internacionales y regionales socialmente aceptables, para el almacenamiento temporal y disposición definitiva de residuos radiactivos de período largo en condiciones medioambientales seguras, con garantías de seguridad física y de forma económica. El primer proyecto fue SAPIERR I (*Support Action on a Pilot Initiative for European Regional Repositories*).

SAPIERR I. (2003-2005)

Su objetivo fue estudiar la factibilidad de instalaciones de almacenamiento y de disposición definitiva compartidas regionales, para uso de los países europeos.

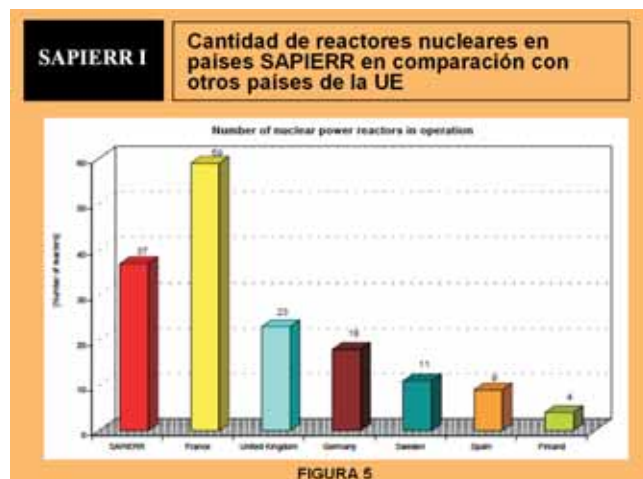
El coordinador oficial de SAPIERR I fue DECOM de Eslovaquia. Veintiuna organizaciones de catorce países (Austria, Bélgica, Bulgaria, Croacia, la República Checa, Hungría). Italia, Letonia, Lituania, los Países Bajos, Rumania, Eslovaquia, Eslovenia y Suiza) tomaron parte en el proyecto SAPIERR I, el cual involucró aspectos legales y regulatorios, elaboración de inventarios, cronogramas de implementación, estimación de costos basados sobre datos de programas nacionales y exploración de escenarios potenciales. Como se puede observar en las Figs. 4 y 5, la comparación del tamaño de la industria nuclear en los países SAPIERR respecto a los otros países de la Unión Europea provee una justificación obvia sobre el concepto



Los costos de la disposición geológica son altos (800.000 a 1.200.000 Euros/ton de combustible gastado) y solo parcialmente dependientes de la cantidad de residuos a ser dispuestos. Debido a esto, la disposición geológica es desproporcionadamente cara, algunas veces imposible, para países con pequeños programas nucleares o con actividades nucleares no vinculadas a la producción de energía. La Fig.6 presenta los beneficios económicos de repositorios compartidos multinacionales: Costos de un RGP en función de la cantidad de combustible gastado.

Un repositorio compartido no solo reúne recursos técnicos y financieros, sino también provee una elección de formaciones geológicas adecuadas y garantiza supervisión internacional. Para evaluar diseños potenciales, cronogramas y costos compartidos para los RGP regionales se ha hecho una simplificación para un estudio piloto en el cual se estimó el inventario combinado de ECG, RAA y RMA de período largo de todos los países SAPIERR.

Se señaló que el programa requerirá una organización multinacional establecida sobre la base de acuerdos intergubernamentales. El acuerdo no estará solamente dentro de la competencia de las organizaciones de GRR y compañías privadas. El apoyo político y el respaldo gubernamental serán necesarios. Este fue el principal objetivo para continuar el estudio.



SAPIERR II (2006- 2008) (Strategic Action Plan for Implementation of European Regional Repositories)

Su objetivo era desarrollar opciones para estructuras organizacionales y planes para proyectos que conduzcan al establecimiento de EDO (*European Development Organization*) también llamado ERDO (*European Repository Development Organization*) para repositorios europeos. Se llevaron a cabo estudios específicos sobre estructuras organizacionales, rentabilidades legales, economía, seguridad radiológica, seguridad física y aceptabilidad pública y política.

Los participantes formales en el proyecto SAPIERR II son ARAO de Eslovenia, Arius de Suiza, COVRA de Holanda, DECOM de Eslovaquia, ENEA de Italia, ENVIROS de España, RATA de Lituania, y SAM del Reino Unido. Organizaciones de otros países europeos han sido invitadas para participar en un grupo de trabajo asociado. A través de sus participantes y las organizaciones invitadas, el proyecto tiene acceso a datos nacionales y también a organizaciones de expertos europeos. El oficial coordinador de SAPIERR II es COVRA con la gestión técnica compartida con Arius.



Las tareas propuestas en los proyectos son las siguientes:

- 1- Un estudio de gestión sobre opciones legales y comerciales para establecer una Organización de Desarrollo Europeo (EDO).
- 2- Un estudio sobre rentabilidad legal de transferencia internacional de residuos dentro de Europa.
- 3- Un estudio sobre implicaciones económicas potenciales de instalaciones regionales de almacenamiento y repositorios europeos. Esto involucra analizar los estudios de costos existentes, para el financiamiento y otras medidas compensatorias para un país hospedante, proponiendo posibles mecanismos financieros que equitativamente compartan los costos de todo el trabajo desarrollado entre las partes interesadas.
- 4- Un examen de los impactos de seguridad

radiológica y seguridad física en la implementación de uno o dos almacenamientos o repositorios regionales; las consideraciones cubrirían seguridad operacional, seguridad a largo plazo y también transporte.

- 5- Una revisión de las actitudes públicas y políticas en Europa respecto del concepto de los repositorios compartidos regionales y nacionales y la participación pública en las decisiones nucleares, y cómo las actitudes públicas pueden estar fuertemente afectadas por beneficios locales y nacionales.
- 6- Desarrollo de una estrategia y un plan de proyecto para el trabajo de EDO.
- 7- Las primeras tareas de EDO serían acordar una estrategia progresiva por etapas que llevaría a la definición de los países hospedantes potenciales, los emplazamientos posibles del repositorio y la definición de un programa de ciencia y tecnología que puede ser llevado adelante por EDO después de su iniciación. Más tarde, decidir si convertir una organización de desarrollo en una organización de implementación multinacional para la gestión compartida de residuos (ERO).
- 8- Gestión y difusión de la información. Es esencial el contacto y consulta con los cuerpos nacionales apropiados y con el *staff* de la Comunidad Europea, para reunir los datos políticos y técnicos para el proyecto y antes de juzgar la factibilidad de cualquier propuesta para la futura colaboración. Un componente importante finalmente es, bajo los auspicios de la CE, presentar opciones a los países interesados y organizaciones, para identificar participantes potenciales, alcanzar consenso sobre un camino a seguir y acordar las primeras etapas en su implementación.

Una de las primeras tareas en el proyecto SAPIERR fue establecer los Grupos Interesados (SIG). Su objeto es fortalecer lazos con organizaciones de otros países interesados en seguir el progreso del proyecto, el cual contiene sugerencias específicas para trabajo futuro sobre las instalaciones de almacenamiento y/o de disposición final multinacionales.

Un punto clave en el proyecto SAPIERR II es la estrategia desarrollada para el emplazamiento del repositorio multinacional.

Estrategia modelo para emplazamiento

Se ha desarrollado una estrategia modelo para emplazar un repositorio multinacional, basada en programas europeos de emplazamientos nacionales consensuados. La estrategia podría adaptarse rápidamente a un grupo de países en el mundo interesados en compartir instalaciones de gestión de residuos. Asimismo, se ha adoptado un proceso de etapas múltiples gradual, sobre la base de consultas y decisiones, para alcanzar la solución de disposición geológica. Ejemplos de esta estrategia son la

propuesta de Canadá (NWMO) para ECG y la del Reino Unido (CoRWM). En otros países, sin embargo, la estrategia de gestión a largo plazo se acordó sin previa consulta de opciones.

Un desafío es garantizar que todas las partes interesadas (*"stakeholders"*) estén involucradas, especialmente los gobiernos nacionales y las comunidades locales. El consenso fue adoptar candidaturas voluntarias, incorporando a las partes interesadas en todas las etapas.(Fig.7).

Los participantes centrales son los implementadores del repositorio (EDO/ERO) y la comunidad hospedante.

1. Un grupo de países se reúne para explorar la posibilidad de compartir un RGP. Habiendo establecido el modo en el cual ellos trabajarán juntos, darán publicidad al proyecto.
2. Se establece una serie común de criterios de exclusión para remover áreas claramente inadecuadas dentro de sus países.
3. Las comunidades de áreas no excluidas en todos los países son invitadas a expresar su interés (sobre una base de no compromiso) en la posibilidad de ser hospedantes del repositorio. Los gobiernos nacionales acordarían no interferir en el camino de este proceso sino en estimularlo activamente.
4. Los gobiernos nacionales participantes tendrían la libertad de convocar comunidades voluntarias específicas que ellos consideren que pueden tener interés en el proyecto o tener características particularmente favorables como hospedantes de un repositorio.
5. Hasta un punto pre-definido de compromiso (probablemente después de varios años de investigaciones del emplazamiento), ambos, comunidades interesadas y gobiernos nacionales estarían libres de retirarse del proceso.

Algunos factores adicionales necesitan ser considerados, por ejemplo, los países participantes pueden entrar en el proyecto en diferentes etapas. Con mayor conocimiento del proyecto, se puede hacer una estimación más realista de los costos de implementación del repositorio y de los beneficios e impactos al país hospedante y a la comunidad. La magnitud de estos items serán factores claves para cualquier comunidad o país para decidir si continúa con la etapa siguiente de emplazamiento como hospedante potencial. Los países participantes que ya han desarrollado programas nacionales de emplazamiento pueden incorporarse a este modelo, con la ventaja de que estarán rápidamente capacitados, pero ellos también tendrán que decidir cómo tratar con sitios y comunidades que ya han sido considerados como posibles repositorios nacionales.



En la Fig.8 se presentan los países con programas compartidos, con programas nacionales y aquellos que no tienen una política oficial.

Organización de Desarrollo Europeo (EDO)

La EDO es una organización sin fines de lucro. Su objetivo es establecer los sistemas, estructuras y acuerdos y llevar a cabo todo el trabajo necesario para definir los países hospedantes potenciales y eventualmente emplazamientos para almacenamiento temporal o repositorios geológicos compartidos y, además, definir un programa paralelo de ciencia y tecnología. Este trabajo continuaría a través de la investigación de sitios potenciales y hasta el momento de la aplicación de la licencia para comenzar la construcción del repositorio. En este punto, el EDO puede decidir transformarse en ERO u organizarlo separadamente.

Se asumió que EDO sería establecido en un país neutral que no influyera en el emplazamiento final.



Organización del Repositorio Europeo (ERO)

El ERO es una organización de implementación para la disposición de los residuos. Será responsable de todas las actividades subsiguientes en el país hospedante que ha acordado disponer los residuos de otros países europeos. El ERO será elegido por los miembros del EDO, asumiendo que ellos lleguen a la conclusión de que la organización

EDO necesita cambiar. El ERO podría ser una estructura sin fines de lucro o una organización comercial.

Cronograma del emplazamiento

Los períodos de tiempo para los programas de emplazamiento comprenden, hasta el punto del comienzo de la construcción y operación del repositorio, alrededor de 15-25 años. Esto es consistente con la experiencia de programas nacionales como los de Finlandia y Suecia y con los planes para futuros trabajos de emplazamiento como los de Canadá y Suiza. Para desarrollar la estrategia de emplazamiento es conveniente establecer un cronograma (Fig.9).

Aquí, como en todos los programas nacionales, el período real requerido será afectado por factores cuyos impactos son difíciles de evaluar. Sin embargo, después de 35 años de trabajos sobre programas nacionales de emplazamiento, las lecciones aprendidas permitirían evitar obstáculos obvios, anticipar retrasos y proceder relativamente rápido. Un cronograma optimista proyecta alrededor de 5 años como mínimo, para establecer una infraestructura organizacional, los acuerdos necesarios y llevar a cabo las identificaciones sobre el sitio inicial; otros 5 años para investigaciones detalladas del lugar en superficie, y otros 5 años para los trabajos de acceso, llevar a cabo investigaciones en profundidad, construir un laboratorio subterráneo (Fig.10) y solicitar el licenciamiento para comenzar las operaciones. Estimando retrasos y revisiones de la licencia, estos optimísticos 15 años podrían llegar a ser 20 a 25 años.

En el gráfico se representan los primeros 20 años hacia el comienzo de la construcción del repositorio.

Una incertidumbre sobre la estrategia propuesta es el tiempo que puede requerirse para consultas y toma de decisión. La experiencia ha demostrado que aún en programas nacionales, este tiempo es difícil de predecir, y que estos procesos introducen dudas sobre los resultados de algunos puntos de decisión importantes. **Una decisión debe ser la de mantener la credibilidad global de la expansión de la energía nuclear, garantizando que una solución de disposición definitiva es actualmente alcanzable por todos los países, independientemente del tamaño de sus programas nucleares.** Moverse hacia una solución mientras hay la voluntad y los medios para alcanzarla, aumentarán la credibilidad.



Evolución del Proyecto

A principios del 2008, los líderes del proyecto junto con el presidente de Arius, Hans Codee de COVRA, comenzaron las discusiones bilaterales durante una reunión en Bruselas con el Comisionado de la Unión Europea para la Energía y el Transporte, Andris Piebalgs. Este expresó su apoyo para las iniciativas regionales en la disposición final de los residuos, que él considera inevitable y necesaria para asegurar la expansión de la energía nuclear. En paralelo con las discusiones bilaterales, también se comprometió a contactar ministros relacionados con el tema en los Estados Miembros relevantes.

Durante el año 2009, la mayor parte de los países confirmaron en forma definitiva sus participaciones en el EDO y han acordado concretamente sus contribuciones financieras. Unos pocos países, debido a la crisis global financiera, no pueden afrontar ahora inversiones, pero fuentes externas de financiamiento tales como Sloan y Hewlett, que son dos fundaciones filantrópicas sin fines de lucro, les otorgaron donaciones en apoyo a EDO. Por el momento, los participantes de SAPIERR están explorando otras vías potenciales que puedan reducir las cargas financieras en los países pequeños, mientras se mantiene el principio básico de que todos los Miembros de EDO contribuyan equitativamente en los costos involucrados. Se llevaron a cabo reuniones en la República Checa invitados por RWRA, su Agencia de Gestión de Residuos, y en los Países Bajos.

Además, debido al renacimiento nuclear en el mundo, Arius estaría en contacto con pequeños y nuevos programas nucleares en Europa y también fuera de ella, en otras partes del mundo que pueden beneficiarse a través de la coordinación de sus estrategias de disposición definitiva.

Se planeó completar las deliberaciones a mediados del 2010. En esta etapa los países participantes decidirán si ir adelante y establecer el ERO. La obtención de un consenso sobre cómo formular la estrategia del ERO claramente, requerirá discusiones bilaterales con los Estados Miembros interesados, así como con la Comunidad Europea y otros. Como las consideraciones sobre soluciones regionales son temas de la estrategia nacional, un factor importante ha sido que se involucren tomadores de decisión a nivel gubernamental. La primera ronda de discusiones se desarrolló con once países de la Unión Europea expresando su interés en unirse al Grupo de Trabajo de ERO, lo cual significa una considerable confianza en el proyecto.

Beneficios

Como parte del proyecto SAPIERR II, se realizó un estudio de cómo se pueden beneficiar las comunidades que albergasen un repositorio regional. Tales beneficios comprenden una combinación de contribuciones financieras directas y otras medidas sociales e institucionales, diseñadas para asistir a la comunidad, invitarla a tomar parte y asegurar su bienestar.

Los beneficios han sido estudiados para responder a

un número de imperativos éticos:

- Ninguna nación o comunidad estaría obligada a aceptar la instalación contra su voluntad; las comunidades que albergan facilidades para proveer servicios a otros tienen derecho a recibir una compensación adecuada por sus servicios
- La compensación es por realizar un servicio a la comunidad y no un premio por eventuales riesgos.
- Los beneficios financieros y otros beneficios potenciales no serían usados como influencia para alentar la participación de comunidades pobres.

En varios países de Europa se han desarrollado estrategias nacionales exitosas las cuales consideran tipos, nivel y distribución de beneficios, y también como involucrar a poblaciones locales en las negociaciones.

Como parte del trabajo en SAPIERR II, se llevó a cabo un análisis SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats*) Fortalezas, Debilidades, Oportunidades y Amenazas, para conocer los pro y los contra de los diferentes beneficios que han sido ofrecidos internacionalmente, lo cual permite conocer las características que necesitarán ser consideradas, si se comienzan a encontrar comunidades proclives a hospedar una instalación multinacional. También permite hacer estimaciones de cómo los beneficios estarían estructurados.



FIGURA 10

Tipos de Beneficios

- **Incentivos en Efectivo**
 - Sumas discrecionales
 - Pagos anuales
 - Apoyo a expertos independientes
 - Pago de impuestos a la comunidad
 - Fondos para créditos
 - Beneficios compartidos
- **Medidas de beneficio social**
 - Empleos.
 - Mejoras infraestructurales
 - Protección al valor de la propiedad
 - Proyectos de desarrollos integrales

- Recolocación del desarrollador
- Descuentos y servicios
- **Medidas sobre poder de decisión de la comunidad**
 - Desarrollo de la capacitación de la comunidad
 - Involucrar a la comunidad en la toma de decisión
 - Estimular la participación en los proyectos
 - Apoyo logístico

Los programas nacionales de disposición de residuos radiactivos han sido también muy abiertos y muy creativos en otros países en sus propuestas para beneficiar a la comunidad. Algunos, como **Japón**, han definido importantes beneficios en los documentos a nivel del gobierno; otros, como **Bélgica, Eslovenia, Suiza y Canadá**, han confiado más en negociaciones directas entre la organización implementadora y las comunidades hospedantes potenciales.

De las diferentes maneras que EDO puede asegurar los fondos para el proyecto, tal vez la más transparente sería recabar un canon sobre el precio de la generación nuclear futura a las centrales nucleares que producen y producirán residuos radiactivos. Estos fondos podrían combinarse con los fondos (posiblemente ya existentes en los programas nacionales) derivados de la producción pasada de electricidad nuclear.

Estimación de Costos (basado en la co-disposición de combustible gastado y residuos de media actividad de período largo, en una formación granítica con su propia planta de encapsulamiento)

De acuerdo con el proyecto SAPIERR II se han estimado los costos de un modo simplista.

Los costos de la disposición geológica (encapsulamiento y disposición) para el **“gran” inventario** SAPIERR I son alrededor de **10 BEUR**. (BEUR: billones de euros). Considerando solo 2 o 3 países, **“pequeño” inventario**, los costos serían de **4 BEUR**. El ahorro de un **“pequeño” inventario** es de aproximadamente **3 BEUR**. Cada país involucrado **ahorraría de 500-1000 MEUR**. (MEUR: millones de euros). El ahorro de un **“gran” inventario**, se estima en **15 BEUR**.

En el caso de un **“gran” inventario**, el costo aumenta:

- (a) hasta un **20%** que resulta de tener dos repositorios con el inventario total dividido en partes iguales. Los costos de encapsulamiento son predominantemente operacionales (*staff* y materiales) más que los costos de inversión;
- (b) hasta alrededor de **5-10%** con dos repositorios divididos en corrientes separadas, combustible gastado/residuos de alta actividad por un lado y residuos de media actividad de período largo por otro lado.

Con respecto **al transporte mínimo** (asumiendo

que todos los residuos son trasladados de una vez) se estimó entre **6.5 al 11% de los costos de disposición**, dependiendo del tamaño del inventario. Para uno **“grande”**, el costo es de alrededor de **1 BEUR** y de **260 MEUR para un “pequeño” inventario**. Estos costos pueden ser significativamente más altos dependiendo del número de embarques necesarios, que a su vez dependen del número de plantas de encapsulamiento, almacenamiento temporal y repositorios. Estos costos son la más gran incertidumbre en este análisis.

Respecto a los costos de almacenamiento temporal, los para combustible gastado dominan los costos totales para el inventario SAPIERR. Los costos del almacenamiento húmedo son significativamente mayores que los costos de almacenamiento en seco. El costo global de almacenamiento temporal en seco de los combustibles gastados del **“gran” inventario** por 40 años sería alrededor de **1.7 BEUR**.

Respecto a los paquetes de beneficios para las comunidades hospedantes, el costo estaría aproximadamente sobre el costo del programa global, y serían un pequeño porcentaje sobre la vida del proyecto (**con 1% sería 100 MEUR**).

El gobierno nacional del país hospedante puede esperar recibir un ingreso regular (fijo) de los pagos de impuestos y derechos y otros beneficios derivados de la generación de empleos e infraestructura aportada. Si el ERO opera bajo una base comercial se estimó que para el **“gran” inventario**, generaría alrededor de 10-15 BEUR para el país hospedante y países participantes, con una parte significativa transferida al gobierno nacional.

Seguridad

Finalmente, los repositorios multinacionales compartidos aportan en términos de seguridad física soluciones tales como:

- Menor cantidad de instalaciones de almacenamiento temporal. Se recomienda que sean preferentemente en profundidad (algunas decenas de metros) y centralizadas. Lo mismo para las plantas de encapsulamiento.
- Menor cantidad de instalaciones de disposición definitiva (repositorios geológicos profundos).
- Ingeniería optimizada y medidas de seguridad física institucionales. Se fortalecerá la armonización de los estándares para los quince Estados Miembros nucleares con distintas estrategias regulatorias.
- Vigilancia internacional a alto nivel a través del Organismo Internacional de Energía Atómica y de los países participantes.
- Mejores arreglos financieros.

Conclusiones

- La urgente demanda global de energía y la necesidad imperiosa de reducir la emisión de gases de efecto invernadero, están llevando a un

resurgimiento mundial de la generación nucleoelectrónica.

- Indudablemente, por cuestiones de responsabilidad, de ética y técnicas, la industria nuclear ya no puede soslayar más la disposición definitiva de los residuos producidos en la generación nucleoelectrónica.
- Existe consenso entre la comunidad científica y tecnológica que la disposición geológica profunda proporciona una solución definitiva para la gestión del combustible gastado y de los residuos de alta actividad, garantizando la seguridad radiológica y física para las generaciones futuras, sin imponerles cargas innecesarias.
- Sin embargo, la disposición definitiva en repositorios geológicos profundos aún no se ha concretado. Influyen factores de diverso tipo, entre ellos los principales son de índole sociopolíticos y económicos.
- La disposición geológica puede encararse desde distintos escenarios tales como nacionales, regionales o internacionales compartidos. La Unión Europea ha estudiado profundamente y ha demostrado que los repositorios regionales compartidos garantizan los más altos estándares posibles adoptados en todos los aspectos de seguridad y tienen además ventajas económicas y sociales. Prueba de ello es el hecho de que varios países europeos han confirmado en forma definitiva su participación en el Grupo de Trabajo (EDO-WG) y han acordado sus contribuciones financieras. Aquellos países pequeños con problemas económicos son ayudados en esta empresa por dos fundaciones sin fines de lucro.

- El modelo europeo es perfectamente aplicable en otras regiones del mundo, por ejemplo en Asia, Estados Árabes, Sud África y Latinoamérica. Tanto es así que una de las fundaciones mencionadas, Sloan, está financiando al grupo Arius para que investigue en otras partes del mundo las posibilidades de instalar repositorios compartidos. De todos modos, un enfoque prudente para muchos países es avanzar por los dos caminos, manteniendo abiertas las opciones nacional y regional, para evaluarlas y luego decidir.
- Soluciones para la disposición definitiva de los elementos combustibles gastados y de los residuos de alta actividad existen y son indiscutibles. Lo que falta es tomar la decisión.

Bibliografía

- La Revista de la Comisión Nacional de Energía Atómica, "Gestión Final del Combustible Gastado y Residuos de Alta Actividad: Situación y Tendencias en el Mundo", Marta H. de Pahissa - Primera parte: N° 27/28 Jul/Dic 2007 - Segunda parte: N° 29/30 Ene/Jun 2008.
- International Atomic Energy Agency, "Developing Multinational Radioactive Waste Repositories", IAEA-TECDOC Series No. 1413 (Oct.2004)
- "Siting a Multinational Repository", publicado en *Nuclear Engineering International*, May 2008.
- "Birds of a Feather", WM 2008, International Conference, Hans Codeé, Ewood Verhoef, Charles McCombie, WM 2008, International Conference, Phoenix, Arizona, USA, February 2008.
- "Shared Regional Repositories: Developing a Practical Implementation Strategy", Ewood Verhoef, Charles McCombie, Neil Chapman, ICEM 2009, International Conference, London, United Kingdom.

60 AÑOS DE LA CNEA



LA AATN
FELICITA A LA
COMISIÓN NACIONAL
DE ENERGÍA ATÓMICA
POR SU LARGA
TRAYECTORIA DE
LABOR ININTERRUMPIDA
EN BENEFICIO DE
LA COMUNIDAD
ARGENTINA

AATN 
**ASOCIACIÓN ARGENTINA
DE TECNOLOGÍA NUCLEAR**

Av. Callao 384 (1° 3)
C. A. de Buenos Aires
Tel: 011-4372-2013
www.aatn.org.ar
aatnmail@gmail.com

Crónica sobre la fábrica de uranio en Malargüe

JOSÉ ERNESTO GREGUI - Comisión Nacional de Energía Atómica

Finalizada la segunda guerra mundial todos los países que tenían planes de desarrollo industrial y no estaban condicionados por las potencias vencedoras, iniciaron su camino en el área nuclear. Cómo lo iban a lograr dependería de su nivel científico - tecnológico y de su decisión política. La Argentina estaba entre esas naciones y, tempranamente, inició un conjunto de acciones que, en distintos campos, le permitieron ubicarse en una posición más que aceptable en lo que por aquel entonces se llamaba “energía atómica”.

Había un denominador común; para incursionar en energía atómica debía disponerse de la materia prima: uranio. Como resultado de los primeros estudios emprendidos en el país en busca de manifestaciones uraníferas se descubren varias de ellas, siendo la de mayor importancia la descubierta el 31 de mayo de 1952, luego conocida como “Yacimiento Huemul”, ubicada a 40 km al sur de la población de Malargüe, en la provincia de Mendoza. El yacimiento Huemul constituye el inicio de la historia que se relata a continuación.

After the Second World War all countries that had industrial development programs, began their works in the nuclear field: if they would achieve satisfactory results depended on their scientific and technological level and on the political choices. Argentina was among those nations that had an industrial development program and very early began a series of actions in the area that at the time was called "atomic energy."

Uranium was the basic requirement to design a nuclear program. As a result of the first studies undertaken in the country several uraniferous deposits were discovered. The most important discovery was on May 31, 1952: the Huemul Reservoir located 40 km south of Malargüe in the province of Mendoza. The site marks the beginning of the story told below.

INTRODUCCIÓN

Finalizada la segunda guerra mundial todos los países que tenían planes de desarrollo industrial y no estaban condicionados por las potencias vencedoras, iniciaron su camino en el área nuclear. Cómo lo iban a lograr dependería de su nivel científico - tecnológico y de su decisión política. La Argentina estaba dentro de esas naciones y, tempranamente, inició un conjunto de acciones que, en distintos campos, le permitió ubicarse en una posición más que aceptable en lo que por aquel entonces se llamaba “energía atómica”.

Había un denominador común, para incursionar en energía atómica debía disponerse de la materia prima: uranio. Este elemento radiactivo presente en toda la corteza terrestre, que fue descubierto por Maarten Heinrich Klaproth en el año 1789, lleva como número atómico el 92 en la tabla periódica y es el más pesado de los elementos naturales. En 1896 durante la realización de experimentos en París, Antoine-Henri Becquerel observó que el uranio impresionaba a una placa fotográfica con una radiación inusual. Con la prosecución sistemática de esas observaciones, diversos científicos realizaron experiencias con otras sustancias arribando a la demostración de un fenómeno al que se llamó globalmente radiactividad.

Ello generó un campo fértil para la investigación donde químicos y físicos pudieron dar rienda suelta a infinidad de trabajos científicos que, a fines de 1938, permitieron a Otto Hahn, Lise Meitner y Fritz Strassmann descubrir la fisión del núcleo del átomo de uranio. Y esto cambió la historia. Hasta ese momento el uranio era un subproducto de la obtención del radio y en escasas cantidades para dar color a la cerámica o a los vidrios. Por ello, nadie se preocupaba por atesorarlo, en tanto los yacimientos que se habían descubierto, salvo uno o dos,

formaban parte del inventario de potencialidades.

En el caso de nuestro país los primeros estudios sobre manifestaciones uraníferas se llevaron a cabo a partir de 1938 en Córdoba y San Luis, continuados, particularmente en la segunda mitad de los cuarenta, por Fabricaciones Militares en otras provincias. En la región de Cuyo se inician, en 1951, una serie de trabajos de exploración por uranio que tienen como origen la Escuela Superior de Ingeniería en Combustibles, dependiente de la Universidad Nacional de Cuyo. Como resultado de esas acciones se descubren varias manifestaciones uraníferas, siendo la de mayor importancia la realizada el 31 de mayo de 1952 que se denominara originalmente “Yacimiento Eva Perón”, luego conocido como “Yacimiento Huemul”, ubicado a 40 km al sur de la población de Malargüe, cercano a la Ruta Nacional 40. Al continuar los trabajos de exploración en la zona aparecieron “Agua Botada”, “Cerro Mirano” y “Pampa Amarilla”, entre otros.

El yacimiento Huemul es el inicio de la historia que relataremos más adelante, es decir, da motivo a que se haga este trabajo cincuenta y siete años más tarde.



El Yacimiento Huemul circa 1957

Pero para poner el tema en contexto es oportuno recordar cómo se hallaba la producción de uranio en ese entonces, en el mundo. En 1939 las mayores reservas de uranio conocidas estaban en manos de la sociedad belga Unión Minera de Alto Katanga y la producción total acumulada rondaba las 1.500 t. Una transacción por 50 t se consideraba muy importante como, por ejemplo, la que intentó hacer Francia para asegurar su programa de investigación, aunque finalmente no lo logró. Tanto interés comenzaba a tener este elemento que las potencias centrales crearon instituciones especiales para su estudio y aplicación como el “comité del uranio” impulsado por el Presidente Roosevelt en Estados Unidos o el “Maud Committee” (*por Military Application of Uranium Desintegration*) en Gran Bretaña.

En 1942, ya lanzados los planes militares, en particular el de los Estados Unidos, la búsqueda de uranio había dado sus frutos y Canadá poseía la segunda mina más grande del mundo, asegurando a las potencias aliadas el abastecimiento en tiempo y forma.

PRIMERA ETAPA

El yacimiento Huemul poseía minerales cuprouraníferos, que en su parte superior se encontraban oxidados. Para tratar esos minerales, con modestas instalaciones y equipos y una capacidad de diseño de 10 t/día, se realizó, en 1954, un emprendimiento industrial en un predio ubicado en cercanías de la estación del ferrocarril de la Villa de Malargüe. Los métodos a utilizar para recuperar el uranio tenían similitud a los procesos requeridos para separar un dado elemento en un laboratorio de química, ya que en ese entonces no se conocían los extractantes específicos. Así, y con sucesivas modificaciones producto de las experiencias realizadas, se fueron aplicando distintas operaciones de las utilizadas para la extracción de estos metales.

Se puede entonces resumir el proceso total en las siguientes operaciones:

1. Trituración del mineral a menos de 4 mm y separación y almacenamiento de la fracción fina (aproximadamente 50%).
2. Lixiviación de la fracción gruesa con ácido sulfúrico y oxidante, solubilizando el uranio y el cobre y los demás metales.
3. Separación del hierro solubilizado mediante el agregado de piedra caliza molida hasta alcanzar pH 2,7. Separación del hidróxido de hierro precipitado, agregando sulfato de calcio como ayuda de filtración. Se obtenía la llamada “torta férrica”.
4. Neutralización de la solución filtrada con carbonato de sodio, hasta pH 6,5/7, separándose el precipitado conteniendo el uranio y el cobre por filtración. A esto se lo denominaba “torta verde”.
5. Extracción del uranio de la “torta verde” por disolución en caliente con carbonato de sodio, separando por filtración la solución con uranio, permaneciendo el cobre en el sólido, llamada

“torta negra”.

6. Retratamiento de la “torta negra” con solución de carbonato de calcio para extraer el uranio residual.
7. Recuperación del uranio de las soluciones, como diuranato de sodio, por agregado de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio, filtración y secado del precipitado. Este producto tenía una ley aproximada de 50% de uranio. Su refinación y elaboración como concentrado comercial se realizaba en la Fábrica Córdoba, obteniéndose diuranato de sodio con 70% en uranio. También en Córdoba se recuperaba el cobre en forma de cristales de sulfato de cobre.

En aquel tiempo este concentrado era la materia prima para la Fábrica Ezeiza, productora de uranio metálico. Durante el período de 1954 a 1960 la producción de Fábrica Malargüe fue del orden de 2.500 kg de uranio, sin embargo permitió la formación de un número apreciable de especialistas y posibilitó la temprana disponibilidad de materias primas nucleares para varios sectores de la CNEA.

Los bajos rendimientos en la extracción –del orden del 70% para el uranio y del 85% para el cobre–; la limitación para tratar los minerales no oxidados (que constituían el 85% de las reservas del yacimiento Huemul); la falta de continuidad en las operaciones; la dificultad de alcanzar un nivel de producción según diseño; la imposibilidad de tratar por percolación los finos de la trituración; y la economía del proceso fueron, entre otras causas, las que hicieron que se pensara en una nueva instalación.

SEGUNDA ETAPA

En ese orden de cosas, entre 1961 y 1962 se elabora un proyecto para instalar una planta de procesamiento de los minerales del Distrito Cupro-Uranífero Malargüe.

Para esta nueva planta se armó un equipo de proyecto que contempló las diversas condiciones que se debían cumplir, tanto en lo estrictamente relacionado al proceso, como así también en los demás aspectos técnicos, económicos y sociales. Ese trabajo guió el quehacer del siguiente período comprendido entre 1962 y 1965.

Se trataba de instalar la primera planta de procesamiento completa para minerales uraníferos y recuperación selectiva del uranio de Latinoamérica. Condición ésta que mantuvo hasta inicios de la década del 80.

La economía del proyecto era una condición liminar; en ese aspecto no se dudo en reutilizar materiales, elementos, equipos e instrumental que habían quedado sin aplicación en la década anterior; en particular provenientes del proyecto de la Isla Huemul. Otra fuente de aprovisionamiento fue la Planta de Uranio metálico de Ezeiza que se había decidido discontinuarla. Un típico ejemplo de esto fue el uso de las cabreadas de un galpón de la Isla Huemul para el edificio industrial de la planta de proceso. Durante muchos años después se veía, desde la ruta a Llao-Llao, las paredes sin la cubierta y cabreadas.

Se decidió permanecer en el mismo predio que ocupaba la primera Planta pero ubicando las nuevas instalaciones en la zona más alta. Las antiguas construcciones fueron mantenidas como depósitos y talleres; también las oficinas durante la construcción.

Por antecedentes que se disponían en ese momento y por ensayos realizados con muestras del Distrito Malargüe, se concluyó que la rentabilidad del proyecto sería posible a condición de:

- Obtenerse una alta recuperación del cobre mediante flotación del mineral y posterior tostación de la fracción cuprífera, previo a la etapa de lixiviación. Además, la tostación reduciría el consumo de oxidantes.
- Utilizar aminas como agente específico para la recuperación del uranio.

Para la época en que esto se llevaba a cabo la CNEA tenía, en particular en el área de Materias Primas, una fluida relación con el *Commissariat à l'Énergie Atomique* (CEA) de Francia, por lo que expertos de ese organismo y de la CNEA trabajaban en conjunto en el proyecto de Malargüe. Por otra parte, profesionales de la CNEA dedicados al procesamiento de minerales de uranio hacían pasantías en plantas de los Estados Unidos.

De los estudios realizados para la lixiviación y la recuperación del uranio y del cobre se obtuvieron cuatro esquemas posibles entre los cuales se eligió el siguiente:

- Trituración y molienda
- Flotación, donde el concentrado o “cabeza” iba a tostación y de allí a lixiviación ácida y las “colas” iban directamente a lixiviación.
- Lixiviación ácida.
- Extracción del uranio por solventes aminados, cuyos estériles en uranio iban a cementación para obtener el cobre.

Con las premisas establecidas en el proyecto mencionado anteriormente se dio inicio a las obras e instalaciones a partir de 1963. Se realizaron las obras civiles, se transportaron los grupos electrógenos y se puso en funcionamiento la usina, se amplió la capacidad de almacenamiento para el ácido sulfúrico, se construyeron equipos y se contrató la construcción de otros, se adquirieron equipos de importación y se desarrollaron proveedores para materiales y equipos especiales. Muchas de estas acciones requerían identificar al posible proveedor, interesarlo en el problema y luego enseñarle a hacerlo, puesto que la industria nacional no estaba preparada para hacer frente a algunos de estos desafíos.

A modo de ejemplo mencionaremos el caso del equipo central del sistema de extracción por solventes: el mezclador-decantador. El proyecto del equipo y su ingeniería básica fue realizado en la CNEA pero la construcción requería de tecnología y equipamiento que no se poseía. Vale la pena mencionar que se trataba de un equipo compacto con dimensiones importantes; largo 7 m, ancho 4 m y altura 1,20 m, que poseía cuatro etapas, que estaba construido en chapa de acero inoxidable calidad

AISI 316 de 3 mm de espesor y que debía comportarse como un sólido durante el transporte a obra y luego en operación, ya que es de capital importancia mantener los niveles del líquido respecto de aberturas y “pescadores” (se denominan así a los tubos que interconectan las etapas y los mezcladores) para asegurar el buen funcionamiento del sistema. Cualquier deformación que se produjera haría fracasar la operación. No había más de dos o tres talleres de calderería de inoxidable que estuvieran en condiciones de hacerlo y ello significaba un desafío en la elaboración de las especificaciones para su licitación. Fue desde ese entonces, el equipo de acero inoxidable más grande construido íntegramente en un taller y transportado 1.300 km hasta su emplazamiento. Otro desafío fue el engomado de ejes y hélices para los agitadores de las cubas de lixiviación.

Gran parte del equipamiento de trituración, molienda y flotación fue comprado en Francia procedente de instalaciones en desuso; se trajo al país y, cuando fue necesario, se reacondicionó y se desarrollaron las matrices para los gastables (placas de molino, mandíbulas de las trituradoras, etc.) para asegurar el funcionamiento continuo de esta maquinaria.

La capacidad de diseño de la planta era de 100 t de mineral por día, en una relación, de acuerdo a su procedencia, de 25% Huelmo y 75% Agua Botada, con una ley promedio de 0,17% de uranio y 0,95% de cobre. Las reservas comprobadas en 1962 eran de 131.200 t de mineral. Estos valores hacían a una vida de la planta de cinco años y la obtención, de acuerdo a los rendimientos que resultaban de los ensayos de laboratorio, de aproximadamente 160 t de uranio.

A fines de 1964 comenzaron las pruebas de puesta en marcha, con el circuito que se enunció más arriba, pero sin el horno de tostación ya que se encontraba en montaje. El proyecto original preveía que la separación sólido-líquido posterior a la lixiviación se haría con filtros rotativos. En la puesta en marcha se comprobó que existía una diferencia entre los minerales ensayados y los que luego alimentaban la planta. La presencia de arcillas en mayor proporción originaba que los filtros rotativos se colmataran y la separación no fuera eficiente. Esto llevó a incorporar un paso previo intercalando dos espesadores de 7 m de diámetro y 4 m de altura, con mecanismo de autoelevación, que debido a sus dimensiones fueron construidos “in situ” con ingeniería y personal de la CNEA y en tiempo record para permitir que la producción alcanzara los valores de diseño.

Finalmente el circuito de la planta quedó conformado de la siguiente manera:

Acopio del mineral

- Pesaje en báscula de los camiones con mineral.
- Planchada de almacenamiento de mineral, acopiado en lotes definidos en cuanto a cantidad y leyes. Este venía de la mina con un tamaño máximo de 250 mm; cuando algún trozo superaba esas dimensiones era reducido en la planchada.

Trituración

- Tolva de alimentación a la trituradora primaria. En ella se descargaba el mineral con una cargadora frontal y mediante un alimentador a oruga se pasaba por una parrilla de 50 mm que enviaba el grueso a la trituradora primaria y el material pasante a la trituradora secundaria.
- Trituradora primaria. Se trataba de un equipo a mandíbulas de 250 mm por 500 mm de abertura de ingreso y entregaba el producto a menos de 50 mm. Este material se enviaba por cinta transportadora a una zaranda vibratoria con malla de 19 mm. El rechazo era enviado a la trituradora secundaria.
- Completadas las etapas de trituración, todo el material era enviado a un silo de 150 t que, además de permitir establecer una reserva para las tareas de mantenimiento en trituración, alimentaba al molino de barras, dando así comienzo a la operación continua de toda la planta. A la salida de este silo, que contaba con un alimentador continuo, se realizaba un muestreo de mineral y la pesada continúa.



Planta de trituración

Molienda

- Se realizaba, con el agregado de agua, en un molino de barras que permitía obtener una granulometría con un 95% inferior a 35 mallas Tyler y un 50% inferior a 50 mallas. La pulpa resultante contenía un 60% de sólidos.

Lixiviación

- La pulpa proveniente del molino de barras era sometida a un proceso de lixiviación ácida con agregado de ácido sulfúrico, incorporando bióxido de manganeso como oxidante. La operación se realizaba en forma continua, a aproximadamente 50°C, en ocho cubas de madera con agitación mecánica. El tiempo total de retención era de 15 horas y la pulpa pasaba de una

cuba a otra por diferencia de nivel. La operación se regulaba de manera de mantener un valor del pH=1 desde la cuba tres hasta la descarga. En ese punto se verificaba que la fuerza electromotriz fuera mayor o igual a 450mV. Con estas condiciones de operación se alcanzaban rendimientos de lixiviación del orden del 93%.



Sector lixiviación



Cubas de lixiviación

Separación sólido-líquido

- Completada la lixiviación del mineral los líquidos contenían el uranio, el cobre y otros metales en solución. Este líquido era separado del mineral agotado en un circuito combinado compuesto por dos espesadores y dos filtros rotativos. El rendimiento de este sector llegaba a 97%.

Extracción del uranio

- Por una operación de extracción líquido-líquido en contracorriente, en cuatro etapas, utilizando una amina terciaria disuelta en kerosene, se lograba recuperar selectivamente el uranio contenido. Como se anticipara, se utilizaba un equipo de mezcladores-sedimentadores de diseño compacto que permitía la circulación de las dos fases (acuosa y orgánica) por gravedad y por la depresión que generaban las turbinas de agitación de cada mezclador. La fase acuosa libre de uranio

pasaba a la recuperación del cobre, en tanto la fase orgánica cargada con el uranio extraído pasaba a otro equipo mezclador-decantador en contracorriente que, mediante el uso de una solución de carbonato de sodio al 10%, volvía el uranio a fase acuosa. Estas dos operaciones combinadas permitían eliminar gran cantidad de impurezas y aumentar cuarenta veces la concentración del uranio en los líquidos, de tal forma que podía ser precipitado obteniéndose un concentrado bastante puro. El rendimiento de este sector era superior al 99%.

Obtención del concentrado de uranio (yellow-cake)

- En la solución rica, el uranio estaba en forma de complejo uranilcarbonato de sodio y se lo precipitaba destruyendo el complejo con ácido sulfúrico concentrado y posterior ebullición para desprender el dióxido de carbono producido. La precipitación del concentrado, comúnmente denominado “yellow-cake”, se hacía con hidróxido de sodio y la pulpa obtenida se filtraba, se lavaba y se secaba en un horno de mesa giratoria.
- El horno se alimentaba en el centro y mediante unas paletas regulables se modificaba el tiempo de retención para lograr el secado necesario. Unas púas disgregaban el material a medida que se secaba e iba avanzando hacia la periferia y antes de su descarga poseía un rodillo que molía los trozos para llevarlo a tamaño menor a 6 mm, según especificaciones.
- El producto descargado era muestreado, envasado en tambores de 200 litros y pesado. La ley en uranio alcanzaba 70%.



Concentrado de uranio (yellow cake)



Horno de tostación

Recuperación del cobre

- Finalmente se desistió de la flotación y de la tostación del mineral y se optó por recuperar el cobre de los estériles de uranio provenientes de la extracción por solventes, precipitándolo como “cemento de cobre” mediante el agregado de chatarra de hojalata desestañada. La operación se realizaba en forma continua en dos cubas de madera con agitación mecánica violenta que provocaban el contacto íntimo de la solución con la chatarra depositada en el fondo. El cobre de la solución es desplazado por el hierro, precipitando en forma de fino polvo que la solución estéril arrastraba a piletas de decantación. El rendimiento de la operación era del 93% y el cobre-cemento obtenido tenía una ley del 70 al 80% en cobre.

Dique de estériles

- La pulpa estéril y los líquidos que no se recuperaban eran bombeados hacia la zona este del predio donde se acumulaban.

Con el correr del tiempo, a partir de 1965, se fueron completando y modificando las instalaciones para hacer más eficiente el proceso o salvar algunos inconvenientes.

En el origen el ácido sulfúrico se transportaba por ferrocarril hasta la playa y se almacenaba en depósitos a tal efecto. El problema surgía cuando el ferrocarril no disponía de vagones apropiados o cuando por alguna razón se demoraba el despacho y se agotaba el ácido depositado. Esto hacía discontinuar la operación con las consecuencias que son imaginables. Ello indujo a considerar instalar una planta de producción de ácido sulfúrico en el predio, aprovechando también la cercanía del yacimiento de azufre

“El Sosneado”. El problema con el ferrocarril se hizo más complejo hacia el inicio de los años 70, ya que el descubrimiento de petróleo en la zona prácticamente acaparó su uso. Finalmente, en 1974 se comenzó a operar en forma continua una planta con capacidad de producción de 20 t/día de ácido sulfúrico.

Si bien el proyecto original preveía cinco años de operación con los minerales de Huemul y Agua Botada, en la realidad se trabajó con ellos hasta 1975. Desde 1965 hasta 1975 la Planta Malargüe produjo 149 t de uranio, como concentrado comercial, proveniente de minerales de Huemul y Agua Botada y 330 t de cobre, en forma de cobre-cemento.

Como se mencionó más arriba, la vida prevista para la planta era de cinco años tratando 100 t de mineral por día, operando en forma continuada 24 horas/día los siete días de la semana. Esto obligaba a un sistema de turnos rotativos por diagrama que la administración pública no contemplaba en su régimen laboral. Así los primeros años, hasta tanto se obtuvo la legislación pertinente, las tareas se vieron afectadas por conflictos gremiales o bien por paradas los fines de semana. A principios de los setenta se establecieron los turnos rotativos por diagrama, resultando así Planta Malargüe la primera instalación que operó bajo ese régimen.

TERCERA ETAPA

En 1975 se agotó el mineral de Huemul y Agua Botada razón por la cual, previo ensayos expeditivos, se comenzó a alimentar, a principios de 1976, la Planta Malargüe con mineral del Distrito Sierra Pintada, en particular el yacimiento Tigre III. Con este mineral la capacidad de tratamiento se vio fuertemente reducida (a alrededor de 85 t/día) en especial por dificultades en la separación sólido-líquido.

Contemporáneamente se estaba iniciando un proyecto de envergadura para procesar los minerales del Distrito Sierra Pintada, estimándose en varios años lograr su concreción. Sin embargo, ya estaba en operación la Central Nuclear Atucha I y se había contratado la construcción de la Central Nuclear en Embalse, es decir las necesidades de uranio eran perentorias. Ante ese panorama y considerando que solo estaban operando Malargüe y la Planta Don Otto –esta con capacidad menor- se hacía imperioso, hasta tanto se dispusiera de otro yacimiento y su planta en operación, continuar alimentando Malargüe.

Así se decide adaptar la planta al nuevo mineral e incrementar, todo lo posible, su capacidad de tratamiento. En primer lugar se determinó qué equipamiento e instalaciones se podían mantener igual o con pequeñas adaptaciones, y qué debía hacerse totalmente nuevo. Cabe aquí recordar que con el mineral de Sierra Pintada hacía unos años que se estaban realizando estudios sobre su procesamiento, vale decir se disponía de datos sobre su comportamiento en laboratorio.

A mediados de 1976, sin detener la operación, se realizaron pruebas “in situ” para establecer la capacidad horaria máxima del molino de barras, ya que el reemplazo

de este equipo requeriría una parada prolongada y los planes de abastecimiento de concentrado no lo permitían. Se concluyó que el régimen máximo continuo para este mineral era de 250 t/día.

Mientras tanto se trabajaba en el nuevo proyecto, y motivado por las necesidades de concentrado de uranio, entre 1977 y 1979 se operó en el predio de Planta Malargüe una instalación de lixiviación en pilas con mineral de Sierra Pintada. La capacidad total era del orden de 50.000 t de mineral/año y cada una de las pilas en que estaba dividido tenía de 10.000 a 15.000 t con mineral triturado a 50 mm, dispuesto sobre superficies impermeabilizadas, con una pendiente hacia la canaleta colectora. Estas pilas eran regadas en su superficie, previamente nivelada, con soluciones de ácido sulfúrico a pH 1. La solución recogida, previo control de acidez, se reciclaba hasta obtener una concentración en uranio entre 0,5 y 1 gr/l. Estas soluciones fértiles eran destinadas al sector recuperación de uranio por solventes aminados, que se trató mas arriba.

También para 1977 se modificó el proceso de precipitación, reemplazando el hidróxido de sodio por amoníaco gaseoso.

Concluido el nuevo proyecto de adecuación y ampliación de las instalaciones, entre julio de 1978 y marzo de 1979 se realizó la obra y se puso a punto la operación. El proceso resultante se resume a continuación:

Preparación física y molienda

- La primera etapa del proceso, es decir la preparación física del mineral, no sufrió muchas modificaciones puesto que incrementando el horario de labor podían abastecer las necesidades. Sí se incorporaron algunos equipos que mejoraron la marcha del proceso, como por ejemplo un alimentador continuo de bióxido de manganeso.
- Se utilizó el mismo silo de almacenamiento de mineral triturado.
- La pulpa a la salida de la molienda se llevó a 55% de sólidos, con una granulometría inferior a 20 mallas Tyler.

Lixiviación

- Este sector no sufrió mayores modificaciones aparte del mantenimiento y puesta a punto del equipamiento. Se mantuvo el número de etapas.

Separación sólido-líquido

- Las mayores modificaciones se realizaron en este sector debido a las características del mineral y a la mayor producción fijada.
- Se instaló un sistema de cinco espesadores que operaban por el método de lavado en contracorriente, de tal suerte que la pulpa fértil proveniente del sector lixiviación con 55% de sólidos era diluida a aproximadamente 27% (repulpado) con líquidos provenientes del

espesador anterior, antes de ingresar a la primera etapa, repitiéndose este procedimiento para cada una de ellas. Así, en la etapa 1 ingresaba pulpa fértil y salía, por desborde, líquido cargado con uranio al proceso siguiente; en la etapa 5 se descargaba la pulpa estéril y, para diluir la proveniente de la etapa 4 se utilizaba líquido sin uranio (en realidad con bajísimo contenido) proveniente del sistema de recuperación.



Espesadores

- Los espesadores eran equipos de 18 m de diámetro y 4 m de altura construidos en acero inoxidable reforzado con una estructura de acero al carbono. Los mecanismos de movimiento de la pulpa contaban con un sistema automático de elevación por sobre carga.

Recuperación de uranio

- Los líquidos fértiles en uranio provenientes de la etapa anterior eran clarificados en un sistema de filtros de arena a presión, a fin de minimizar el contenido de sólidos en suspensión.
- Se incorporó un sistema de recuperación por resinas de intercambio iónico en un lecho estático que trabajaba en el sistema denominado "calesita" (*merry-go-round*), vale decir tres columnas en fijación y la cuarta en elusión.
- La elusión se realizaba con una solución de nitrato de amonio y ácido sulfúrico.
- El sistema de extracción por solventes aminados no sufrió mayores cambios, salvo que con el fin de mantener su eficiencia dado el incremento de la producción se le agregaron dos etapas.
- El eluido de las columnas de resinas se precipitaba con amoníaco gaseoso, obteniéndose una pulpa de diuranato de amonio que era descargada a un espesador. Al mismo espesador se enviaba el precipitado proveniente del sector extracción por solventes.
- Luego de su acondicionamiento esta pulpa alimentaba a una centrífuga horizontal que la llevaba en su descarga a 60% de sólidos.

Secado y envasado

- Esta pulpa era depositada en bandejas y secadas en un horno calefaccionado por vapor. La temperatura de secado no excedía los 120 °C.
- Una vez obtenida una humedad menor al 5%, las bandejas se descargaban con un equipo "ad hoc" y se envasaba en tambores de 200 litros.
- Todas estas operaciones se realizaban en un local separado con sistema de filtración del aire y recuperación de los sólidos en suspensión.
- El concentrado obtenido, en la forma de diuranato de amonio, alcanzaba leyes del 70% en U.



Planta de producción de ácido sulfúrico



Planta de producción de ácido sulfúrico

También, entre otras modificaciones y mejoras en el total del Complejo, se incrementó la capacidad de producción de la Planta de Ácido Sulfúrico llevándola a 30 t/día. También se amplió la capacidad de almacenamiento.

Durante el período en estudio la producción de uranio como concentrado fue de 544 t y la de ácido sulfúrico de 63.100 t.

A fines de 1986 deja de operar la Planta de Concentrados, continuando un tiempo más la Planta de Ácido.

Un dato importante es recordar que, durante todo el tiempo que operó la planta en sus diversas etapas, contó con laboratorio químico para el control del proceso. Evidentemente fue modificándose en función de los procesos a controlar pero siempre acompañó a la producción. Paralelamente servía para ajustar el proceso cuando ocurrían modificaciones en las condiciones del mineral y esto es una constante en plantas de este tipo.



Vista general de las instalaciones

Como caso particular la Planta también participó en corroborar experiencias de laboratorio y planta piloto, llevándolas a escala industrial en el caso de los minerales del Distrito Sierra Pintada. Hacia mediados de los '70 se estaba desarrollando un proyecto integral para los yacimientos que conformaban el Distrito Sierra Pintada con miras a instalar una planta que trataría del orden de 2.500 t de mineral por día. Resultaba de particular interés realizar experiencias en escala mayor que una planta piloto y eso se realizó en Planta Malargüe hacia fines de la década.

CUARTA ETAPA

Cuando cesaron las operaciones con uranio, se iniciaron una serie de tareas tendientes al cierre definitivo de la instalación. Se descontaminaron equipos e instalaciones y se recuperaron equipos para otras instalaciones, entre otras tareas, todas realizadas con el personal que aún permanecía en Malargüe, ya que la mayor parte se había trasladado al Complejo Minero Fabril San Rafael.

A principio de los 90 se constituyó un grupo multidisciplinario con el objeto de estudiar las distintas posibilidades y hacer propuestas para el cierre definitivo de

las instalaciones y la disposición final de las colas del mineral. Previo a la presentación de las alternativas a la autoridad provincial, se realizaron audiencias públicas según la normativa vigente en Mendoza. Se presentó un proyecto que contemplaba dos alternativas y, luego de un estudio preliminar, la provincia solicitó dos variantes más, que fueron desarrolladas y puestas a consideración. En setiembre de 1997 la provincia dictó la Declaración de Impacto Ambiental que disponía el inicio de las obras de restitución ambiental y establecía un plazo de tres años y medio. En orden al aspecto presupuestario, las autoridades de las que dependía la CNEA dispusieron que se tramitara un préstamo ante el Banco Mundial para hacer frente a las obras de Malargüe y atender otros sitios donde también debía realizarse la restitución ambiental.

En marzo de 1998 se realizó la primera misión técnica del Banco Mundial y se integró un equipo multidisciplinario, del tipo que se mencionó más arriba, con el agregado una componente financiera y administrativa para cumplir con los requisitos del Banco en el otorgamiento y gestión del préstamo.

Diversas circunstancias que estaban ligadas a la situación política del país hicieron que fracasaran las negociaciones cuando la parte técnica estaba ya resuelta. Ello llevó a que, con reducidos presupuestos propios, se fueran llevando a cabo, desde 1996, las tareas preparatorias para el proyecto aprobado. Entre las que se pueden mencionar: desmontaje de las instalaciones industriales, construcción de un sistema de drenaje para deprimir la napa freática y la ejecución de otras obras tendientes a la preparación para la gestión definitiva de las colas y la restitución ambiental del predio.



Vista después del desmonte

Al momento de escribir estas líneas el préstamo ha sido aprobado por el Banco Mundial y se ha promulgado el Decreto del Poder Ejecutivo Nacional que lo hace operativo.

Cuando se concluya este proyecto, el área estará bajo control administrativo por el período que establezca la Autoridad Regulatoria Nuclear. Se estima que será una zona de esparcimiento para la población con una configuración acorde al entorno natural.

EPÍLOGO

La meta impuesta al realizar este trabajo fue compilar, en un solo documento, la trayectoria de una larga serie de situaciones y condiciones relacionadas al uranio que se desarrollaron en lo que, primitivamente era la Villa de Malargüe, hasta en lo que hoy es la Ciudad de Malargüe. Todo lo volcado en este trabajo no es original, fue tomado de testimonios de diverso tipo, tanto documentos registrados en bibliotecas y archivos, como así también documentos de trabajo y viejas fotografías, pasados de mano en mano. También en vivencias personales.

El objeto del documento es, simplemente, que acciones llevadas a cabo por la CNEA durante más de 55 años, puedan ser conocidas por las nuevas generaciones. Por esta razón no se incorporó al trabajo el nombre de ninguna persona ya que, seguramente, quedarían muchas sin mencionar aunque hayan intervenido; no obstante creo que la conclusión a la que arribará el lector es que tuvieron que intervenir muchos hombres y mujeres para llevar a cabo esta epopeya. Otra conclusión es que eran individuos comunes, no superhéroes; con fortalezas y debilidades como todos pero con una "cultura" particular: ser de la CNEA.

Mientras esto sucedía en Malargüe, otro tanto pasaba en otras geografías y en otras áreas. En algunos casos alguien se ocupó de recordarlo, en otros no. Sería bueno que se intentara lograrlo en todas.

Para la historia reciente de Malargüe no es ajena la CNEA. En la historia de la CNEA no está ausente Malargüe.

Bibliografía

- Antecedentes de la evolución histórica de los recursos de uranio de la región de Cuyo entre 1951-1968. A.Vergara Bai – CNEA 1992
- Anteproyecto de una Planta para procesar el mineral cupro-uranífero de Huemul-Agua Botada, (Prov. De Mendoza).- Gerencia de Materias Primas – CNEA 1962
- El átomo inquieto-El despertar de la física nuclear. Alfred Romer. EUDEBA. 1973
- El complejo atómico. Historia política de la energía nuclear. Bertrand Goldschmidt. Instituto de Publicaciones Navales. 1983
- Fábrica Malargüe – Planta de Producción de Concentrados de Uranio – Malargüe (Provincia de Mendoza) – CNEA Mayo 1979
- Flotación de menas de uranio y cobre de Malargüe. M.Mochulsky Jasminoy, B.Finkelstein y R.Andrés. – CNEA 1964
- La concentración de minerales uraníferos argentinos por métodos convencionales. O.Valentinuzzi, E.G.Macchiaverna, R.E.Costarelli y J.M.García Bourg. – V Congreso Geológico Argentino. 1972
- La construcción de la era atómica. Alwyn Mackay. Salvat Editores. 1987
- Optimización de las condiciones de operación para la producción de cobre cemento en Planta Malargüe. J.M.García Bourg, O.Valentinuzzi y R.A.Obermann. – Gerencia de Materias Primas – CNEA 1970



NA·SA NUCLEOELÉCTRICA ARGENTINA S.A.

NUCLEOELÉCTRICA ARGENTINA fue fundada el 7 de septiembre de 1994 con el propósito de constituirse en uno de los actores claves del Mercado de generación eléctrica en la Argentina. Cuenta para ello con las Centrales Nucleares Atucha I y Embalse, las cuales se encuentran en operación desde 1974 y 1984 respectivamente. Además, tiene en construcción la Central Nuclear Atucha II.

NUCLEOELÉCTRICA ARGENTINA es una empresa comprometida con la generación de energía nucleoelectrica en forma segura, eficiente, competitiva y limpia. Estos valores son los que guían su actuación en el Mercado Eléctrico Mayorista Argentino, uno de los más desregulados y competitivos del mundo.

NUCLEOELÉCTRICA ARGENTINA S.A.

Arribeños 3619 Buenos Aires . Argentina - (C1429 BKQ)
Tel. (54 11) 4701-1643/8514/4651 - Fax (54 11) 4701-0401
Info@na-sa.com.ar - www.na-sa.com.ar

Estudio mediante ESR de papel irradiado de envoltorios de materiales biomédicos

MÓNICA HUARTE (1a); EULOGIA KAIRIYAMA (2c); MIGUEL ZAPATA (2d); NATALIA SANTORO (2e); CECILIA MAGNAVACCA[†] (2f); EMILIO RUBIN DE CELIS (1b)

(1) Cátedra de Física - Facultad de Farmacia y Bioquímica Universidad de Buenos Aires a): Jefa de Trabajos Prácticos, b): Profesor Adjunto.

(2) Grupo de Investigación y Desarrollo - Gerencia de Aplicaciones y Tecnología de las Radiaciones – Comisión Nacional de Energía Atómica c) Responsable del Grupo, d) Becario, e) Becaria, f) ex Responsable Sector Efluentes y Productos Irradiados

Los tratamientos con radiación ionizante son utilizados como métodos de esterilización, descontaminación microbiológica, desinfección, desinsectación y en la preservación de alimentos. A su vez, la radiación ionizante absorbida por la materia forma radicales libres (RL) que pueden ser detectados mediante la Espectroscopia de Resonancia de Espín Electrónico (ESR).

En este trabajo se han analizado mediante ESR diferentes tipos de papel irradiado provenientes de envoltorios de jeringas, guantes quirúrgicos y apósitos. Estos fueron tratados con radiaciones gamma (Cobalto-60), con dosis entre 20 y 35 kGy. Las muestras procesadas fueron medidas en un espectrómetro Bruker ESC 106. Los resultados obtenidos fueron: (I) las muestras irradiadas presentaron un pico central y dos satélites inducidos por la radiación aplicada, (II) las muestras no irradiadas no presentaron en ningún caso los picos satélites característicos de las muestras irradiadas, (III) se encontró una relación linealmente proporcional entre las alturas de las señales por unidad de masa y las dosis aplicadas y (IV) las señales fueron altamente estables, con valores de $t_{1/2}$ comprendidos entre 240 y 370 días para dosis de 20 y 30 kGy permitiendo su seguimiento por más de un año.

Como conclusión, la ESR permite la detección, la cuantificación y el seguimiento en el tiempo de este tipo de materiales irradiados. La caracterización de los RL generados permitiría identificar el procesamiento con radiaciones ionizantes de esterilización a que fueron sometidos estos materiales.

Ionising radiation treatments are used for sterilization, microbiological decontamination, disinfection, insect disinfestations and food preservation. This ionising radiation generates free radicals (FR) in matter, which can be detected by Electronic Spin Resonance Spectroscopy (ESR).

For this work it had analysed different kind of irradiated package papers of syringes, surgical gloves and dressings by ESR. These were irradiated with doses between 20 and 35 kGy of gamma radiation (Cobalt 60). The processed samples were measured in a Bruker ECS 106 spectrometer. The obtained results were: (I) the irradiated samples showed a central peak and two satellites induced by the applied radiation, (II) the non-irradiated samples did not show the characteristic satellite peaks of the irradiated ones, (III) a linear relationship between the signal heights per unit mass and the applied doses was found, and (IV) the signals were highly stable, with half-time values between 240 and 370 days for 20 and 30 kGy, permitting more than one year of monitoring proceedings.

In conclusion, the ESR allows the detection, quantification and time monitoring processes of this kind of irradiated materials.

I. Introducción

Las radiaciones ionizantes constituyen una tecnología ampliamente utilizada para la desinfestación y descontaminación microbiológica de diferentes materiales y productos. Así, es conocido el tratamiento de ceras y colmenas con Cobalto-60. Este es utilizado para combatir a la Loque americana, inactivando a las bacterias que afectan a las larvas de las abejas melíferas. También se aplica para la preservación de alimentos y el mejoramiento de sus condiciones higiénicas, evitando pérdidas de los mismos. Es usado en una amplia gama de alimentos tales como carnes, pescados, frutas y especias. En este sentido resulta ser un tratamiento inocuo y altamente confiable. Además, no presenta problemas de toxicidad, a diferencia de otros tratamientos de tipo químico. Por otra parte, es habitualmente utilizado para esterilización de productos, resultando ser un procedimiento seguro, sencillo y económico. En este sentido, es una tecnología mundialmente establecida como agente de esterilización de productos biomédicos. A su vez, no presenta los problemas de ciertos agentes químicos, como por ejemplo el óxido de etileno.

Por otra parte, es sabido que la radiación ionizante al interactuar con la materia forma radicales libres (RL). Éstos, en algunos casos, pueden permanecer estables y detectarse mediante la Espectroscopia de Resonancia de Espín Electrónico (ESR).

El principio de la ESR se basa en la detección de centros paramagnéticos que contienen electrones desapareados y

forman RL. La aplicación de un intenso campo magnético externo produce diferencias entre los niveles de energía del espín del electrón $m_s = +1/2$ y $m_s = -1/2$ y, en presencia de una determinada radiación perteneciente a la región de las microondas, se produce la condición de resonancia para que esta energía sea absorbida por el sistema. Esto permite detectar y caracterizar al radical libre, a través del espectro ESR obtenido, que se observa como la señal proveniente de la primera derivada de la absorción por unidad del campo magnético aplicado. Los valores del campo magnético y la frecuencia de la microonda utilizada dependerán del radical analizado y permitirán caracterizarlo y estudiarlo mediante la espectroscopía ESR.

Así, entre las aplicaciones de la ESR, puede mencionarse su uso para la identificación de alimentos irradiados, siendo uno de los métodos más reconocido y utilizado actualmente.

Teniendo en cuenta el uso de radiaciones ionizantes como método de esterilización de materiales hospitalarios, el objetivo de nuestro trabajo consistió en evaluar a la ESR como metodología para estudiar diferentes tipos de papel de envoltorios de materiales biomédicos previamente irradiados.

II. Materiales y métodos

Jeringas, guantes quirúrgicos y apósitos con sus correspondientes envoltorios de papel fueron tratados con radiaciones gamma (Cobalto-60), con dosis entre 20 y 35 kGy. Luego del tratamiento, el papel de las muestras irradiadas y no irradiadas fue cortado y cargado en tubos de cuarzo realizándose las medidas en un espectrómetro banda X Bruker ECS 106. Los espectros de ESR provenientes de las muestras fueron corridos usando los siguientes parámetros instrumentales: centro de campo 3470 G, ancho de barrido 1000 G, potencia de la microonda 0.5 mW, frecuencia de la microonda: 9.68 GHz, tiempo de conversión: 5.12 ms, constante de tiempo: 5.12 ms, frecuencia de modulación 50 KHz, amplitud de modulación: 1.07 G, ganancia: $2,00 \times 10^4$, número de escanes: 40. La temperatura de trabajo fue de 20°C.

III: Resultados y discusión

Para el análisis cualitativo de los distintos tipos de papel mediante ESR se procedió a realizar los espectros de cada uno de ellos, antes y después de la irradiación. Estos se presentan en las figuras 1, 2 y 3.

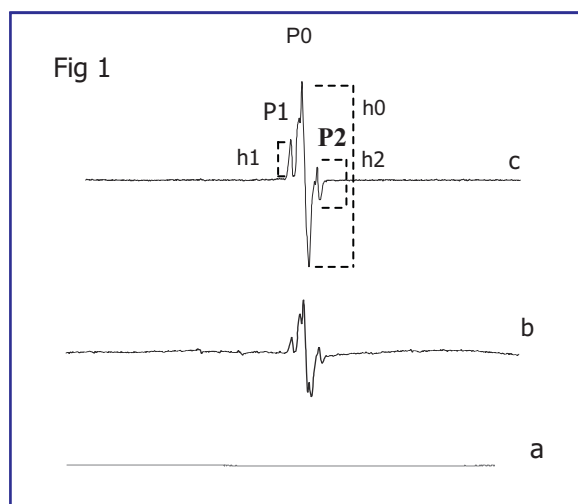


Figura 1: Espectros de papel de envoltorio de apósitos (EA). a: Sin irradiar, ausencia de señal; b y c: Irradiados con 25 kGy y 35 kGy de dosis absorbida respectivamente. Presencia de pico central (P0) y dos satélites (P1 y P2). Se indican como h0, h1 y h2 las alturas pico a pico del máximo central y de los satélites izquierdo y derecho respectivamente.

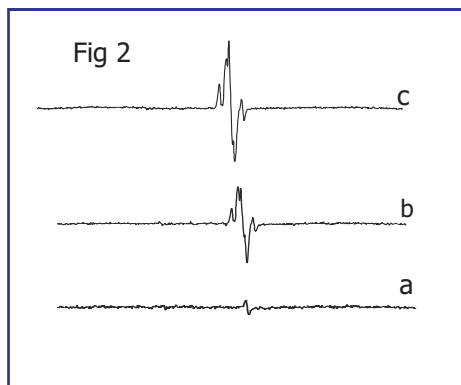


Figura 2: Espectro de papel de envoltorio de jeringa (EJ). a: Sin irradiar, presenta una baja señal central en la misma zona que P0; b y c: Irradiados con 20 kGy y 30 kGy de dosis absorbida, presencia de pico central (P0) y dos satélites (P1 y P2).

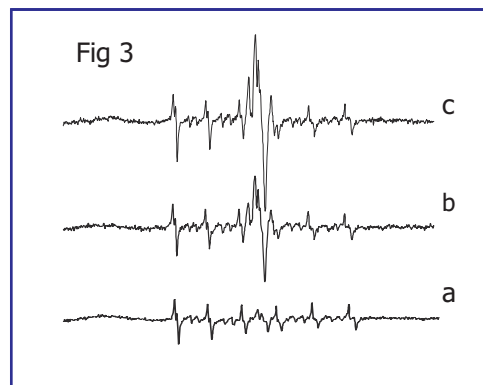


Figura 3: Espectros de papel de envoltorio de guantes (EG). a: Sin irradiar, presenta señal, b y c: Irradiados con 20 y 30 kGy de dosis absorbida, presencia de pico central (P0) y dos satélites (P1 y P2)

a. Análisis cualitativo espectral

El análisis de los espectros de las muestras irradiadas y no irradiadas evidenciaron: 1) La presencia de señales anisotrópicas debidas a los radicales libres inducidos por la radiación. Así, en las muestras irradiadas aparecen un pico central (P0) y dos picos “satélites” a ambos lados de la señal central (P1 y P2) ausentes en las muestras no irradiadas (señalados en figura 1). Éstos fueron inducidos incuestionablemente por la irradiación aplicada. 2) En todos los casos se observa el aumento de las señales con el incremento de la radiación absorbida.

Además en papel de EJ (figura 2), apareció un pico con igual localización como señal nativa, proveniente probablemente, de la presencia previa de radicales libres celulósicos propios de dicha muestra. En el espectro de EG irradiado y sin irradiar (figura 3), se observó el típico espectro del manganeso (Mn²⁺) con seis picos, producido por la presencia de dicho componente en el envoltorio de ese material.

b. Análisis de la dosis absorbida y lectura espectral

Luego se procedió a estudiar una posible relación entre la dosis de radiación absorbida y la altura de las señales de los espectros obtenidos. Para la señal central, la relación se observa en las figuras 4, 5 y 6, donde se muestra la variación de h_0/m que fue referida a la unidad de masa (h_0/m), expresada en unidades arbitrarias/mg (UA/mg) en función de la dosis, a distintos tiempos después de la irradiación.

Figura 4

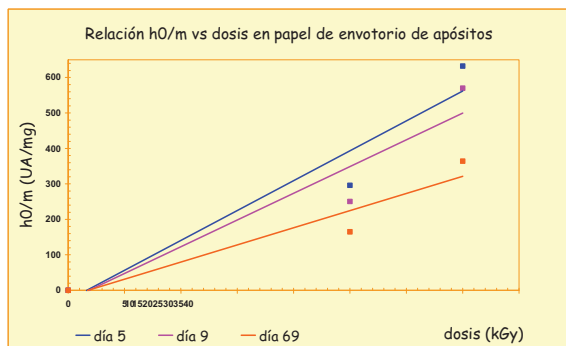


Figura 5

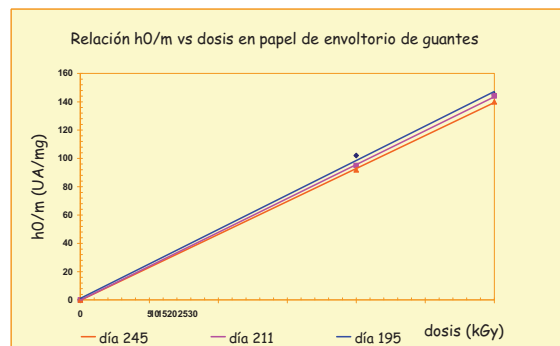
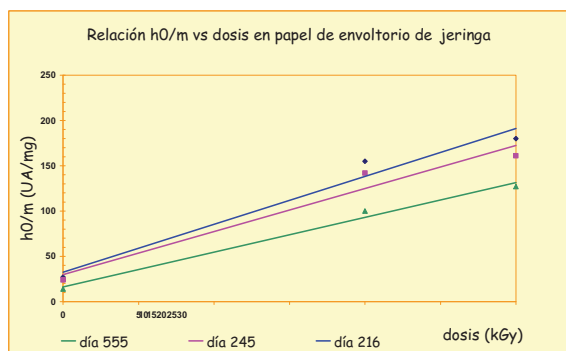


Figura 6



Figuras 4, 5 y 6: Efecto de la dosis de radiación absorbida sobre la intensidad de la señal central. Se representa su altura por unidad de masa (h_0/m) en función de la dosis aplicada a diferentes tiempos, post irradiación; para EA, EG y EJ, respectivamente.

EA días: 5, 9 y 69.

EG días: 195, 211 y 245.

EJ días: 216, 245 y 555.

R^2 comprendidos entre 0.91 y 0.99

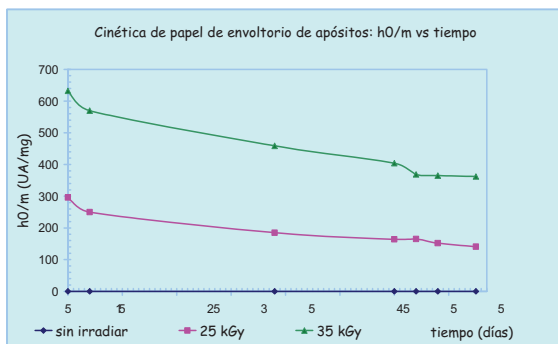
Los resultados señalaron la presencia de una relación lineal entre la dosis y la intensidad de la señal principal (h_0/m) en todos los casos.

Además se analizó la variación de la señal satélite (P1) con la dosis absorbida (resultados no presentados gráficamente). Se observó un incremento de la intensidad de la señal satélite (h_1/m) con el aumento de la dosis, siendo la relación lineal, solo para EG. Para EA y EJ, si bien hubo un incremento de la señal con la dosis, la relación no fue lineal.

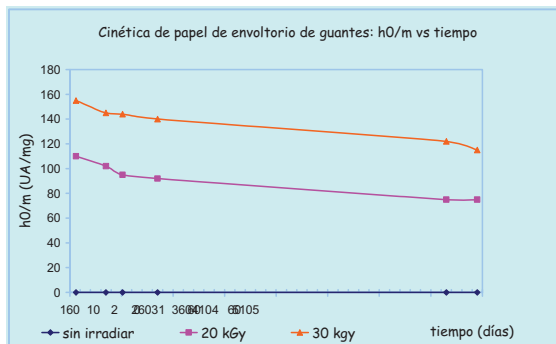
c. Análisis cinético

Se estudió la cinética de decaimiento de las señales principales y de los satélites en función del tiempo, según se muestra en las figuras 7 y 8 respectivamente. Los tiempos de seguimiento para papel de envoltorio de apósitos fueron hasta 80 días, mientras que para los demás fueron desde 160 a 560 días.

a



b



c

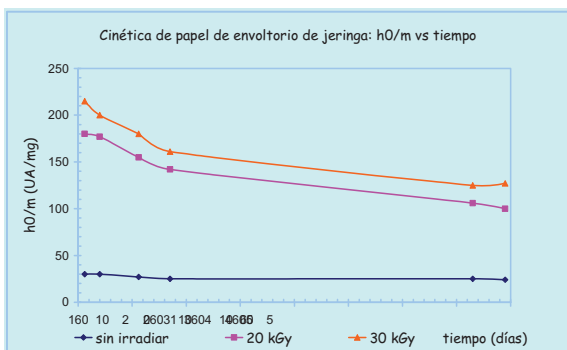
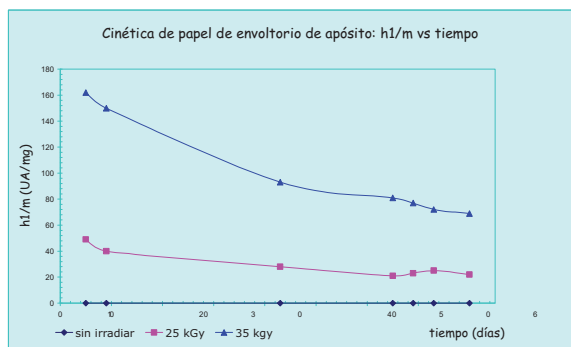


Figura 7: Cinética de decaimiento de la señal principal con diferentes dosis de irradiación absorbida. Se muestra la variación de la altura por unidad de masa (h_0/m), en función del tiempo, para distintas dosis. a: EA, con dosis de 0, 25 y 35 kGy, desde 5 a 80 días post irradiación; b: EG y c: EJ con dosis de 0, 20 y 30 kGy, desde 160 a 560 días post irradiación.

a



b

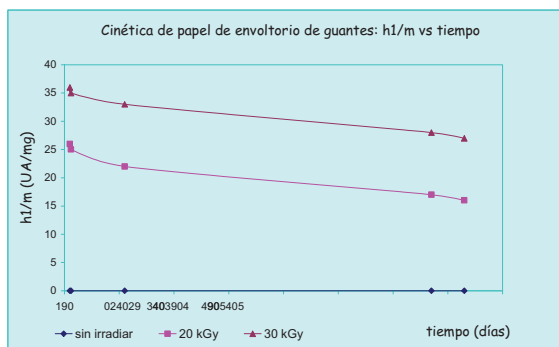


Figura 8: Cinética de decaimiento de la señal satélite P1 con diferentes dosis de radiación absorbida. Se muestra la variación de la altura (h1/m) en función del tiempo para distintas dosis. a: EA con dosis de 0, 25 y 35 kGy, desde 5 a 80 días post irradiación y b: EG con dosis de 0, 20 y 30 kGy, desde 160 a 560 días post irradiación.

A partir de estos resultados se calculó el tiempo de vida medio ($t_{1/2}$). Los valores para la señal principal y la señal satélite 1 figuran en la tabla 1 y en la tabla 2 respectivamente.

Dosis (kGy)	EJ $t_{1/2}$ (días)	EG $t_{1/2}$ (días)	Dosis (kGy)	EA $t_{1/2}$ (días)
0	180	0	0	0
20	241	234	25	23
30	236	323	35	30
entre 166 y 560 días			entre 5 y 80 días	

Tabla 1: dosis de irradiación absorbida y tiempo de vida medio de decaimiento de h0/m para los distintos tipos de papel.

Dosis (kGy)	EG $t_{1/2}$ (días)	Dosis (kGy)	EA $t_{1/2}$ (días)
0	0	0	0
20	320	25	23
30	380	35	30
entre 190 y 560 días		entre 5 y 80 días	

Tabla 2: dosis de irradiación absorbida y tiempo de vida medio de decaimiento de h1/m para papel de EG y de EA.

De acuerdo con la cinética de la señal principal y la satélite 1, para EG y EJ se observan $t_{1/2}$ prolongados para las muestras irradiadas (entre 234 y 380 días), es decir que las señales presentan estabilidad en el tiempo. Las últimas medidas realizadas fueron a 600 días, permaneciendo estables. En el caso de EG, la señal satélite sería más estable que la señal principal, según indica su $t_{1/2}$ comprendido entre 320 y 380 días.

Para EA, se muestra la primera fase de decaimiento rápido de las señales, con $t_{1/2}$ entre 23 y 30 días, menores a los anteriores. Se observa además, igual comportamiento de caída tanto para la señal principal como para la satélite.

c. Análisis de eficacia de la detección

También se evaluó la eficacia de detección. Se procedió a determinar la altura de la señal principal por unidad de dosis y de masa ($h0.D^{-1}.m^{-1}$) a distintos días post irradiación, los resultados se muestran en las figuras 9 y 10:

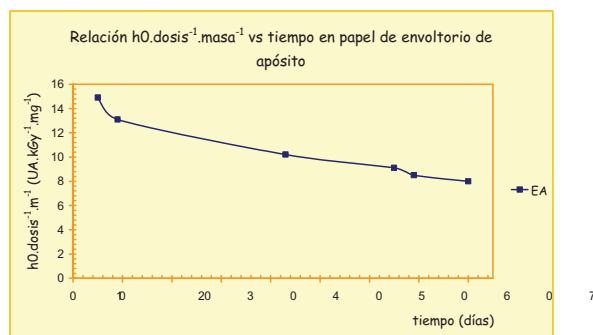


Figura 9. Relación entre $h0.D^{-1}.m^{-1}$ y tiempo en EA entre 5 y 80 días.

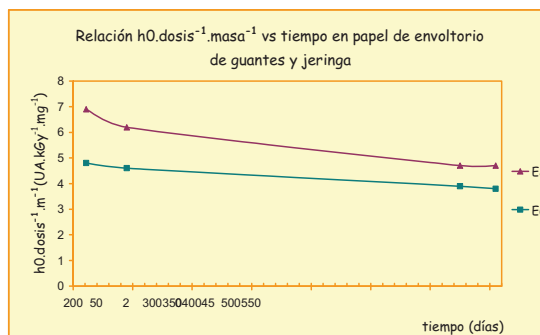


Figura 10. Relación entre $h0.D^{-1}.m^{-1}$ y tiempo en EG y EJ entre 211 y 560 días.

Se observó para EA que hay una etapa inicial de rápido decaimiento seguido por otra etapa de decaimiento lento. Para EJ y EG las muestras se encuentran en etapa de estabilidad. **El orden de eficacia de detección indica que todas son perfectamente detectables, siendo más altas las lecturas para EA, seguidas por EJ y EG. Cabe aclarar que las medidas de EA corresponden a un período de tiempo anterior a la de las otras muestras, sin embargo, están todas dentro del mismo orden de detección. Esto permitió detectar medidas por más de 600 días para estas muestras.**

IV. Conclusión

La ESR como metodología permitió: 1. Diferenciar el papel irradiado del no irradiado, para todos los tipos de papel, aún presentando en algunos casos una señal nativa sin irradiación previa. Esto se demostró por los picos satélites espectrales inducidos por la presencia de RL, resultado incuestionable del tratamiento previo recibido con radiación ionizante; 2. Diferenciar los distintos tipos de papeles irradiados en base a las señales espectrales obtenidas para cada uno; 3. Establecer una relación proporcional entre la dosis absorbida y la altura de las señales medidas, siendo lineal la relación para la señal central; 4. Detectar el tratamiento previo de irradiación recibido por más de 600 días posteriores al mismo, indicando una alta estabilidad de las medidas generadas por los RL producidos; 5. Diferenciar el decaimiento de la señal de acuerdo con la dosis absorbida; 6. Evidenciar la eficacia de detección y sensibilidad de la ESR, demostrada por el seguimiento y diferenciación de los distintos tipos de papel en el prolongado período de mediciones realizadas.

Estos resultados avalarían la utilidad de la ESR como metodología para evaluar la presencia previa de irradiación para esterilización en este tipo de materiales. Siendo concluyente cuando hay presencia de picos satélites en el espectro.

Referencias

- Delincée, H. (1998). *Detection of food treated with ionizing radiation. Trends in Food Science and Technology* 9, 73-82.
- Desrosiers, M. F. (1996). *Current status of the EPR Method to detect irradiated food. Appl. Radiat. Isot.* 47(11/12), 1621-1628.
- Escobar, E. (2005). Irradiación de alimentos: una solución para producir alimentos inocuos y reducir las enfermedades producidas por alimentos. *Ingeniería Alimentaria*. 55, 136-144.
- Organización Mundial de la Salud. (1989). *La irradiación de los alimentos. Una técnica para conservar y preservar la inocuidad de los alimentos*. OMS. Ginebra.
- Polat, M. and Korkmaz, M. (2003). *Kinetics of the Mn^{2+} ion and the free radical observed in γ -irradiated soybean (Glycine max L.). Food Research International*. 36 (9-10), 1073-1080.
- Polat, M. and Korkmaz, M. (2004). *The ESR spectroscopic features and kinetics of the radiation-induced free radicals in maize (Zea mays L.). Food Research International*. 37, 293-300.
- Raffi, J.; Stevenson, H.; Kent, M.; Thierry, J. and Belliardo, J. (1992) *European intercomparison on electron spin resonance identification of irradiated foodstuffs. Int. J. Food Sci. Technol.* 27, 111-124.

Laboratorio de Conservación y Restauración de Colecciones en Papel de la CNEA: tratamiento de libros y documentos atacados por microorganismos usando rayos gamma

LAURA ALFARO; MARIA VIRGINIA MIRANDA; MARIA ELISA GONZÁLEZ; ANA MARIA CALVO - Comisión Nacional de Energía Atómica

En 2005 se inauguró en el Centro Atómico Ezeiza el Laboratorio de Conservación y Restauración de Colecciones de Papel de la CNEA. Este laboratorio aprovecha la experiencia de la CNEA en la utilización del efecto biocida de la radiación gamma para la descontaminación y/o esterilización de productos. La radioesterilización de productos médicos condujo a la adquisición de experiencia en el efecto de la radiación gamma sobre los materiales empleados en los productos y sus envases. Además se trataron otros productos de diversa índole con fines tanto de esterilización como de desinfección y descontaminación.

En años más recientes se exploraron las aplicaciones a otros ámbitos tales como la descontaminación de libros o papeles de archivos afectados por contaminación biológica. La radiación gamma se puede emplear con fines de desinfección y/o desinfección en casos de contaminación con insectos u hongos para preservar los libros y documentos y en casos de desastres (inundación o incendio controlado con agua en bibliotecas o archivos) para prevenir el crecimiento de hongos y bacterias patógenas.

In 2005 the CNEA's Laboratory of Conservation and Restoration of Paper Collections was inaugurated at the Ezeiza Atomic Centre. This lab takes advantage of the experience of CNEA in the utilization of the biocide effects of gamma radiation for decontamination and sterilization of different products, mainly medical products.

In recent years the application of gamma radiation to other goods was explored. Gamma radiation can be utilized for disinfections in the case of biological contamination, such as contamination of books and documents by fungi or insects, and in the case of some disasters (inundation or fire controlled with water in libraries and archives) to prevent the growing of fungi and pathogenic bacteria.

1. INTRODUCCIÓN

En el 2005 se inauguró el Laboratorio de Conservación y Restauración de Colecciones de Papel de la CNEA en el Centro Atómico Ezeiza. Este laboratorio surgió de la iniciativa de la Mg. Ana M. Calvo y contó con el apoyo de la Fundación Antorchas para su instalación. La iniciativa aprovecha la experiencia de la CNEA en la utilización del efecto biocida de la radiación gamma para la descontaminación y/o esterilización de productos. La Planta de Irradiación Semi Industrial se inauguró en 1970 en el Centro Atómico Ezeiza y ha sido la herramienta para la introducción en el país de la tecnología de irradiación y para capacitación en estos temas en toda la región. La radioesterilización de productos médicos, utilizada desde entonces, condujo a la adquisición de experiencia en el efecto de la radiación gamma sobre los materiales empleados en los productos y sus envases. Además se tratan otros productos como cosméticos, farmacéuticos, materias primas, artículos para laboratorios, alimentos y alimentos para animales. Los fines buscados son tanto la esterilización como la desinfección y la descontaminación.

En años más recientes se han explorado las aplicaciones en otros ámbitos, como el de la descontaminación de diversos objetos de interés cultural y libros o papeles de archivos afectados por contaminación biológica tal como hongos o insectos. En este ámbito la radiación gamma se puede emplear con fines de

desinfección y/o desinfección en casos de contaminación microbiana patógena para proteger la salud de las personas; en casos de contaminación con insectos u hongos para preservar los libros, documentos u objetos y en casos de desastre (inundación o incendio controlado con agua en bibliotecas o archivos) para prevenir el crecimiento de hongos y bacterias patógenas.

2. DESARROLLO

El tratamiento con radiación gamma tiene ventajas derivadas por un lado de su condición de tratamiento físico, por lo que no deja residuos y permite que los productos puedan emplearse inmediatamente después del procesamiento, y por otra parte de su alto poder de penetración permite tratar los productos ya envasados en envases herméticos, además de superar cualquier restricción de diseño de los productos a tratar. Otra ventaja reside en la seguridad de procesamiento, ya que el único parámetro a controlar es la dosis de irradiación que depende exclusivamente del tiempo durante el cual los productos están expuestos a la radiación, una vez que la instalación y el proceso han sido validados.

La desinfección y desinfección se realizan siguiendo los lineamientos del proceso de radioesterilización, es decir: se establece la dosis de radiación necesaria para lograr el efecto buscado y se determina la inocuidad de dicha dosis sobre el material tratado, que no debe sufrir alteraciones físicas, químicas o

mecánicas que deterioren su funcionalidad como resultado del tratamiento.

El efecto de la radiación gamma sobre algunos tipos de papel se ha evaluado cada vez que se utilizó esta tecnología en el tratamiento de productos o envases. Por otra parte, se han realizado tratamientos en materiales bibliográficos propios afectados por inundaciones y en casos puntuales de prevención de contaminación en material postal.

Es sabido que la celulosa, principal componente del papel, es relativamente sensible a la radiación ionizante. Esto hace que en general sea resistido en algunos ámbitos el empleo de radiación para el tratamiento de material bibliográfico.

El tipo de reacciones químicas inducidas por la radiación gamma comprende la rotura de enlaces moleculares y la oxidación. En el caso de la molécula de celulosa las reacciones que se verifican incluyen la segmentación de la cadena carbonada del polímero para formar unidades de menor peso molecular y la apertura del anillo glucosídico con formación de diversas formas oxigenadas de mayor reactividad química y mayor susceptibilidad al ataque por microorganismos.

La fragmentación de la molécula de celulosa se manifiesta en el papel como una pérdida de su resistencia a la tracción. Sin embargo, una caída importante en el peso molecular no se refleja en la misma medida en las propiedades mecánicas como la resistencia a la tracción o la capacidad de elongación, que disminuyen en forma mucho más gradual. (Phillips, 1985). Además, la magnitud de los efectos observables depende de la intensidad del tratamiento o sea, de la dosis de radiación aplicada.

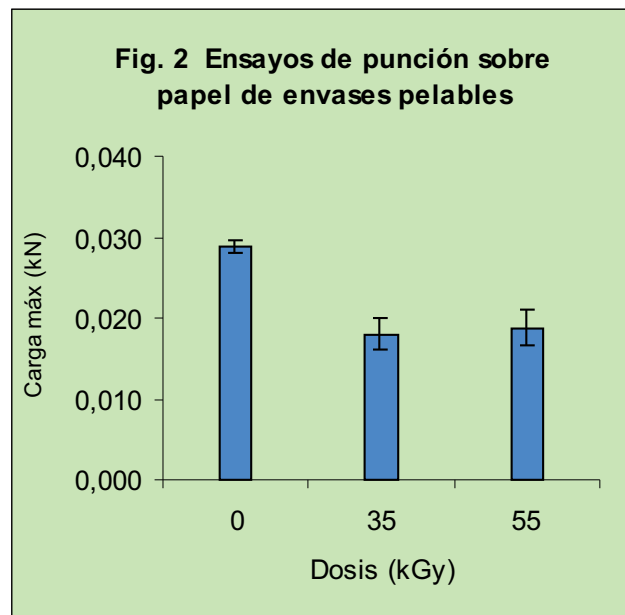
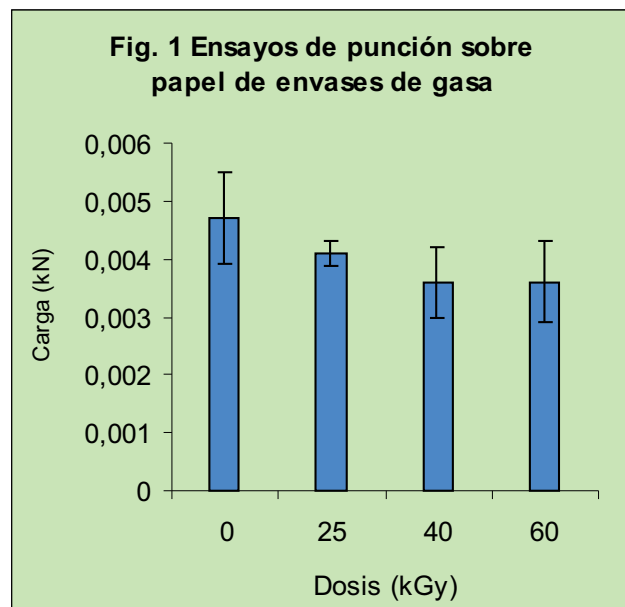
Existen diversos trabajos en la literatura científica tendientes a evaluar las posibilidades de la radiación como agente biocida en material bibliográfico afectado por contaminaciones de hongos y/o insectos. (Adamo, 2001; Butterfield, 1987; Guiomar, 1995; González et al., 2002). Sin embargo, las conclusiones no siempre coinciden con lo observado en aplicaciones prácticas.

La evaluación de efectos de la radiación sobre papeles constituyentes de envases de productos médicos a esterilizar por radiación gamma incluyen la irradiación de muestras con dosis altas y exámenes de propiedades mecánicas. Este tipo de evaluación se realiza en cada caso como parte de la validación del proceso y permite establecer la dosis máxima aplicable al producto.

Dado el tipo de exigencia a que puede ser expuesto el producto se eligen en general ensayos mecánicos de punción. Se darán aquí algunos ejemplos en los que se aplicaron dosis de hasta aproximadamente 60 kGy.

En general un criterio de aceptabilidad de materiales es que la propiedad medida no se deteriore en más de un 50 % respecto del valor original como consecuencia del tratamiento aplicado.

Los casos elegidos como ejemplo son: uno de envases para gasa, dos de envases pelables y uno de bolsitas plásticas (Figs 1-4).



Uno de los envases pelables presentaba zonas de diferente espesor, por esta razón se hicieron mediciones en las zonas de mayor y de menor espesor. Se puede observar que la disminución en la resistencia en los materiales irradiados con hasta 60 kGy no alcanza al 50 % en ninguno de los casos

Fig. 3 Ensayos de punción del papel en envases tipo "pouches"

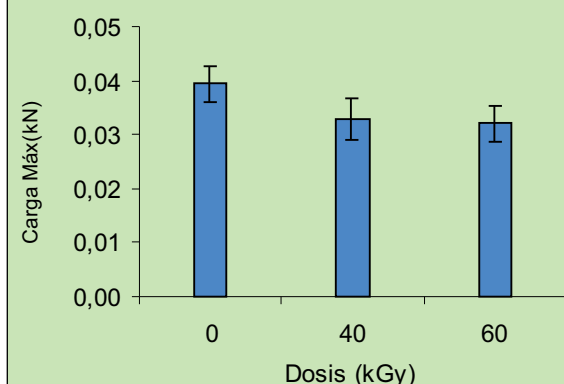
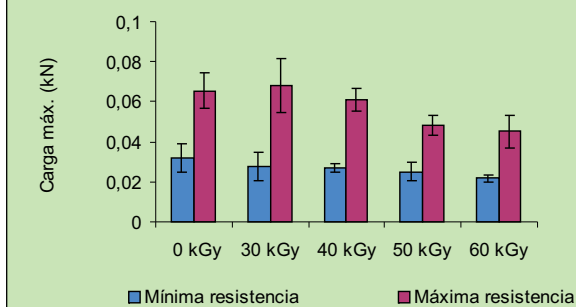


Fig. 4 Ensayos de punción sobre papeles de envases pelables con zonas de diferente resistencia



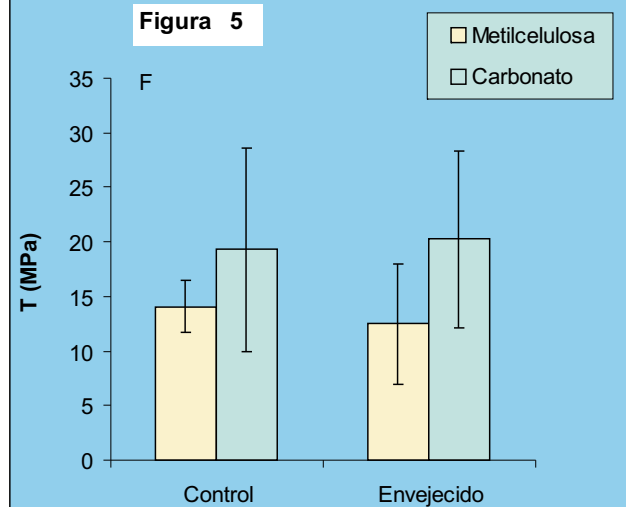
Es interesante observar que las diferencias en resistencia causadas por la irradiación en el papel de diferentes espesores son muy inferiores a la diferencia en resistencia de las zonas de máximo y de mínimo espesor.

En trabajos anteriores se encontró que con dosis de hasta 20 kGy, varios papeles de uso en bibliotecas y archivos no sufrían deterioros en la energía absorbida en la tracción (TEA) en más de un 20% y que algunos de ellos toleraban hasta 50 kGy con deterioros de hasta 25 % en la TEA. (Calvo, 2004, Calvo et al., 2005)

Tratándose de material bibliográfico es importante considerar los efectos del tratamiento a largo plazo, aún cuando debe considerarse siempre la irradiación como un recurso para salvar material que de otro modo sería irrecatable.

Resultados preliminares de ensayos realizados sobre papeles irradiados para la descontaminación y luego restaurados muestran que la resistencia a la tracción tolera un envejecimiento inicial. (Fig. 5). Estos resultados son promisorios para la continuación del trabajo con nuevos ensayos de envejecimiento por distintos métodos.

Figura 5



El Laboratorio está realizando trabajos para la CNEA y para terceros.

Desde el presente año está desarrollando un cronograma de visitas a las Unidades de Información (Centros Atómicos Bariloche y Constituyentes y Sede Central) y Archivos (Presidencia y otros), para realizar un diagnóstico y evaluación de las bibliotecas y archivos en que están guardados los fondos bibliográficos de la CNEA, como así también del estado de las colecciones, para detectar posibles infecciones, deterioros o problemas edilicios, si los hubiere, que signifiquen riesgos para el material almacenado, planificando los tiempos para realizar los tratamientos y las restauraciones necesarias.

Ya se ha puesto en práctica el servicio para dar respuesta a la Biblioteca de Asuntos Jurídicos, que envió cuatro volúmenes infectados con microorganismos para ser irradiados y restaurados. El material ha sido irradiado según la dosis determinada por la Lic. Celina Horak, quien coopera en el proyecto del Laboratorio y será restaurado próximamente. Esta tarea se desarrollará *part- time*, en los tiempos que así lo permite el trabajo que se está realizando para terceros.

Otra tarea que se está desarrollando en este momento es la investigación de una nueva técnica para la restauración de documentos. La misma consiste en el agregado de carbonato de calcio a la solución de metilcelulosa con que se pega el papel japonés a los documentos, luego de haber sido limpiados.

Habitualmente se utiliza sólo metilcelulosa y si se desea dar alcalinidad al documento o libro, se realiza un baño con una mezcla de agua destilada y carbonato de calcio. En este caso se consideró imposible realizar el baño por el estado de deterioro gravísimo de la mayoría de los documentos y se comenzó a agregar una cantidad de carbonato de calcio a la solución de metilcelulosa.

Se han realizado algunos ensayos para determinar el pH de los documentos irradiados y sin irradiar, como así

también los envejecidos.

Para comprobar el grado de mejora que se produce, se están haciendo ensayos de envejecimiento acelerado por calor seco, calor húmedo y UV con los papeles tratados con metilcelulosa solamente y con este compuesto de metilcelulosa y carbonato de calcio. Para ello se ha recurrido a las normas de envejecimiento acelerado por calor seco UNE 57092-1/ 2002 y por calor húmedo UNE 57092-4 / 2002 y a la Tappi 494 om/1996, para envejecimiento por UV.

Hasta el momento se han sometido a ensayos de tracción y comparado los resultados obtenidos con las probetas envejecidas con calor húmedo tratadas con papel japonés y metilcelulosa (caso A) y con papel japonés y la mezcla de carbonato de calcio más metilcelulosa (caso B). Los resultados preliminares muestran un aumento del orden del 40 % en la resistencia mecánica a la tracción en los papeles del caso B en relación con los del caso A. También se encontró que el envejecimiento acelerado realizado a 80°C y 65 % HR durante 24 hs no produjo alteraciones importantes en las muestras ensayadas. Aun deben completarse ensayos pendientes.

Aprovechando la visita al Centro Atómico Bariloche motivada por la realización en ese Centro de las Jornadas de Conservación de Bienes Culturales se acordó con la Jefa de la Biblioteca Leo Falicov hacer el diagnóstico y evaluación de la misma y de los distintos archivos del Centro Atómico desde el punto de vista de la conservación, dándose además una charla abierta a la comunidad sobre nociones básicas de conservación de materiales bibliográficos en soporte papel.

Se enviará un informe a las autoridades de los Centros Atómicos Bariloche y Ezeiza y de la Biblioteca Leo Falicov sobre lo observado y las consideraciones correspondientes, junto con la documentación fotográfica que fuese necesario.

En cuanto a servicio a terceros, desde el mes de febrero de 2006 se ha comenzado a restaurar un fondo documental muy importante por su valor histórico. El mismo sufrió un severo ataque por hongos luego de varios meses de estar mojado, a causa de una inundación en el subsuelo donde se hallaba guardado. Los documentos estaban guardados en folios plásticos, lo que dificultó la evaporación de la humedad, de tal modo que muchos documentos quedaron adheridos por el ataque fúngico a las paredes de los folios y totalmente fragilizados.

Al tomar conocimiento del estado de deterioro, los responsables de estos documentos intentaron secarlos y limpiarlos, pero a raíz de la falta de conocimiento para realizar la tarea en forma adecuada recurrieron a una restauradora profesional, quien aconsejó que se consultara con nuestro laboratorio, dada la magnitud de la tarea a desarrollar. Así se hizo y se realizó una tarea de relevamiento y diagnóstico cuyo informe les fue remitido. Una vez en conocimiento de la evaluación enviada acordaron autorizar el tratamiento y restauración del material.

Se comenzó haciendo ensayos microbiológicos para identificar los microorganismos existentes y la dosis a que

debían ser irradiados.

Una vez establecida la dosis se llevaron los documentos en cajas de cartón cerradas, según lo estipulado por la Planta de Irradiación del Centro Atómico Ezeiza y luego de ser irradiados, se trasladaron al Laboratorio donde actualmente se trabaja en su restauración.

TAREAS QUE SE DESARROLLAN DIARIAMENTE EN EL LABORATORIO

Algunas de las tareas que se desarrollaron en el Laboratorio desde su inauguración, y en este caso "ad honorem", son las relacionadas con la conservación y restauración de los libros que pertenecen a la Biblioteca del Centro Atómico Ezeiza, ubicada en el edificio de Plantas Químicas.

Luego de algunos meses en que a diario se aprendieron técnicas básicas sobre conservación preventiva, se seleccionaron los materiales reversibles que debían ser usados para restaurar. Se prepararon soluciones de metilcelulosa, se trabajó con las restauraciones en papel japonés, con la técnica para una adecuada limpieza de los libros, y otros temas relacionados con la digitalización y las radiaciones ionizantes aplicadas al tratamiento contra los hongos.

Como se mencionó anteriormente, a partir de febrero de 2006 se comenzó a trabajar en un fondo documental importante perteneciente a una institución privada. Al recibir las cajas que contenían los documentos deteriorados que habían sido irradiados comenzó una nueva etapa en el Laboratorio, nueva en todo sentido, ya no eran libros a limpiar sino documentos, muy deteriorados en muchos casos, de gran valor histórico y que debían ser tratados de un modo nuevo. Hasta ese momento sólo se estaban aprendiendo las técnicas, pero a partir de la recepción de este material hubo que encarar las tareas con mayor responsabilidad aún. ¿Cómo trabajar sobre esos documentos para que el resultado sea el mejor posible y no perder información durante la restauración? En algunos la información ya era escasa.

Actualmente se continúa trabajando en ello y el procedimiento que se está aplicando es el siguiente: se limpian ambas caras con sumo cuidado con pincel de cerda blanda y en los casos que soporten la fricción se usa goma rallada además de pincel.

Una vez limpios se realiza un recubrimiento con papel japonés para cubrir lagunas, pérdidas de trozos o quebraduras, como así también zonas que fueron fragilizadas o desaparecidas a causa del óxido generado por los ganchitos metálicos durante el período entre la inundación que sufrieron y su secado varias semanas después.

El papel japonés se adhiere en forma reversible con una solución de metilcelulosa y carbonato de calcio. El Laboratorio ha reemplazado el uso del papel japonés, extremadamente caro, por el de otro semejante de origen nacional. Luego de restaurado se deja secar en una sogá de hilo plástico y se toma con broches plásticos tratando de no

tocar el documento, sino los sobrantes del papel de filtro. El aire en el Laboratorio se mantiene en circulación lenta para asegurar el proceso de secado. Generalmente los papeles quedan colgados durante 24 hs y luego se llevan a la bandeja de secado, por si no estuviesen totalmente secos, durante otras 24 hs; estas bandejas son de metal pintadas con pintura epoxi y cubiertas con papel secante.

Un vez retirado del bandejero se recortan los sobrantes del papel de filtro y se colocan en carpetas confeccionadas en papel permanente, las que se prensan por grupos durante una semana para eliminar las arrugas. Luego se guardan en cajas confeccionadas con cartón neutro y de ese modo quedan listos para el próximo paso que es la digitalización.

Se digitalizan mediante el escaneado de cada documento, lo que permite guardar la información en discos compactos para tener acceso sin necesidad de manipular los documentos.

En los casos en que el deterioro es muy marcado se confecciona un informe particular, en donde se realiza un seguimiento, tanto escrito como fotográfico, del proceso

realizado en cada documento.

En muchos de los casos en donde la fibra del papel se encuentra muy frágil, se realiza también una copia en la que se transcriben los datos poco legibles del documento y se le adjunta.

A medida que se restauran y digitalizan los documentos, se van haciendo devoluciones parciales junto con un informe escrito y fotográfico de la tarea desarrollada hasta el momento, con recomendaciones para su posterior archivo y utilización. Al finalizar los trabajos se entregará un informe con la evaluación y las recomendaciones finales.

La realización de los trabajos de conservación y restauración tiene gran importancia para nosotros, los integrantes del Laboratorio, porque consideramos que en el presente estamos comprometidos con el pasado, sin poder dejar de observar el futuro, y junto a José Saramago decimos: "Haga lo que haga la Internet y la computadora, no hay nada en el mundo que pueda sustituir al libro, porque sobre la página de un libro se puede llorar y no se puede llorar sobre el disco duro de la computadora".

REFERENCIAS

- Adamo M 2001 - *Gamma radiation treatment of paper in different environmental conditions*. Restaurator vol 22, p 107-131
- Butterfield F. 1987 - *The potential long-term effects of gamma irradiation of paper*. Studies in conservation, vol. 32 p 181-191
- Gonzalez M.E., Calvo A.M., Kairiyama E. 2002 - *Gamma radiation for preservation of biologically damaged paper*. Radiat.Phys.Chem. (63) 263 - 265
- Guiomar M 1995 - *The applicability of gamma radiation to the control of fungi in naturally contaminated paper*. Restaurator vol 16 p 93-99
- Phillips G.O., Arthur, J.C. 1985 - *Photochemistry and radiation chemistry of cellulose*. En *Cellulose chemistry and its applications*. Nevell, T.P. and Zeronian, S.H. (Eds) Chicester (UK) Ellis Horwood Ltd p290-311
- Calvo, Ana María. 2004 - *Uso de Radiación Gamma para Control de Microorganismos e Insectos en Papel como Método*

de Conservación de Material Bibliográfico ante Peligro de Inutilización - (Tesis de Maestría, Universidad del Museo Social Argentino)

Calvo, Ana María, González, María Elisa. 2005 - *Tecnología de irradiación. Efectos de la radiación gamma sobre papeles de archivos y material bibliográfico*.

. V Jornadas de Arqueología e Historia de las Regiones Pampeana y Patagónica, 12- 14 de Octubre de 2005- Universidad Nacional de Luján (UNLu), Argentina.

-Norma UNE 57092-1 2002. Papel y Cartón. Envejecimiento acelerado. Pte.1: Tratamiento con calor seco a 105°C. Asociación Española de Normalización y certificación(AENOR), 6p.

-Norma UNE 57092-4 2002. Papel y Cartón. Envejecimiento acelerado. Pte.4: Tratamiento con calor húmedo a 80°C y 65% de HR. Asociación Española de Normalización y certificación (AENOR), 8 p.

-Norma TAPPI 494 om96. Tensile Breaking Properties of Paper and Paperboard (Using Constant Rate of Elongation Apparatus

Aclaraciones y Comentarios

Fe de erratas

En relación con la carta del Ing. Héctor Espejo y de la Dra. Marta Ruch publicada en la Revista de la CNEA - Año IX - Número 33/34 - período enero/junio de 2009, página 38, referida al artículo publicado en la Revista de la CNEA - Año VIII - Número 31/32 - período julio/diciembre de 2008, titulado: "Reflexiones sobre el desarrollo de proveedores para la industria nuclear argentina" del que es autor el Ing. Domingo Quilic, tanto en la Nota Editorial, página 3, segunda línea del párrafo octavo, como en la presentación de la nota en cuestión, página 38, segunda y quinta líneas, donde dice. "Lic. Marta Rauch" debió decir: " Dra. Marta Ruch".

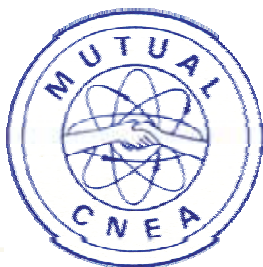
Asimismo, en la referida carta, en la página 36, cuarta línea del quinto párrafo, donde dice "primera norma nacional" debió decir "primera normativa nacional".

MUTUAL CNEA

FONDO COMPENSADOR DE LA ACTIVIDAD NUCLEAR



La Mutual CNEA es el exitoso fruto de la inquietud de un grupo de empleados de la CNEA que, con espíritu solidario, concibió la creación de un fondo compensador que mejorase la situación de jubilados y pensionados de la actividad nuclear.



29 años
1980 - 2009

BENEFICIOS PARA LOS ASOCIADOS

- Complementos jubilatorios o pensionarios
- Créditos hipotecarios, personales y otros
- Subsidios por casamiento, nacimiento/adopción o fallecimiento
- Descuentos en comercios y hoteles adheridos

**14 DELEGACIONES EN
TODO EL PAÍS**

1.676 ASOCIADOS
**COMPLEMENTOS
OTORGADOS**
Jubilatorios 762
Pensionados 503

**CONSULTE CONDICIONES
DE INGRESO O REINGRESO
EN SU DELEGACIÓN**

**MUTUAL DEL PERSONAL DE
LA COMISIÓN NACIONAL
DE ENERGÍA ATÓMICA**

Administración Central

Tel/Fax: 011-4701-0355 / 5059
11 de septiembre N° 4366/68
C1429BJF – C. de Buenos Aires
mutualcnea@cnea.gov.ar
mutualcnea@tutopia.com

CNEA AL DÍA

NOTICIAS DE LA
COMISIÓN NACIONAL
DE ENERGÍA ATÓMICA

(1° de julio al 31 de diciembre de 2009)

La CNEA diseña el primer contenedor nacional para el transporte de radioisótopos

Se trata de un contenedor que puede transportar en forma totalmente segura sustancias radioactivas líquidas y sólidas.

Tras años de investigación y desarrollo, se construyó este "bulto de transporte", denominado BU-MAN, con un diseño que cumple con las recomendaciones del Organismo Internacional de Energía Atómica adoptadas por la Autoridad Regulatoria Nuclear argentina.

De esta manera, nuestro país estará en condiciones de disponer, por primera vez en 60 años, de un "bulto de transporte" seguro y licenciado para ser utilizado tanto para uso local como para la exportación de nuestros radioisótopos.

El BU-MAN está pasando por la etapa de evaluación final, a cargo de la Autoridad Regulatoria Nuclear, con el propósito de licenciarlo para su uso.

Acuerdo tripartito con NASA y AECL

El 21 de septiembre, la CNEA firmó un acuerdo tripartito con Nucleoeléctrica Argentina S.A. (NASA) y la empresa canadiense Energía Atómica de Canadá (AECL) para ampliar una serie de programas de colaboración nuclear relacionados con el reactor de potencia CANDU 6 y con el desarrollo del reactor CANDU avanzado (ACR-1000).

El acuerdo fue firmado en las oficinas de AECL en Mississauga, Canadá, por los presidentes de los tres organismos, tiene una duración de tres años y extiende el acuerdo firmado en 2006 que incluyó una amplia gama de iniciativas, como la extensión de la vida de la Central Nuclear Embalse y el estudio de factibilidad para construir un nuevo reactor CANDU en nuestro país.

Acuerdo para la formación de ingenieros nucleares italianos

En un viaje a Italia organizado por el gobierno de ese país, una delegación de la CNEA encabezada por su Presidenta, Lic. Norma Boero, mantuvo una serie de encuentros con los máximos referentes del plan nuclear italiano, en los que se acordó colaborar en la formación de recursos humanos.

La delegación se reunió con autoridades y profesores especializados en el área nuclear de las universidades de Roma, Pisa y Génova que estuvieron de acuerdo en coordinar esfuerzos en la capacitación de sus nuevas camadas de ingenieros nucleares con la participación del Instituto Balseiro.

Aumentan las reservas de uranio del yacimiento Cerro Solo

Los resultados de las dos últimas campañas de perforaciones realizadas por la CNEA evidencian incrementos en las reservas de mineral de uranio del yacimiento Cerro Solo, estimándose en unas 6.000 toneladas la cantidad recuperable.

Los datos resultan alentadores. El yacimiento Cerro Solo se encuentra en etapa de evaluación y de prefactibilidad de explotación.

Acuerdo nuclear con la India

La Presidenta de la Nación y el Primer Ministro de la India firmaron en Nueva Delhi el 20 de octubre un acuerdo de cooperación para el uso pacífico de la energía nuclear. La misión argentina estuvo también integrada por el Ministro de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios y la Presidenta de la CNEA, Lic. Norma Boero.

Este acuerdo reviste especial importancia por el desarrollo complementario de ambos países en materia de tecnología nuclear y porque es el primero que la India firma con un país latinoamericano desde que concretara su Acuerdo de Salvaguardias con el Organismo Internacional de Energía Atómica y tras obtener el reconocimiento del Grupo de Proveedores Nucleares para establecer relaciones comerciales y de cooperación en el campo de la tecnología nuclear.

Los principales aspectos en los que las partes cooperarán se refieren a la investigación básica y aplicada en materia de uso pacífico de la energía nuclear contemplando la investigación, desarrollo, diseño, producción y suministro de combustibles nucleares para plantas de energía nucleoelectrica y reactores de investigación; la producción y utilización de radioisótopos y la producción industrial de componentes y materiales para reactores nucleares y su combustible. También contempla la capacitación y el desarrollo de recursos humanos en las áreas antes mencionadas.

La CNEA vende radioisótopos al Brasil

En el marco de un encuentro entre los presidentes de la Argentina y el Brasil se firmó una carta de intención para que la Argentina, a través de la CNEA, suministre al Brasil el radioisótopo molibdeno 99 utilizado para el diagnóstico y tratamiento del cáncer.

La Presidenta de la CNEA, Lic. Norma Boero, integró la comitiva argentina para ultimar los detalles del acuerdo que estipula proveer al dicho país 150 curies semanales de ese radioisótopo, con lo cual podrá cubrir más de un tercio de su demanda interna.

La salida de servicio del reactor NRU de Canadá en julio de 2009 generó un desabastecimiento del mercado mundial y produjo un déficit en la oferta de molibdeno 99, causando una crisis global en la provisión del mismo y, por ende, en las actividades de medicina nuclear, lo que es motivo de preocupación para todos aquellos países que no se autoabastecen. El molibdeno 99 es el precursor del tecnecio 99m, nucleido empleado en cerca del 80% de las prácticas de medicina nuclear.

La CNEA es uno de los seis productores mundiales de molibdeno 99 y el único que emplea un proceso basado en el uso de blancos de uranio de bajo enriquecimiento, por ella desarrollado, a diferencia del resto de los productores que emplean uranio de alto enriquecimiento en sus blancos.

A raíz de la mencionada crisis, la CNEA ya estaba proveyendo al Brasil desde hacía cinco meses una parte de sus necesidades semanales del nombrado radioisótopos, para lo cual debió duplicar la producción. Como resultado de este nuevo compromiso, la CNEA proyecta volver a duplicar la producción a partir de febrero de 2010 y llevarla a 600 curies mensuales.

Transferencia de acciones de la NASA a la CNEA

Por Decreto del Poder Ejecutivo Nacional N° 1.760/2009 se autorizó la cesión de acciones de la empresa Nucleoelectrica Argentina S. A. (NASA) a favor de la CNEA.

El Decreto permite así concretar el traspaso del 20% del capital de la nucleoelectrica estatal a las CNEA, en reconocimiento de compromisos que la empresa mantenía con ésta desde su creación en 1994.

El mismo Decreto dejó sin efecto el artículo 14 del Decreto N° 1540/1994 y el primer párrafo del Artículo 2° del Decreto N° 1390/1998 que estipulaban el pago a la CNEA, por parte de la NASA, de un canon destinado a financiar las tareas de investigación y desarrollo que aquella realiza.

Taller sobre riesgos sísmicos

Organizado por la CNEA y el Organismo Internacional de Energía Atómica, en la primera semana de noviembre se realizó en Buenos Aires la Primera Reunión de Expertos en Riesgos Sísmicos en Instalaciones Nucleares, con la presencia de expertos de reconocida trayectoria a nivel internacional. El Vicepresidente de la CNEA, Ing. Mauricio Bisauta, realizó la apertura del Taller.

El encuentro se centró en el estudio de los eventos sísmicos en lo relativo a la seguridad nuclear y radiológica de las instalaciones nucleares. Las experiencias recientes, las nuevas guías de seguridad en preparación por el citado organismo internacional y la presentación de trabajos técnicos por parte de los expertos, fueron los ejes de la reunión. Entre ellos destaca la experiencia aprendida del sismo de 16 de Julio de 2007 que afectó al mayor complejo de centrales nucleares del mundo, Kashiwazaki - Kariwa, en Japón, que resultó en una respuesta segura de las centrales nucleares frente a una sollicitación sísmica muy cercana y de elevada magnitud.

A fin de fortalecer las capacidades en esta temática y la cooperación a nivel regional, la CNEA se comprometió a incluir en su sitio web un espacio dedicado a las actividades técnicas y científicas relacionadas con los eventos externos que afectan la seguridad de las instalaciones nucleares, así como la comunicación entre los expertos y el desarrollo de otras actividades futuras.

Reunión técnica de reactores de potencia de agua pesada

Entre los días 9 y 12 de noviembre se celebró en Buenos Aires la Reunión Técnica de Reactores PHWR propiciada por el Organismo Internacional de Energía Atómica, con la participación de representantes de 16 países y dos organismos internacionales, quienes analizaron la situación y los avances en el diseño, la fabricación y el funcionamiento de los combustibles para este tipo de reactores.

La apertura del encuentro, que se llevó a cabo en la Biblioteca Nacional, estuvo a cargo de la Presidenta de la CNEA, Lic. Norma Boero, quien enfatizó los desafíos de la industria en este nuevo contexto de renacimiento nuclear que demanda lazos más fuertes de cooperación entre los países que comparten el desarrollo de esa tecnología.

También hizo hincapié en el proyecto Combustibles Avanzados para Reactores Argentinos (CARA), que apunta al desarrollo de un nuevo combustible común para las tres centrales nucleares argentinas, y señaló que la CNEA ostenta con orgullo un largo y exitoso historial en este campo y que desde que se decidió la instalación de la primera central nuclear en el territorio nacional atribuyó particular importancia a la obtención de la capacidad necesaria para el autoabastecimiento en materia de elementos combustibles para su operación, señalando también que la Argentina, dentro de sus posibilidades, ha compartido con otros países sus conocimientos y experiencia y está dispuesta a continuar haciéndolo en el futuro.

Taller para periodistas de La Rioja sobre usos pacíficos de la energía nuclear

Los días 26 y 27 de noviembre, el Gobierno de la Provincia de La Rioja, con la colaboración de la CNEA, organizó un taller sobre usos pacíficos de la energía nuclear destinado a periodistas de esa provincia, consistente en una jornada teórica y una visita guiada a la Central Nuclear Embalse. El taller estuvo destinado a periodistas de medios gráficos, televisivos, radiales y digitales de la provincia, como así también a equipos de prensa y difusión de diferentes áreas del gobierno. La jornada teórica contó con disertaciones de profesionales especialistas de la CNEA.

Un CAREM en Formosa

El 2 de diciembre, el Gobernador de la Provincia de Formosa y la Presidenta de la CNEA, Lic. Norma Boero, presentaron el proyecto de construcción de una planta nucleoelectrónica CAREM en esa provincia. La presentación se realizó en el salón de Actos de la casa de gobierno provincial y en su curso se expusieron diversos detalles relacionados con el proyecto. Cabe recordar que el CAREM es un reactor innovativo desarrollado por la CNEA y que en la actualidad se está procediendo a concretar la construcción de su prototipo en el predio que ocupara la ex Planta Experimental de Producción de Agua Pesada, próximo a las centrales nucleares Atucha I y II.

La CNEA en Misiones

El Gobernador de la Provincia de Misiones y la Presidenta de la CNEA, Lic. Norma Boero, firmaron el 10 de diciembre en la ciudad misionera de Montecarlo un acuerdo para propiciar la obtención de financiamiento para la realización de proyectos de interés común.

Se trata del Plan para la Erradicación y Control de la Mosca de la Fruta, utilizando la técnica nuclear del insecto estéril, y de la instalación de un Centro de Diagnóstico, Tratamiento, Investigación y Docencia del Bocio Endémico, para mejorar la calidad de vida de la población.

Convenio marco de cooperación mutua con la UNRN

El 18 de diciembre, la Presidenta de la CNEA, Lic. Norma Boero, y el Rector Organizador de la Universidad Nacional de Río Negro (UNRN) firmaron, en el Centro Atómico Bariloche, un convenio marco de cooperación.

El acuerdo compromete a ambas instituciones a establecer una relación de cooperación recíproca con el objetivo de propender a la formación de recursos humanos y a la investigación científico-tecnológica en áreas de interés mutuo, con particular énfasis en el campo de la ingeniería.

Ambas partes facilitarán el uso mutuo de las instalaciones necesarias para el cumplimiento de los objetivos que se fijen en los acuerdos específicos que se firmen, que serán monitoreados por una comisión mixta integrada por representantes de ambas instituciones.

INSTITUTO BALSEIRO

IB50K

El Instituto Balseiro, con el apoyo de la Universidad Nacional de Cuyo y el auspicio de diversas entidades, organizó el concurso de negocios de base tecnológica IB50K, con el objetivo de fomentar en el país la creación y el desarrollo de empresas de innovación tecnológica y al mismo tiempo promover la capacidad emprendedora de estudiantes y jóvenes profesionales.

La convocatoria estuvo dirigida a alumnos universitarios y profesionales -con un máximo de 4 años de egresados- para que pusieran sus conocimientos y aptitud innovadora en función del desarrollo de proyectos de base tecnológica que puedan tener una aplicación concreta en el corto plazo.

Los miembros del jurado destacaron el alto nivel de los 6 proyectos finalistas, a tal punto que el primer lugar debió ser compartido. De este modo se debieron sumar los montos correspondientes al 1° y 2° premio que se repartieron en forma equitativa. El 20 de agosto se conocieron los tres proyectos ganadores: el primer premio correspondió Nicolás Tognalli por el proyecto "Nanodetección" y a Esteban Domené por el proyecto "Desarrollo de un Accesorio Fototérmico para Microscopio Metalográfico", y el tercero a Germán Serrano y Andrés Airabella por el proyecto "Desarrollo de Instrumental Electrónico para la Medición de Variables Ambientales para el Aprovechamiento de Recursos Hídricos".

En una instancia previa a la entrega de premios, se llevaron a cabo las Jornadas IB50K edición 8 del 2009 "Claves para la generación de empresas de base tecnológica en la Argentina" que tuvo como panelistas a miembros del jurado.

Chicos del secundario becados en el Balseiro

Quince estudiantes de los dos últimos años de enseñanza media de varios establecimientos argentinos participaron en una instructiva pasantía en el Instituto Balseiro. Las becas se instauraron en 2002 y permiten que cada año 15 alumnos de nivel medio del país y dos profesores visiten con todos los gastos pagos el Instituto.

Los alumnos ganadores fueron esta vez oriundos de las provincias del Neuquén, Río Negro, Córdoba, Buenos Aires, Santa Fe, La Pampa, Mendoza, Corrientes y Salta, y de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

La selección de los ganadores se realizó sobre la base de una monografía elaborada en forma individual y supervisada por un profesor de cada escuela.

Cada año, el trabajo debe ajustarse al tema propuesto por el Instituto, que en esta oportunidad estableció que fuera "La Ciencia y la Ciencia Ficción". Un desafío para los alumnos que debieron investigar y escribir sobre la influencia de la ciencia ficción en la cultura y en el desarrollo científico tecnológico.

Se presentaron 531 trabajos de 252 escuelas de todas las provincias del país. Debido a la cantidad y a la calidad de la mayoría de los trabajos recibidos, la tarea de selección fue muy difícil y larga, siendo realizada por 44 investigadores, docentes y becarios del Instituto Balseiro y del Centro Atómico Bariloche.

Estos alumnos, junto a dos de los profesores que avalaron sus trabajos, visitaron Bariloche entre 4 y el 10 de Octubre, en gozo de una beca integral en las instalaciones del Instituto Balseiro y el Centro Atómico Bariloche.

Además de las 15 becas y debido a la calidad de sus trabajos, se reconoció a los autores de otros 19 trabajos que llegaron a la fase final de la evaluación, los que fueron premiados con una mención especial.

Las actividades de los becarios incluyeron visitas a laboratorios y a empresas tecnológicas y asistencia a seminarios y clases del Instituto, así como la realización de experimentos.

Desde que se instauraron estas becas, más de 500 chicos de todo el país se enriquecieron realizando la investigación y redacción de la monografía.

La lista de los participantes becados y de aquellos con mención especial puede consultarse en el sitio web www.ib.edu.ar/becaib.

Otro premio internacional para el Balseiro

El Instituto Balseiro cosechó un nuevo reconocimiento internacional por su labor, siendo el cuarto en el año 2009.

El mismo fue otorgado esta vez por el Organismo Internacional de Energía Atómica y responde al aporte realizado por el Balseiro en la capacitación de investigadores y tecnólogos para América Latina y su apertura a otros países de la región.

Cabe destacar que el Instituto Balseiro es la única institución en Latinoamérica que posee la carrera de Ingeniería Nuclear en su nivel de grado.

Nueva promoción de egresados

El 20 de diciembre se realizó la ceremonia de colación de grados de los nuevos egresados del Instituto Balseiro: 15 en Física, 6 en Física Médica y 7 en Ciencias Físicas.

INSTITUTO SABATO

El Ing. de Vedia nombrado Académico Titular

El Ing. Luis Alberto de Vedia ha sido nombrado Académico Titular por la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, distinción que se suma a su nombramiento, en 2007, como miembro de la Academia Nacional de Ciencias de Buenos Aires.

El Ing. de Vedia ha prestado permanentemente valiosa colaboración al Instituto Sabato, donde se ha desempeñado como Director de la Carrera Ingeniería en Materiales durante el periodo 2002-2008. Actualmente es docente de grado y posgrado e investigador activo en Ciencia e Ingeniería de Materiales; forma parte del Consejo Académico del Instituto y es miembro del Consejo Superior de la Universidad Nacional de San Martín. Además, desde marzo de 2008, dirige el proyecto del Laboratorio de Materiales que se instalará en el Campus Miguelite de esa universidad.

RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS

MINPLAN- Comunicarnos para conocernos.

Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios.
Oficina de Prensa y Comunicación. (2009)

Es una publicación interna del Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, cuyo principal objetivo es generar vínculos con todas las Secretarías que lo conforman y comunicarse con las mismas a fin de dar a conocer qué se hace en cada lugar de trabajo, quienes forman parte del mismo y las actividades que desarrollan y de las cuales se puede participar.

En su edición participan colaboradores de todos los organismos Dependientes del Ministerio. Se publica en castellano con frecuencia mensual.

Publicación recomendable para estar enterado de las actividades que se llevan a cabo en el Ministerio.



EMPRESAS Y FUNDACIONES DEL SECTOR NUCLEAR ARGENTINO ASOCIADAS O VINCULADAS CON LA CNEA

COMBUSTIBLES NUCLEARES ARGENTINOS S.A. (CONUAR)

CONUAR fue creada por Decreto N° 1719/81. Es una sociedad anónima cuyo capital accionario corresponde el 33,33% a la CNEA y el 66,67% restante a la empresa privada SUDACIA S.A., estando su planta de producción situada en el Centro Atómico Ezeiza, provincia de Buenos Aires. Tiene como objetivo producir, a partir de la utilización de tecnología suministrada por la CNEA, elementos combustibles para el abastecimiento de las centrales nucleoelectricas y de los reactores de investigación argentinos. Su dirección es Prebistero Juan González y Aragón N° 15 - Centro Atómico Ezeiza – (B1802AYA) Ezeiza – Buenos Aires – Argentina - Teléfono: (54 – 11) 6326-1300 - Fax: (54 – 11) 6326-1490 - <http://www.conuar.com.ar>

DIOXITEK S. A.

DIOXITEK fue creada en 1996 por Decreto N° 1286/96. Es una sociedad anónima cuyo capital accionario corresponde en un 99% a la CNEA y el 1% restante a la provincia de Mendoza. Su objetivo inicial fue garantizar el suministro del dióxido de uranio que se utiliza en la fabricación de los elementos combustibles para las centrales nucleares de potencia. En 2002 incorporó a su actividad la producción y comercialización de fuentes selladas de cobalto 60 para uso medicinal e industrial. Su planta de producción de dióxido de uranio se encuentra en la ciudad de Córdoba y la planta industrial de elaboración de fuentes selladas de cobalto 60 en el Centro Atómico de Ezeiza, provincia de Buenos Aires. Su dirección es Avenida del Libertador 8.250 (1429) Buenos Aires – Argentina - Teléfono: (54 – 11) 4704 - 1035/1236 - Fax: (54 – 11) 4704 - 1043 - <http://www.dioxitek.com.ar>

EMPRESA NEUQUINA DE SERVICIOS DE INGENIERÍA S. E. (ENSI)

ENSI fue constituida el 21 de diciembre de 1989 entre el Gobierno del Neuquén y la CNEA. Es una sociedad del estado neuquino cuyo capital accionario corresponde en un 51% a dicho estado y un 49% a la CNEA y su sede se encuentra en la localidad de Arroyito de la citada provincia. Su objetivo principal es operar plantas químicas a escala piloto e industrial y elaborar y comercializar productos químicos. Por contrato con la CNEA se hizo cargo de la operación de la Planta Industrial de Agua Pesada (PIAP) situada en la citada localidad de Arroyito. ENSI, además, presta servicios de ingeniería a empresas dedicadas a la producción de petróleo, gas y energía eléctrica que operan en la región. Su dirección es Ruta Nacional 237 km. 1278 Arroyito (8313) Neuquén – Argentina - Teléfono: (54 – 299) 440706/440411/440572 - Fax: (54 – 299) 440534 – <http://www.ensi.com.ar>

FABRICA DE ALEACIONES ESPECIALES S.A. (FAE)

FAE fue creada por Decreto N° 1088/86. Es una sociedad anónima cuyo capital accionario corresponde un 32% a la CNEA y el 68% restante a la empresa CONUAR S.A., estando su planta de producción situada en el Centro Atómico Ezeiza, provincia de Buenos Aires. Tiene por objetivo la producción, a partir de la utilización de tecnología suministrada por la CNEA, de vainas y semiterminados de zircaloy 4 para la fabricación de elementos combustibles para reactores de potencia y la producción de tubos de acero inoxidable y aceros especiales de alta calidad. Su dirección es Prebistero Juan González y Aragón N° 15 - Centro Atómico Ezeiza – (B1802AYA) Ezeiza – Buenos Aires – Argentina - Teléfono: (54 – 11) 6326-1493 - Fax: (54 – 11) 6326-1496 - <http://www.fae.com.ar>

INVAP S. E.

INVAP fue creada por Decreto del Gobierno de Río Negro N° 661/76. Es una empresa de tecnología cuyo capital accionario corresponde en un 100% al estado rionegrino, estando vinculada a la CNEA mediante un acuerdo con la referida provincia. Su sede se encuentra en San Carlos de Bariloche. Su objetivo estatutario original es servir al desarrollo nuclear argentino, aunque más tarde ha extendido sus actividades a otros campos tecnológicos como el aerospacial. Se dedica principalmente al desarrollo y construcción de reactores de investigación e instalaciones nucleares de todo tipo, así como también de sistemas de aplicación médica y científica. Además, participa en el desarrollo y la construcción de satélites. Su dirección es Francisco Perito Moreno 1089 - C.C. 961 – (R8400AMU) San Carlos de Bariloche - Río Negro – Argentina - Teléfono: (54 – 2944) 445400 - Fax: (54 – 2944) 423051 - <http://www.invap.com.ar>

POLO TECNOLÓGICO CONSTITUYENTES S.A. (PTC)

El PTC fue creado por Decreto N° 894/98 y está constituido por la asociación de instituciones de desarrollo tecnológico con capacidades distintas y complementarias (CNEA, Universidad Nacional de San Martín, Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa y Servicio Geológico Minero Argentino) radicadas en el área geográfica vecina al Centro Atómico Constituyentes, provincia de Buenos Aires. La CNEA es poseedora del 20% del capital accionario. El PTC tiene por objeto prestar servicios en las áreas de la investigación y el desarrollo tecnológico cuando ellos requieran complementar las capacidades de sus integrantes. Su dirección es Parque Tecnológico Miguelete – Edificio 1 - Avda. General Paz (entre Constituyentes y Albarellos) (1650) - San Martín - Pcia. de Buenos Aires – Argentina - Teléfono / fax: (54 – 11) 754 – 4070 – <http://www.cnea.edu.ar/polo>

FUNDACIÓN CENTRO DE DIAGNÓSTICO NUCLEAR (FCDN)

La FCDN constituye un emprendimiento conjunto de la CNEA y la FUESMEN con el objeto de dotar al conglomerado bonaerense de un centro de última generación de diagnóstico por técnica de emisión de positrones (PET). Fue creada el 14 de diciembre de 2004 y su Centro de Diagnóstico Nuclear fue inaugurado el 23 de mayo de 2007. Su dirección es Avenida Nazca 3449 (1429) Buenos Aires – Argentina - Teléfono / fax: (54 – 11) 4566-7597 - E-mail: info@fcdn.org.ar - <http://fcdn.org.ar>

FUNDACIÓN ESCUELA DE MEDICINA NUCLEAR(FUESMEN)

La FUESMEN fue creada por convenio suscripto el 21 de diciembre de 1990 entre la CNEA, el Gobierno de Mendoza y la Universidad Nacional de Cuyo, con el objetivo de desarrollar actividades científicas, docentes y asistenciales en un marco de excelencia técnica y humana en el campo de la medicina nuclear y el radiodiagnóstico. Su dirección es: Garibaldi 405 (M5500CJ) Mendoza – Argentina - Teléfono: (54 – 261) 4201615 - Fax: (54 – 261) 4203288 - E-mail: info@fuesmen.edu.ar - <http://fuesmen.edu.ar>



**COMISIÓN NACIONAL
DE ENERGÍA ATÓMICA**



AV. DEL LIBERTADOR 8250
C1429BNP - C.A. DE BUENOS AIRES
REPÚBLICA ARGENTINA
TEL: (011) 4704-1215
REVISTA@CNEA.GOV.AR
WWW.CNEA.GOV.AR