

Participación del ININ en las Actividades de Gestión de Desechos Radiactivos de la Central Laguna Verde

Medrano L. Marco¹, Ramírez G. Rau², Zarate M. Norma, Rodríguez C. Carlos¹, Linares R. Daniel¹

¹ Gerencia Subsede Sureste
Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, México
maam@nuclear.inin.mx

² Central Laguna Verde
Comisión Federal de Electricidad, México
rrg98464@cfe.gob.mx

RESUMEN

Desde el inicio de la operación de la Central Laguna Verde (CLV) el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) ha venido apoyando a la CLV en las actividades de gestión de los desechos radiactivos húmedos y secos generados por la operación de las dos unidades de la CLV, desde la elaboración de procedimientos para el almacenamiento temporal en sitio, la implementación de un programa de minimización y segregación de desechos sólidos secos, hasta la clasificación de los lotes de desechos húmedos y desechos secos embidonados. En este trabajo se presenta la descripción de las actividades de gestión de desechos radiactivos realizadas por el ININ en las instalaciones de la CLV a la fecha, así como algunas acciones que se tienen planeadas en el futuro cercano, entre las que se destaca la determinación de la actividad alfa total en muestras húmedas mediante análisis por centelleo.

1. INTRODUCCIÓN

Desde el inicio de la operación de la Central Laguna Verde (CLV) el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) ha venido apoyando a la Central en las actividades de gestión de los desechos radiactivos húmedos y secos generados por la operación de las dos unidades. Debido a que Laguna Verde es la primera instalación nuclear de gran escala en México la solución de problemas tecnológicos y el marco regulatorio de han venido desarrollando a la par, en este sentido el tema de la gestión de desechos radiactivos de nivel bajo es un claro ejemplo de esta situación.

El apoyo del ININ a la CLV se ha dado en una amplia variedad de temas relacionados con el proceso de gestión de los desechos generados, pero se ha enfocado principalmente a la clasificación radiológica y al establecimiento de métodos de minimización y reducción de volumen. En este trabajo se presenta un resumen de los proyectos principales y una descripción breve del contenido de cada uno de ellos.

2. PROCEDIMIENTOS DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE DESECHOS.

Durante el diseño y construcción de las instalaciones para el almacenamiento temporal de los desechos generados por la operación de la Central Laguna Verde se hicieron revisiones de los espesores de paredes para cumplir con los niveles de radiación objetivos de diseño recomendados por el OIEA para este tipo de instalaciones. También se elaboraron los procedimientos de almacenamiento de bidones y Contenedores de Alta Integridad (HIC), en los cuales se incluyeron criterios de acomodo con base a los niveles de radiación a contacto de los bidones y HICs. Esto se llevó a cabo mediante el desarrollo de programas de cálculo de blindaje simples a partir de las metodologías de kernel puntual, como el método descrito en el manual de diseño de blindajes de Rockwell [1]

3. IMPLANTACIÓN DEL PROGRAMA DE MINIMIZACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS SECOS

Durante el arranque de la unidad 1 de la CLV se generaron y embidonaron cantidades importante de desechos radiactivos en forma de plásticos, trapos, papeles, ropa y accesorios de PR con niveles de contaminación y radiación muy bajos, lo cual indicaba que podría haber cantidades apreciables de desechos que pudieran ser liberados como materiales libres de contaminación. Además en este tiempo era común la introducción de materiales diversos, como escaleras, andamios, mangueras, extensiones eléctricas y herramientas en general, sin tomar en cuenta el riesgo de contaminarlas y la existencia de ese tipo de materiales dentro de las áreas restringidas.

Esta situación llevo a la implantación de un programa de minimización de desechos [2], cuyo principales objetivos deberían ser el de evitar la introducción innecesaria de materiales a las áreas restringidas, el establecimiento de zonas de acopio de materiales la reutilización los materiales ya existentes, así como la segregación de origen de los diferentes tipos de materiales contaminados.

4. ESTABLECIMIENTO DEL PROCESO DE SEGREGACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS SECOS.

El siguiente paso consistió en el desarrollo e implantación de un programa de segregación de todos los materiales de desecho contaminados y potencialmente contaminados, de modo que después de un monitoreo intensivo se pudieran identificar y liberar como “radiologicamente limpios” aquellos materiales con ausencia de contaminación radiactiva.

La implantación del programa de segregación de desechos sólidos [3] ha proporcionado muy buenos resultados entre los que se encuentran:

- Un factor de recuperación de materiales “radiologicamente limpios” de aproximadamente 40 %.
- La segregación de origen de materiales compactables (como plásticos, trapos, papeles) y de materiales no compactables (como metales, madera, tierras).

- Identificación del Inventario físico y radiológico de los materiales contenidos dentro de los bidones con desechos sólidos secos que están almacenados temporalmente en las instalaciones de la Central.

5. CLASIFICACIÓN DE LOTES DE DESECHOS HÚMEDOS

La sección 6 de la NOM-004-NUCL-1994 [4] requiere que el material radiactivo sea clasificado en una de tres clases (A, B o C), con base en las concentraciones de radionúclidos de vidas medias largas y cortas indicados en las tablas 1 y 2 de la NOM, para que puedan ser clasificados como desechos radiactivos de nivel bajo.

Los radionúclidos listados en las tablas 1 y 2 de la NOM-004-NUCL-1994 pueden ser organizados gruesamente en dos grupos: (1) Aquellos que son susceptibles de cuantificación por técnicas convencionales de medición (como el análisis espectral gamma de isótopos tales como Co-60, Cs-137 y Ce-144), y (2) Aquellos que requieren análisis radioquímicos más sofisticados y que frecuentemente son realizados fuera de las instalaciones del generador del desecho (como el análisis beta de tritio, C-14, Tc-99, I-129, así como el análisis alfa de elementos transuránicos).

Debido a las dificultades que se presentan en algunos casos para la clasificación de los desechos, por la presencia de radionúclidos difíciles de medir (DTM) con las técnicas de monitoreo rutinarias, en la NOM-018-NUCL-1995 [5] se describen los métodos aceptables para la determinación de radionúclidos en el desecho radiactivo. Las concentraciones pueden determinarse por mediciones de radiactividad total, medición directa, o por métodos indirectos.

Los análisis para determinar las concentraciones de radionúclidos DTM en muestras representativas de los tipos de desechos son realizados por laboratorios especializados mediante técnicas de separación radioquímica y de detección de emisores alfa y beta puros. Con base en los resultados obtenidos, se establecen “factores de escalamiento”, los cuales relacionan de manera inferencial las concentraciones de los radionúclidos DTM con las concentraciones de emisores beta-gamma determinados por espectrometría gamma en muestras rutinarias del tipo de desecho. Un ejemplo consiste en la determinación de factores de escalamiento de elementos transuránicos (emisores alfa) a partir de la concentración del isótopo Ce-144 o el escalamiento de I-129 y Tc-99 a partir del Cs-137, o el escalamiento de productos de corrosión a partir de la concentración de Co-60. Los factores de escalamiento deben desarrollarse específicamente para cada instalación y tipo de desechos. Estos factores deberán determinarse inicialmente y confirmarse periódicamente a través de medición directa.

De acuerdo con lo antes expuesto, en 1993 se enviaron muestras de desechos radiactivos sólidos húmedos de la Unidad 1, a un laboratorio exterior para su clasificación radiactiva. Con los resultados de las muestras el ININ (GSS) determinó factores de escalamiento para la clasificación de 180 lotes de Desechos Radiactivos Húmedos contenidos en HIC y bidones con Desechos Concentrados (cementados o asfaltados) generados entre 1989 y 1996. Para llevar a cabo esto se realizaron las siguientes actividades:

1. Elaboración del procedimiento de clasificación de los desechos radiactivos [6], con los criterios para el uso de los resultados de las muestras.

2. Elaboración de memorias de cálculo para respaldar los criterios y suposiciones empleados para la clasificación rutinaria de los lotes desechos húmedos.
3. Se logró la clasificación de los 180 lotes de desechos generados hasta la fecha a partir de los resultados de la muestras y a que se demostró que los inventarios de radionúclidos de la mayoría de los lotes son estadísticamente constante, es decir, que forma parte de la misma población.

Como una conclusión importante del análisis de las muestras enviadas al laboratorio especializado [7] se tiene que en los lotes de la CLV no se encontraron productos de fisión (como el Cs-137 y Ce-144) ni cantidades significativas de elementos transuránicos.

De las muestras analizadas por el laboratorio se identificó que sus inventarios y concentraciones son similares, encontrándose los siguientes radionúclidos emisores gamma: Mn-54, Co-58, Co-60, Zn-65, Sr-89, Ag-110m, mientras que los emisores beta encontrados son: H-3, C-14, Fe-55, Ni-63 y Sr-90, no habiéndose encontrado elementos transuránicos, excepto trazas de Cm-244 en una de las muestras, que pueden provenir de impurezas de uranio en los encamisados de los elementos de combustible.

6. CLASIFICACIÓN DE BIDONES DE 200 LTS. CON DESECHOS SÓLIDOS SECOS.

En el caso particular de desechos acondicionados en bidones, la NOM-018-NUCL-1995 permite el establecimiento de métodos indirectos para determinar la actividad total de radionúclidos contenidos dentro de los bidones, a partir de lecturas de rapidez de exposición, siempre y cuando se puedan establecer los factores de conversión apropiados tomando en cuenta parámetros como la energía y abundancias de los radionúclidos, la densidad y geometría del bidón.

Una forma de obtener los factores de conversión de rapidez de exposición a actividad total, requeridos por la normativa consiste en la modelación teórica mediante códigos de blindaje, como el ISOSHIELD-II [8] y su correlación con los resultados obtenidos al monitorear bidones mediante el uso de la espectrometría gamma.

El Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), cuenta con un sistema de medición de actividad para bidones conteniendo desechos radiactivos de nivel bajo, este equipo se encuentra montado en una plataforma lo cuál le permite ser trasladado al lugar en donde se le requiera, y está constituido básicamente por un sistema electromecánico que le proporciona un movimiento giratorio y de elevación al bidón; y un sistema de espectrometría gamma.

Este equipo llamado Sistema Caracterizador de Desechos Radiactivos, SCDR [9] que se muestra en la figura 1, realiza la medición de la actividad de los radionúclidos emisores gamma contenidos en el bidón, por segmentos que son predeterminados por el operador además le da movimiento giratorio al bidón para cubrir toda el área de este.



Figura 1 Sistema Caracterizador de Desechos Radiactivos (SCDR) del ININ.

Un resultado importante que se obtiene con el uso de este sistema es la obtención de factores de corrección por auto absorción del material contenido en el bidón para cada segmento. Dicha corrección se logra mediante el uso de una fuente de transmisión de Eu-152, la cual se encuentra situada en línea con el detector de tal manera que al mover el bidón (hacia arriba y hacia abajo) siempre quede de un lado el detector y del otro lado la fuente.

Con respecto a la verificación de homogeneidad dentro del bidón, el método de análisis con el SCDR, divide al bidón en 5 segmentos para realizar su conteo, obteniéndose un reporte por cada segmento. Mediante el análisis de actividad por segmento de bidones se puede determinar si la distribución de actividad es homogénea o no lo es, en cuyo caso se deberán obtener factores de corrección para ajustar los resultados de la modelación teórica.

Para dar cumplimiento con lo indicado en la NOM-018-NUCL-1995 se realizó el monitoreo de 650 bidones de las dos unidades de la CLV mediante el uso del SCDR del ININ y se tomaron lecturas de rapidez de exposición a contacto en cinco elevaciones (segmentos) de cada bidón monitoreado, como resultado se obtuvo la siguiente información por cada bidón:

- Inventario de Radionúclidos.
- Actividad por segmento.
- Actividad del bidón.
- 4 lecturas de rapidez de exposición a contacto por segmento.
- Rapidez de exposición máxima.
- Peso del bidón.

En adición a la información obtenida de cada bidón se calculan los siguientes parámetros por bidón:

- Rapidez de exposición promedio por segmento y por bidón.
- Densidad.

Como resultado del monitoreo de bidones de las muestras 89-96 y 97-99 de la unidad 1 y 95-99 de la unidad 2 de la CLV [10] mediante el Sistema Caracterizador de Desechos Radiactivos Embidonados (SCDR) del ININ, se concluye:

1. No es posible establecer diferencias en la actividad de bidones en función de la densidad de los materiales contenidos en ellos, para valores bajos de actividad, ya que los errores en la medición experimental son mayores a las diferencias en los valores teóricos.
2. Se obtuvieron los siguientes inventarios típicos IT-01 y IT-02 para bidones de las unidades 1 y 2, generados desde el inicio de operación de cada unidad hasta el año 1999

Unidad	Inventario	Co-60 (%)	Mn-54 (%)	Cs-137 (%)	Zn-65 (%)
1	IT-01	89.2	7.0	1.4	2.3
2	IT-02	85.1	12.9	2.0	-

3. Con base a los valores de rapidez de exposición promedio y máxima a contacto, obtenidos mediante el monitoreo con detector de cámara de ionización (Eberline RO-2) y a los valores obtenidos de actividad total por bidón se construyeron las curvas empíricas que se muestran en la figura 2 y que fueron utilizadas para estimar la actividad total de bidones a partir de la rapidez de exposición a contacto.

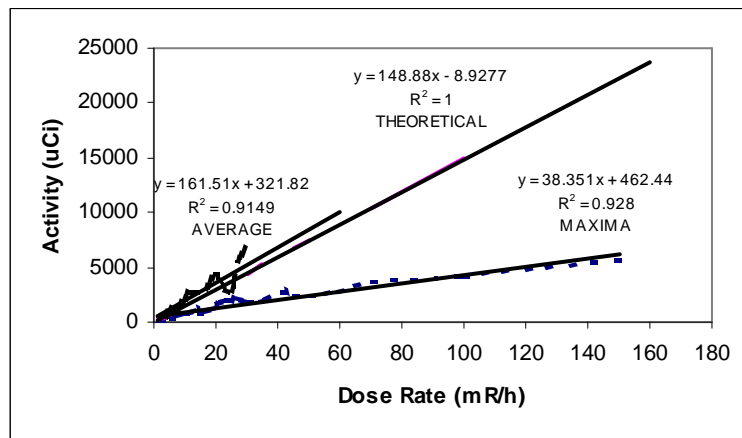


Figura 2. Curvas de Rapidez de Exposición vs. Actividad total en bidones.

7. OPTIMIZACIÓN DE ÁREAS DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE DESECHOS.

Debido a que los almacenes temporales de almacenamiento de desechos radiactivos generados por la Central Laguna Verde están cercanos a alcanzar su capacidad, resulta conveniente el planteamiento y análisis de las diferentes opciones que pueden implementarse para optimizar o incrementar la capacidad actual de almacenamiento de modo que se pueda contar con los márgenes de almacenamiento que sean necesarios hasta que se disponga de las instalaciones para el almacenamiento definitivo de este tipo de desechos.

A la fecha la CLV cuenta con dos almacenes temporales y un área de decaimiento denominada Almacén Temporal en Planta (ATP) para el almacenamiento de los desechos que genera por la operación de las dos unidades [11]:

- El Almacén Temporal en Sitio (ATS) que está diseñado para el almacenamiento de HICs y bidones asfaltados y cementados.
- El Depósito de Desechos Radiactivos Sólidos Secos (DDRSS) para el almacenamiento de desechos sólidos secos embidonados (DAW) de baja actividad.

Debido al bajo volumen de bidones asfaltados y cementados y a la casi nula generación anual de este tipo de desechos, y tomando en cuenta los bajos niveles de radiación de tales bidones, resulta factible la siguiente propuesta:

1. Trasladar los bidones asfaltados y cementados del ATS al DDRSS, para incrementar la capacidad de almacenamiento y permitir el reacomodo de HICs en el ATS.
2. Realizar una campaña para SUPERCOMPACTAR los bidones DAW, para lograr una reducción de volumen de 4:1, para obtener aproximadamente una cuarta parte de bidones supercompactados.
3. Colocar los bidones asfaltados y cementados en una cerca perimetral externa dentro del DDRSS para obtener una capa de blindaje adicional de asfalto dentro de dicho almacén.
4. Colocar los bidones DAW supercompactados dentro de la cerca perimetral de bidones asfaltados y cementados.

8. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DE OPCIONES DE REDUCCIÓN DE VOLUMEN DE DESECHOS SÓLIDOS SECOS.

Para efectuar un análisis completo de los costos de procesamiento para la reducción de volumen de los desechos radiactivos es necesario hacerlo desde una perspectiva global, es decir, se deben tomar en cuenta todas las acciones y procesos que se van a realizar para la gestión de tales desechos, desde su producción hasta su almacenamiento definitivo.

La gestión eficiente de desechos radiactivos considera varias etapas como parte de un sistema integral, desde la generación de los desechos hasta su disposición [12]. Dado que las decisiones tomadas en una etapa del proceso pueden alterar o inhibir ciertas alternativas de otras etapas, los principios básicos de gestión enfatizan la importancia de tomar en cuenta la interdependencia entre todas las etapas durante la planeación, diseño, construcción, operación y desmantelamiento de una instalación.

Etapas básicas del proceso de gestión de desechos radiactivos:

- a) Caracterización y Clasificación.
- b) Almacenamiento temporal.
- c) Transporte.
- d) Pre-tratamiento.

- e). Tratamiento.
- f). Acondicionamiento.
- g). Almacenamiento definitivo.
- h). Desmantelamiento de instalaciones

El análisis costo beneficio para evaluar los procesos de gestión de desechos radiactivos requiere de la identificación de los costos de todas las etapas a que serán sometidos los desechos, desde su producción hasta su disposición definitiva.

La CLV tiene propuestas de varias compañías extranjeras para el procesamiento de los bidones con desechos activos secos (DAW) precompactados y desechos no compactables (metálicos) que se encuentran almacenados en cajas metálicas en el Deposito de Desechos Radiactivos Sólidos Secos (DDRSS). Por lo anterior y tomando en cuenta que la selección de las mejores propuestas debe tomar en cuenta todas las etapas del proceso de gestión el ININ ha realizado el análisis de las propuestas presentadas por las compañías identificando en forma preliminar los costos de cada parte del proceso de gestión y los costos totales para las diferentes propuestas, como un apoyo para la toma de decisiones de la CLV a este respecto.

9. DETERMINACIÓN DE EMISORES ALFA EN MUESTRAS DE DESECHOS.

La Norma Oficial Mexicana NOM-004-NUCL-1994 requiere que los desechos radiactivos producidos por la Central Laguna Verde (CLV) sean clasificados de acuerdo a los radionúclidos listados en las tablas 1 y 2 (anexas) de dicha norma. En particular la tabla 1 contiene la lista de radionúclidos de vida media larga entre los que destacan los transuránicos emisores alfa, como el Am-241, Cu-243, Pu-238 entre otros.

En vista de las dificultades para la identificación y cuantificación de los radionúclidos emisores alfa por sus baja emisiones de radiación gamma y por la alta auto atenuación de las alfas en la misma muestra, en algunos países como en Francia se ha optado por una forma intermedia de clasificación de transuránicos, mediante la detección y cuantificación de la emisión alfa total en una muestra de desechos. Si en este análisis la actividad específica alfa total es menor de un valor determinado, como por ejemplo 4 Bq/kg, se considera que la muestra no contiene radionúclidos emisores alfa, si está entre 4 y 400 Bq/kg se hace un análisis adicional para su clasificación y si es mayor de 400 Bq/kg se hace un análisis parecido al indicado en la NOM-004.

En los años recientes se han desarrollado diversas técnicas para la detección de emisores alfa, en particular se ha establecido un método para la determinación de la actividad alfa total en muestras líquidas y sólidas por medio de la detección por centelleo y el análisis de la forma de decaimiento de los picos alfa mediante el uso de métodos de cálculo especiales [13].

En este sentido la CLV recientemente adquirió nuevos sistemas de detección por el método de centelleo líquido y con la capacidad para realizar los análisis alfa total mencionados antes, por lo que se tiene planeado usar estos equipos para discriminar la presencia de tales emisores, y establecer criterios similares a los desarrollados por los Franceses, de modo que se puedan simplificar los análisis de muestras de los procesos de la CLV, siempre y cuando se pueda demostrar que no hay cantidades significativas de radionúclidos emisores de radiación alfa.

10. CONCLUSIONES

El Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) ha venido apoyando a la Central Laguna Verde desde el inicio de la operación de la unidad 1, desde mediados del año 1990, en el desarrollo e implementación de procedimientos, métodos, técnicas y análisis diversos para la gestión de los desechos radiactivos de nivel bajo generados por la operación de las dos unidades de la central.

A pesar de los avances logrados en la gestión de los desechos radiactivos generados por la Central Laguna Verde todavía existen retos tecnológicos que deben enfrentarse y resolverse para concretar un programa de gestión de desechos acorde con las recomendaciones del Organismo Internacional de Energía Atómica.

11. REFERENCIAS

1. Rockwell T. (editor). *Reactor Shielding Design Manual*, US govt printing office 1956.
2. Procedimiento PA-100..*Programa de Minimización de Desechos*. Central Laguna Verde, México 1992.
3. Procedimiento PR-6725. *Clasificación y Segregación de Desechos Sólidos Secos*, Central Laguna Verde, México.
4. NOM-004-NUCL-1994, *Clasificación de los Desechos radiactivos*, Norma Oficial Mexicana, noviembre de 1995.
5. NOM-018-NUCL-1995, *Métodos para Determinar la Concentración de Actividad y Actividad Total en los Bultos de Desechos Radiactivos*. Norma Oficial Mexicana, Agosto de 1996.
6. Procedimiento PR-6735, *Clasificación de Desechos Radiactivos*, Central laguna Verde. México.
7. *Central Laguna Verde 10CFR Part 61 Program Scaling Factor Determination*, REPORT # 1, 011R-93-007, Scientech, Ago. 1993
8. Paul D. Rittmann. *Isoshield II User's Guide*, IBM PC/AT vesion.1.4, Radiological analysis, Westinghouse Hanford Company, July 1987.
9. System Operation Manual for Waste Assay Systems, Canberra, V 2.3, March 25, 1992.
10. MC. PR 01/00, *Inventarios típicos de radionúclidos en bidones DAS analizados mediante el sistema caracterizador de bidones del ININ*. Central Laguna Verde 2000.
11. *Instalaciones de Almacenamiento de Desechos Radiactivos en Sitio*. Sección 11.4.A, Informe Final de Seguridad de Segunda Etapa de la Central Laguna Verde 1976.
12. *Interregional training course on Management of Radioactive Waste from Nuclear Power Plants*. Institut National des Sciences et Techniques Nucleaires (INSTN), and International Atomic Energy Agency (IAEA) Saclay, Francia 1996.
13. Jim Floeckher, *High throughput screening of simples containing Alha & Betas Radionuclides: an Overview of Methods*. Application Note ABA-005, Packard Company.