

CNEA-AC 63/85

REPUBLICA ARGENTINA
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
Dependiente de la Presidencia de la Nación
GERENCIA DE PROTECCION RADIOLOGICA Y SEGURIDAD

Curso Protección Radiológica y Seguridad Nuclear

Nivel Técnico

TEMA: GESTION DE RESIDUOS RADIATIVOS

Ing. Ernesto PETRAITIS

Buenos Aires

1985

GESTION DE RESIDUOS RADIATIVOS

Ing. Ernesto Petraitis

1.- ORIGEN DE LOS RESIDUOS RADIATIVOS

Como consecuencia del manipuleo de material radiactivo, en las instalaciones nucleares, tales como reactores, plantas de reprocesamiento, plantas de producción de radioisótopos, laboratorios de investigación, etc. se originan residuos radiactivos. Estos pueden estar formados por elementos constitutivos de las instalaciones y que debieron ser reemplazados, herramientas utilizadas en las reparaciones, elementos de protección personal (guantes, botas, ropa, etc.) materiales de laboratorio (jeringas descartables, toallas de papel, frascos, etc.), resinas de intercambio agotadas, pérdidas de las cañerías que transportan líquidos radiactivos, soluciones provenientes de la regeneración de las resinas de purificación de los circuitos de refrigeración, gases y aerosoles arrastrados por los sistemas de ventilación, etc.

2.- CLASIFICACION

Los residuos radiactivos se pueden clasificar de acuerdo a su estado físico, o a su nivel de actividad.

En la tabla de la página siguiente, se puede apreciar la clasificación general utilizada en la C.N.E.A.

3.- CRITERIOS GENERALES DE GESTION

Entre los criterios generales para la gestión de los desechos radiactivos, pueden mencionarse los siguientes:

- No deben mezclarse residuos de distinto nivel de actividad, (nivel de exposición).
- No deben realizarse diluciones de los residuos radiactivos líquidos evitando así el aumento de volumen.

- Se debe realizar la reducción del volumen de los residuos para reducir los costos de almacenamiento o de disposición final.
- Se debe tratar de lograr la solidificación de todos aquellos residuos que no puedan ser descargados al medio ambiente.
- Se debe llevar control de inventario de los desechos eliminados y descargados al medio ambiente.
- Los efluentes líquidos deben ser colectados por nivel de actividad a los efectos de contar con una única vía de descarga al medio ambiente o de transferencia a una planta de tratamiento.

4.- SISTEMAS DE CONTROL DE LA DESCARGA DE EFLUENTES RADIATIVOS

Los controles de descarga de efluentes radiactivos líquidos y gaseosos se realizan en dos etapas fundamentales, siendo la primera realizada por el responsable de protección radiológica de la instalación nuclear, quien debe cumplir con el plan de monitoreo y autorizar la descarga de efluentes radiactivos al medio ambiente, llevando el control del inventario radiactivo establecido por la Autoridad, en la respectiva licencia de operación.

Este proceso es supervisado o controlado por medio de inspecciones no rutinarias de la Autoridad.

La segunda etapa de control de las descargas se realiza mediante el monitoreo ambiental en las proximidades de la instalación, supervisado o realizado directamente por la Autoridad. Tiene por objeto verificar que las descargas se han ajustado a lo autorizado. El control dentro de la instalación, consiste en realizar los análisis de los desechos líquidos y gaseosos para verificar que las descargas acumuladas no superan los valores autorizados (diarios, mensuales, trimestrales o anuales).

Fuera de la instalación, el control se realiza analizando diversos tipos de muestras

CLASIFICACION DE RESIDUOS RADIOACTIVOS

ESTADO	CLASE	ORIGEN	MEDICION
LIQUIDOS	Alta actividad	1er. ciclo de extracción de la planta de reprocesamiento, Celdas Calientes.	Actividad $> 10^2 \text{ Ci/m}^3$ $\alpha - \beta - \gamma$
	Actividad Intermedia	Ultimos ciclos de extracción de la planta de reprocesamiento, Planta de Producción de Radioisótopos, Planta de Descontaminación.	Actividad entre 10^2 Ci/cm^3 y 10^{-2} Ci/cm^3 $\alpha - \beta - \gamma$
	Baja actividad	Planta de Reprocesamiento, Planta de Producción de Radioisótopos, Planta de Descontaminación. Reactores nucleares.	Actividad $< 10^{-2} \text{ Ci/cm}^3$ $\beta - \gamma$
SOLIDOS	Alta exposición en contacto	Fuentes agotadas o dañadas, elementos constitutivos de núcleos de Reactores, Resinas agotadas.	Exposición en contacto $> 200 \text{ mR/h}$
	Conteniendo emisores alfa	Elementos contaminados con emisores α , principalmente con Pu	Contaminación superficial $> 10^{-5} \text{ Ci/m}^2$
	Baja exposición en contacto	Elementos constitutivos de las instalaciones, ropa, material de laboratorio, papeles, plásticos.	Exposición en contacto $> 200 \text{ mR/h}$
GASEOSOS	Aerosoles	Aerosoles arrastrados por el sistema de ventilación de instalaciones nucleares como plantas de reprocesamiento, reactores y plantas de producción de radioisótopos. Gases nobles, H^3 , C^{14} arrastrados por los sistemas de ventilación de instalaciones nucleares (plantas de reprocesamiento, reactores y plantas de producción de radioisótopos).	

ambientales (aire, agua, productos agrícola-ganadero, fauna íctica, etc.) para determinar los niveles de actividad en las mismas.

5.- SISTEMAS DE TRATAMIENTO

Para minimizar las descargas de efluentes gaseosos y líquidos, se aplican distintos sistemas de tratamiento de los residuos radiactivos que se agrupan en: sistemas por decaimiento y sistemas por purificación.

5.1.- Sistemas por decaimiento:

Los sistemas por decaimiento para gases pueden ser de dos tipos: compresivos o de adsorción. Los del primer tipo consisten en baterías de dos, tres o más tanques en los que se comprime el gas para reducir su volumen y retardar su eliminación al medio ambiente.

La operación, en el caso del sistema de dos tanques se realiza de la siguiente manera: se llena el primero, se comienza a llenar el segundo y cuando éste alcanza a $3/4$ de su capacidad, se vacía el primero de manera que esté disponible para cuando se termine de llenar el segundo y pueda repetirse el ciclo. Este sistema de dos tanques produce eliminaciones por pulsos, en cambio los sistemas de tres o más tanques pueden ser operados descargando en forma continua pues mientras se está llenando un tanque existe otro lleno en decaimiento y un tercero que está siendo evacuado con un caudal igual al de llenado del primero. Generalmente se encuentra disponible un tanque adicional para residuos que pudieran originarse en situaciones accidentales.

Los sistemas de adsorción funcionan según el principio de la cromatografía gaseosa. A través de un lecho de material adsorbente como carbón activado, se hacen circular los gases residuales.

Los elementos volátiles (gases nobles, yodo, etc.) se adsorben al material del lecho viajando a través de él a velocidades menores que las del gas que los transporta (aire). De esta manera se logran retrasos en la liberación de material a la atmósfera permitiendo el decaimiento

de los radionucleídos de período de semidesintegración corto.

Estos sistemas se aplican en los sistemas de ventilación de reactores de potencia y de investigación, plantas de reprocesamiento, plantas de producción de radioisótopos, etc.

Lo dicho para los tanques de decaimiento para efluentes gaseosos es aplicable también a los residuos líquidos de actividad baja e intermedia.

Cuanto mayor sea la capacidad del sistema tanto mayor será el retardo, con lo que se logra reducir por decaimiento la actividad descargada. Sin embargo, se deberá buscar una situación de compromiso entre estas reducciones y el costo de la instalación.

5.2.- Sistemas por purificación:

Los sistemas de tratamiento de efluentes radiactivos por purificación se fundamentan en la disminución de la actividad mediante remoción de los agentes contaminantes.

En el caso de los efluentes gaseosos se logra mediante sistemas de filtrado ya sea con filtros absolutos para los aerosoles o con lechos de carbón activado para algunos nucleídos gaseosos tales como el ^{131}I . Estos sistemas se aplican en casi todas las instalaciones nucleares y laboratorios.

Otro sistema de tratamiento de efluentes gaseosos consiste en realizar el lavado de los gases para retener aquellas partículas que sean solubles, utilizándose este procedimiento fundamentalmente en las plantas de reprocesamiento ya que la posibilidad de que los gases arrastren aerosoles es elevada.

Los sistemas de purificación para efluentes líquidos consisten fundamentalmente en la eliminación de los radionucleídos por concentración y posterior precipitación. Luego por sedimentación se eliminan los barros o precipitados, con lo cual se reduce la actividad de los efluentes. Los barros concentrados o precipitados son posteriormente procesados eliminándolos como sólidos, ya sea cementados, incluidos en resina termoplástica, o bitumen. Estos sistemas se aplican fundamen-

talmente en los reactores de potencia. La concentración por evaporación se utiliza también en las plantas de reprocesamiento para disminuir volúmenes de residuos, debido al alto costo de las instalaciones para almacenarlos. Estos tratamientos se realizan sobre efluentes líquidos de actividad baja o intermedia.

La utilización de resinas de intercambio iónico constituye también un sistema de purificación de efluentes, existiendo dos alternativas: utilizar resinas descartables, con lo cual una vez agotadas se elimina un residuo sólido o semi-sólido, o utilizar resinas regenerables, con lo cual se logra concentrar la actividad en un pequeño volumen de líquido, que puede ser eliminado como residuo de actividad intermedia. A su vez la resina una vez inutilizada se elimina como residuo sólido. Estos sistemas pueden ser utilizados en reactores, plantas de reprocesamiento, de producción de radioisótopos, etc.

Además, de ser necesario, se podrán combinar sistemas de tratamiento por decaimiento con sistemas por purificación para lograr una menor liberación de radionucleídos al medio ambiente.

6.- BASES DE DISEÑO

Para diseñar las instalaciones de gestión de residuos radiactivos dentro de una instalación nuclear, se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

- Se usará equipamiento convencional de características simples y confiables, con baja necesidad de mantenimiento.
- Se usarán materiales resistentes a la radiación.
- Los equipos e instalaciones deberán poseer superficies fácilmente descontaminables.
- En las instalaciones para tratamientos de residuos líquidos, dentro de lo posible, se evitará la existencia de bombas y válvulas inundadas para evitar derrames de líquidos durante los mantenimientos, como así también para evitar que en caso de fallar sellos y empaquetaduras se produzcan derrames ininterrumpidos.

- Se deberán duplicar todos aquellos elementos que al fallar impliquen una paralización de las instalaciones.
- En los sistemas de instrumentación se adoptará, en aquellos casos que así lo requieran, una lógica 1 de 2 ó 2 de 3, lo que significa que para parámetros críticos se efectuarán tres mediciones simultáneas debiendo coincidir dos de ellas para dar como correcto un valor. Por ejemplo, esto es aplicable a los sistemas de gestión de residuos de alta actividad.
- Cuando se tome más de una determinación de algún parámetro, se deberá tratar en lo posible de realizar las mediciones en base a distintos principios físicos, por ejemplo, si se quiere medir nivel a utilizar sistemas neumáticos, de flotación, conductimétricos, etc.
- Los equipos deberán ser de fácil accionamiento.
- Se deberán instrumentar todas las barreras necesarias para evitar las descargas involuntarias de material radiactivo.
- Los espesores de tanques, cañerías y equipos que deban estar en contacto con productos corrosivos deberán calcularse para el máximo esfuerzo de diseño adicionándole un espesor en exceso como tolerancia por corrosión.
- El volumen utilizable de los recipientes no deberá exceder dentro de lo posible los 4/5 del volumen real.

7.- TECNOLOGIA DE ACONDICIONAMIENTO DE LOS RESIDUOS RADIATIVOS

Todos aquellos residuos radiactivos que por su naturaleza no pueden ser descargados al medio ambiente, como ser los residuos radiactivos líquidos de actividad alta e intermedia y los sólidos de alta exposición en contacto deben ser procesados para su eliminación.

Los objetivos fundamentales perseguidos por el acondicionamiento de los residuos son:

- Reducción sustancial del volumen.

- Inmovilización mediante la solidificación.
- Retardo de la llegada de los radionucleídos al medio ambiente.

Entre los sistemas de tratamiento de residuos radiactivos sólidos, pueden citarse: la incineración seguida de inclusión de las cenizas de bitumen, matriz plástica o cemento y la compactación. En todos los casos el residuo quedará contenido en un tambor metálico de 200 ls. de capacidad que será eliminado en zanjas abiertas en el terreno, llamadas trincheras, las que posteriormente serán cubiertas con tierra e impermeabilizadas, lográndose así un retardo de la liberación al medio ambiente, de ciertos radionucleídos, puesto que permite su decaimiento.

Los residuos radiactivos líquidos de actividad intermedia, si están compuestos por radionucleídos de periodo de semidesintegración corto son tratados en plantas de decaimiento como las descritas para residuos líquidos de baja actividad. En cambio, si están presentes radionucleídos de periodo de semidesintegración largo, son tratados en sistemas de semi-contención, que consisten en trincheras, constituidas por un medio que actúa como columna cromatográfica, retardando la liberación de los radionucleídos al medio ambiente.

El medio que actúa como agente de retardo en las trincheras que posee la C.N.E.A., está compuesto por una mezcla de 50o/o de tierra del lugar con 50o/o de arena para mejorar su permeabilidad, con lo cual de acuerdo con los estudios sobre el terreno se logra un retardo de algunos centenares de años.

Con respecto a los residuos radiactivos de alta actividad el sistema más aceptado para su eliminación consiste en evaporación, secado y calcinado de los residuos líquidos y su inclusión en una matriz sólida (vidrio al borosilicato) que estará alojada en un contenedor de acero inoxidable, el que a su vez irá recubierto por plomo para reducir la corrosión producida por aguas subterráneas. Este bloque será puesto en un repositorio el que será construido en una formación geológica estable.

De esta forma se puede obtener un retardo de la llegada de radionucleído al medio ambiente del orden de $10^4 - 10^5$ años.

Debido a que estos residuos están compuestos principalmente por productos de fisión, con actividad muy alta, y además generan calor. La matriz sólida que los contenga deberá tener características especiales como ser: buena estabilidad a la radiación y térmica, buena resistencia mecánica, baja solubilidad, buena conductividad térmica, flexibilidad a los cambios de composición de los residuos y simplicidad de fabricación.

El material que mejor reúne estas características en el estado actual de la tecnología es el vidrio del tipo borosilicato.