

“GESTIÓN DE LOS RESIDUOS RADIACTIVOS SÓLIDOS (RRS) GENERADOS POR EL RA-10”

Alumna	Ing. Inés Curcio	
Directora	Lic. Natalia E. Benitez	
<i>Especialización en Reactores Nucleares y su Ciclo de Combustible</i>		
		

- AÑO 2017 -

Índice:

1. Resumen:	- 4 -
2. Introducción.....	- 5 -
3. Marco teórico.....	- 6 -
3.1. Etapas involucradas en la gestión de residuos radiactivos.....	- 7 -
3.1.1. Reducción en la generación.	- 7 -
3.1.2. Identificación y caracterización.	- 7 -
3.1.3. Colección y Segregación.....	- 8 -
3.1.4. Acondicionamiento.	- 11 -
3.1.5. Almacenamiento transitorio.	- 12 -
3.1.6. Transporte.....	- 13 -
3.1.7. Tratamiento.	- 13 -
3.1.8. Almacenamiento interino.	- 16 -
3.1.9. Disposición final en un repositorio.	- 16 -
4. Marco legal y regulatorio.....	- 19 -
5. Estado del Arte de la Gestión de Residuos Radiactivos Sólidos.	- 21 -
5.1. Gestión de los residuos radiactivos sólidos en el RA-1.....	- 21 -
5.2. Gestión de los residuos radiactivos sólidos en el RA-3.....	- 24 -
5.3. Generación estimada de residuos radiactivos sólidos para el reactor OPAL.	- 25 -
6. Descripción general del Proyecto RA-10.	- 26 -
7. Identificación de fuentes generadoras de Residuos Radiactivos Sólidos en el RA-10.	- 29 -
7.1. Resinas de intercambio de iones.	- 29 -
7.1.1. Sistema de tratamiento de resinas agotadas (TRESGA)	- 30 -

7.2.	Equipos de irradiación y componentes usados del reactor.....	- 32 -
7.3.	Barras de control usadas.....	- 35 -
7.4.	Herramientas, accesorios e instrumentos.....	- 37 -
7.5.	Canes irradiados (cápsulas de irradiación).	- 37 -
7.6.	Residuos del sistema de ventilación (filtro HEPA, Carbón activado y tamiz molecular).	- 38 -
7.7.	Componentes de la Fuente fría de neutrones.....	- 40 -
7.8.	Muestras de laboratorio y probetas de irradiación.....	- 40 -
7.9.	Materiales de limpieza y elementos de protección personal.....	- 41 -
7.10.	Filtros mecánicos.	- 41 -
8.	Gestión de los Residuos Radiactivos Sólidos generados durante la operación del RA-10.....	- 42 -
9.	Conclusión.....	- 65 -
10.	Bibliografía.....	- 67 -

1. Resumen:

La presente investigación posee como objetivo planificar la gestión de los residuos radiactivos sólidos que serán generados por el reactor multipropósito RA-10 en su etapa de operación. Su realización se fundamenta en la importancia que representa la planificación temprana de la gestión de los residuos cuyo nivel de complejidad resulta significativo.

El análisis de los procesos, operaciones y sistemas que constituyen el Proyecto RA-10 permitió identificar los siguientes RRS: resinas de lecho mixto, equipos y componentes, barras de control, herramientas, instrumentos, cápsulas de irradiación, filtros de ventilación, elementos de la fuente fría de neutrones, muestras de laboratorio y probetas, elementos de protección personal, papeles, trapos, filtros mecánicos. Estos residuos se consideran gestionables con las técnicas y tecnologías disponibles en el país.

Se desarrollaron las características particulares de los RRS identificados. Dicha información quedó plasmada en las Fichas de Gestión Ambiental las cuales permiten acceder a la información precisa para la operación diaria y segura de cada uno de los RRS.

2. Introducción.

El presente informe ha sido elaborado por Inés Curcio, becaria de la Comisión Nacional de Energía Atómica para ser presentado al Instituto de Tecnología Nuclear Dan Beninson como parte de los requisitos de la Especialización en Reactores Nucleares y su Ciclo Combustible.

El Reactor RA-10 es un reactor multipropósito destinado a la producción de radioisótopos, irradiación de combustibles, uso de haces y realización de experimentos neutrónicos y termohidráulicos. Con la ejecución del proyecto se busca ampliar y consolidar la producción de radioisótopos, proveer facilidades de irradiación de materiales y combustibles y ofrecer nuevas aplicaciones en el campo de la ciencia y la tecnología.

Toda actividad productiva ineludiblemente trae aparejada la generación de residuos. En la industria nuclear las corrientes de residuos generados pueden tener asociado un riesgo de carácter radiactivo.

La presente investigación aborda la gestión de residuos radiactivos sólidos generados durante la etapa de operación del reactor RA-10. Su realización se fundamenta en la importancia que representa la planificación temprana de la gestión de los residuos cuyo nivel de complejidad resulta significativo.

La investigación posee como objetivo planificar la gestión de los residuos radiactivos sólidos que serán generados por el RA-10 en su etapa de operación.

Para ello resulta necesario abordar los siguientes aspectos:

- Estado del Arte de la gestión de los residuos radiactivos sólidos generados por el RA-3 y el RA-1.
- Procesos y sistemas generadores de residuos radiactivos sólidos en el RA-10.
- Alternativas al acondicionamiento y almacenamiento de los residuos radiactivos sólidos identificados.
- Desarrollo de Fichas de Gestión Ambiental para cada residuo radiactivo sólido.

Es importante destacar que queda fuera del análisis la gestión de los elementos combustibles quemados dado que estos no son considerados residuos ya que pueden ser reprocesados para recuperar determinados materiales.

3. Marco teórico.

Los residuos radiactivos pueden presentarse en forma de gases, líquidos y sólidos. Particularmente, los residuos radiactivos sólidos (RRS) son materiales que contienen elementos radiactivos para los cuales no está previsto un uso ulterior y cuyos valores de actividad exceden los límites establecidos por la Autoridad Regulatoria Nuclear para su dispersión en el ambiente¹. Por sus características radiológicas, requieren ser gestionados en forma adecuada para proteger al público, al personal ocupacionalmente expuesto y al ambiente.

Se entiende por Gestión de Residuos Radiactivos al conjunto de todas actividades técnicas, científicas, económicas y administrativas, llevadas a cabo con el objetivo de cumplir con la caracterización, registro, acondicionamiento, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final, teniendo en cuenta la minimización de las dosis y los costos involucrados.²

El objetivo último de la gestión es el confinamiento y aislamiento de los residuos por un período de tiempo y en condiciones tales que no implique un riesgo radiológico para las generaciones presentes y futuras del público y personal ocupacionalmente expuesto y el ambiente.

Las actividades involucradas en la gestión de residuos sólidos originados en la industria nuclear consisten en lograr formas estables y sólidas de los mismos, para luego proceder a la reducción de su volumen, a su inmovilización y concluyendo con su almacenamiento, transporte y disposición final.

Desde la etapa de diseño de una instalación nuclear y la planificación de sus actividades se deben considerar las acciones necesarias para que el residuo radiactivo se convierta en un producto que cumpla con los requerimientos y criterios de aceptación establecidos por la normativa de aplicación.

Una identificación y caracterización adecuada de los materiales a generarse permite realizar una evaluación correcta de las opciones para el almacenamiento prolongado y/o la disposición final de los residuos radiactivos. De lo contrario se puede incurrir en situaciones riesgosas que afecten a la actividad productiva (personal activo) o al público general. Por ejemplo, disponer un residuo radiactivo como uno de otra categoría o tratamiento de un residuo no radiactivo como uno radiactivo genera un incremento de los costos productivos.

¹ Norma AR 10.12.1. Gestión de residuos radiactivos.

² Definición del Programa Nacional de Gestión de Residuos Radiactivos.

3.1. Etapas involucradas en la gestión de residuos radiactivos.

3.1.1. Reducción en la generación.

Previo a la realización de una gestión de los residuos radiactivos es importante tener en cuenta y lograr minimizar la generación de los residuos radiactivos.

La OIEA (IAEA por sus siglas en inglés), define minimización de residuos como “un concepto que incorpora la reducción de residuos en relación a su cantidad y actividad a niveles tan bajos como sea razonablemente posible”. La minimización de los residuos apunta a satisfacer dos condiciones de gran importancia tanto para el generador como para el gestor:

- Disminuir costos.
- Disminuir dosis de radiación.

Ello puede ser logrado si se considera la optimización desde la etapa de diseño de los procesos, es decir, una correcta elección de materiales y equipos de una instalación, la utilización de superficies de fácil descontaminación, la eficiencia de los procesos y la implementación de equipamiento de alta confiabilidad que minimice las operaciones de mantenimiento. De ese modo se tendrá un efecto favorable sobre la generación de residuos.

3.1.2. Identificación y caracterización.

Resulta fundamental identificar los procesos generadores de residuos radiactivos y realizar una caracterización en función de un conjunto de propiedades físicas, químicas y radiológicas³:

- **Propiedades químicas:** Las propiedades químicas de los residuos radiactivos sólidos pueden ser subdivididas en dos categorías, una referida a la naturaleza del material propiamente dicho y la otra relacionada con la naturaleza de la contaminación superficial.
- **Propiedades físicas:** La densidad, la forma física y el tamaño son factores que influyen en la selección del plan de gestión. La forma física categoriza a los residuos sólidos en sólidos secos constituidos generalmente por residuos de baja actividad tales como, papeles, guantes, trapos, ropa, etc.; sólidos húmedos constituidos por resinas de intercambio iónico y componentes metálicos.

³ Estrategia aplicada a la gestión de residuos radiactivos. Dra. Marta H. de Pahissa. CNEA.

- **Propiedades radiológicas:** El modo en el que se presenta la actividad del residuo resulta fundamental para su caracterización, ya que la actividad puede estar como contaminación superficial removible, contaminación superficial fija o contaminación integral (material activado).

3.1.3. Colección y Segregación.

Estas prácticas generalmente se realizan en el lugar donde los residuos se originan. En ellas el generador de residuos tiene una participación directa, ya que debe asumir la responsabilidad de coleccionar y segregar los residuos.

La recolección se lleva a cabo en recipientes, tambores, bolsas o contenedores suministrados o especificados por el ente gestor adoptados adecuadamente para tal fin, identificados mediante simbología específica con la codificación que permita su control. A su vez, el generador de residuos debe completar el documento que describe el bulto (Declaración de Residuos Radiactivos), el cual posee toda la información necesaria para el gestor y el manejo seguro. Este documento acompaña al bulto e inicia los registros correspondientes a toda la gestión del mismo.

La segregación de los residuos se realiza separando los sólidos en función de la calidad y actividad de la contaminación y de la naturaleza del material que componen los mismos, separando las corrientes de diferentes características. La segregación se puede abordar desde los siguientes enfoques:

Manipulación, tratamiento y acondicionamiento:

La segregación se realiza teniendo en cuenta la tasa de dosis equivalente ambiental de los residuos, de acuerdo con los requerimientos de blindajes necesarios para disminuir las dosis recibidas en las actividades desarrolladas con ellos. Como criterio para la segregación de los distintos elementos, se utiliza la clasificación sugerida por la OIEA la cual se basa en la tasa de dosis equivalente ambiental en contacto para los residuos constituidos por emisores beta y gamma y en la actividad contenida en el caso de los emisores alfa, dado que para este último caso la tasa de dosis equivalente ambiental no tiene significado⁴. Esta clasificación comprende:

⁴ "Minimización y pretratamiento en la gestión de los residuos radiactivos". Telma Rosa Ramallo. CNEA.

- **Categoría 1:** Son residuos sólidos que contienen radionucleídos beta y gamma emisores, con cantidades despreciables de emisores alfa, y cuya tasa de dosis equivalente ambiental en contacto es menor a 2 mSv/h.
- **Categoría 2:** Comprende los residuos sólidos que contienen radionucleídos beta y gamma emisores, con cantidades despreciables de emisores alfa, y cuya tasa de dosis equivalente ambiental en contacto es mayor a 2 mSv/h y menor que 20 mSv/h. En esta categoría es necesaria la utilización de blindajes biológicos para la manipulación y transporte de los mismos.
- **Categoría 3:** Son residuos sólidos que contienen radionucleídos beta y gamma emisores y con cantidades despreciables de emisores alfa, cuya tasa de dosis equivalente ambiental en contacto resulta mayor a 20 mSv/h. Para la manipulación y transporte de este tipo de residuos es necesario adoptar precauciones especiales.
- **Categoría 4:** Son residuos sólidos que contienen radionucleídos alfa emisores que no sobrepasan los límites de criticidad. Poseen cantidades despreciables de emisores beta y gamma. El parámetro limitante es la actividad que debe expresarse en MBq/m³.

Disposición final de los residuos:

Los residuos radiactivos en la Argentina se clasifican en residuos de baja, media y alta actividad. La OIEA propone una clasificación cualitativa para los residuos radiactivos desde el punto de vista de la disposición final, la cual distingue 6 clases de residuos, teniendo en cuenta los períodos de semidesintegración y capacidad de generación de calor⁵:

- Residuos exentos (EW):** Materiales que cumplen los criterios necesarios para la dispensa, exención o exclusión del control reglamentario con fines de protección radiológica.
- Residuos de período muy corto (VSLW):** Residuos que se pueden almacenar para su desintegración durante un período limitado de algunos años como máximo y posteriormente dispensados del control reglamentario de conformidad con las disposiciones aprobadas por el órgano regulador para su disposición final, utilización o descarga no sometidos a control. Esta clase incluye los residuos que contienen principalmente radionucleídos con períodos de

⁵ OIEA: Normas de Seguridad para la protección de las personas y el medio ambiente: N° GSG-1

semidesintegración muy cortos utilizados frecuentemente con fines médicos y de investigación.

- c) Residuos de muy baja actividad (VLLW):** Residuos que no cumplen necesariamente los criterios de los EW, pero que no precisan un alto grado de contención y aislamiento y, por consiguiente, se pueden someter a disposición final en instalaciones del tipo trinchera cerca de la superficie con control reglamentario limitado. Este tipo de instalaciones también pueden contener otros residuos peligrosos. Suelen formar parte de esta clase de desechos la tierra y los escombros con baja concentración de actividad.
- d) Residuos de baja actividad (LLW):** Elementos que se encuentran por encima de los niveles de dispensa, pero que contienen cantidades limitadas de radionucleídos de período largo. Estos desechos requieren un aislamiento y contención durante períodos de hasta algunos cientos de años y se pueden someter a disposición final en instalaciones cerca de la superficie. Esta clase abarca una variedad muy amplia de residuos. Los LLW pueden incluir radionucleídos de período corto con un nivel más elevado de concentración de la actividad, así como radionucleídos de período largo, pero sólo con niveles relativamente bajos de concentración de la actividad.
- e) Residuos de actividad intermedia (ILW):** Residuos que debido a su contenido, particularmente de radionucleídos de período largo, precisan un mayor grado de contención y aislamiento que el que ofrece la disposición final cerca de la superficie.
- Los ILW pueden contener radionucleídos de período largo, en particular radionucleídos emisores de radiación alfa que no se desintegrarán hasta un nivel de concentración de la actividad que sea aceptable para proceder a la disposición final cerca de la superficie durante el tiempo en que se puede contar con los controles institucionales. Por lo tanto, los desechos de esta clase requieren una disposición final a mayor profundidad, del orden de decenas de metros hasta cientos de metros.
- f) Residuos de actividad alta (HLW):** Residuos con niveles de concentración de la actividad suficientemente elevados para generar cantidades importantes de calor mediante el proceso de desintegración radiactiva o con grandes cantidades de radionucleídos de período largo que

se deben tener en cuenta en el diseño de una instalación de disposición final de este tipo de residuos. La disposición final es en formaciones geológicas profundas y estables, normalmente a cientos de metros o más por debajo de la superficie, es en general la opción aceptada para la disposición final de los HLW.

La minimización y la segregación de los residuos generados son fundamentales para reducir significativamente el volumen total de residuos y en consecuencia los costos de las etapas siguientes de disposición final o almacenamiento interino y las dosis involucradas en las mismas. La aplicación de un esquema apropiado de clasificación de los residuos deben ser elaborados de acuerdo con los requerimientos y programas nacionales y las recomendaciones internacionales.

3.1.4. Acondicionamiento.

Se denomina acondicionamiento de los residuos radiactivos al conjunto integral de operaciones que los transforman en un producto final aceptable para su transporte y/o almacenamiento temporal y/o definitivo⁶. Dicho acondicionamiento comprende la inmovilización de los mismos en bloques monolíticos empleando una matriz adecuada y su empaquetamiento en uno o más contenedores, de modo de reducir la posibilidad de fuga de los radionucleídos al ambiente, durante las etapas subsiguientes de almacenamiento interino, transporte y disposición final.

Los procesos de inmovilización o de encapsulamiento dependen de la naturaleza física y química de los residuos y del proceso de tratamiento empleado. La técnica más ampliamente utilizada consiste en colocar en un tambor u otro contenedor, el material sólido y llenar los espacios libres con la matriz inmovilizante. Esta puede ser de diversos tipos, las más utilizadas son las matrices cementicias. Se aplican al acondicionamiento de filtros agotados, herramientas en desuso, equipos dañados, barras de control, partes estructurales asociadas, cenizas resultantes de la combustión, fuentes selladas en desuso, etc. Otras matrices alternativas menos empleadas serían emulsiones de bitumen y polímeros.

La inmovilización de los residuos debe dar un producto compacto y no dispersable, fijar fuertemente los radionucleídos, prevenir la lixiviación por agua y soluciones acuosas, ser resistente al envejecimiento, a la irradiación, al calor, etc. y no contener agua libre. Los productos finales deben tener propiedades tales, que

⁶ Norma AR 10.12.1. Gestión de residuos radiactivos.

cumplan con las especificaciones impuestas para el empaquetamiento, transporte y almacenamiento intermedio y definitivo.

Los métodos empleados para el acondicionamiento de sólidos húmedos son la cementación, la bituminización, o la incorporación en polímeros.

La inmovilización de residuos radiactivos utilizando cemento presenta una serie de ventajas, ello se debe al bajo costo del cemento y a la utilización de una planta para el proceso sencilla. La densidad relativamente elevada del cemento proporciona residuos con un considerable grado de autoblandaje, reduciendo de este modo los requisitos de blindaje adicional de los bultos. También en algunos casos, con el fin de lograr un producto de calidad aceptable, pueden aplicarse procesos de tipo químico o físico de tratamiento previo. En algunos casos pueden utilizarse otros materiales adicionales, tales como cenizas de combustibles pulverizadas y escoria de alto horno, estos se comportan de modo análogo al simple cemento.

La bituminización es un proceso en caliente que también se aplica para la solidificación de sólidos húmedos. Permite el secado de la corriente húmeda antes de inmovilizarla y embalarla. Su utilización reduce notablemente el volumen de materiales acondicionados que requieren evacuación, con la consiguiente disminución de costos. Se debe tener en cuenta que el betún es potencialmente inflamable y requiere precauciones especiales para evitar su combustión accidental.

La incorporación de sólidos húmedos en plásticos o polímeros es un proceso de inmovilización relativamente nuevo comparado con la utilización del cemento o del betún. La implementación de polímeros tales como resinas de poliéster, viniléster o epoxídicas se limita a aquellas aplicaciones en las que el cemento o el betún son técnicamente inadecuados. Dichos polímeros son considerablemente más caros y se necesitan instalaciones de tratamiento relativamente complicadas. Los polímeros tienen la ventaja de que presentan mayor resistencia a la fuga de radionucleídos y que son en general químicamente inertes.

3.1.5. Almacenamiento transitorio.

Las instalaciones generadoras de RRS deben contar con la capacidad para almacenar temporalmente en un sitio seguro y adecuado dentro del lugar de origen los residuos acondicionados para luego poder ser transportados al área de disposición de los mismos. También, para aquellos residuos que contienen radionucleídos de períodos cortos, puede optarse por el almacenamiento y control de los mismos durante el

tiempo necesario para que dichos radionucleídos decaigan a niveles suficientemente bajos que permitan su eliminación al ambiente.

3.1.6. Transporte.

El transporte de los residuos radiactivos puede ser necesario entre las diversas etapas de la gestión. La ARN y la OIEA cuentan con Normas de Seguridad para el transporte seguro de todos los tipos de materiales radiactivos. En caso de necesitar transportar un bulto radiactivo, este debe estar correctamente etiquetado detallando el N° de Naciones Unidas, actividad [TBq], concentración de actividad en caso de ser exento [Bq/g], límite de actividad para remesa exenta [Bq], etc.

3.1.7. Tratamiento.

Se denomina tratamiento de los residuos radiactivos al conjunto de procesos físicos y químicos que llevan consigo el cambio de alguna característica del residuo generado inicialmente, con el objetivo de optimizar la seguridad y/o la economía de su gestión⁷.

Para transformar los diferentes tipos de residuos en productos con propiedades adecuadas para su transporte y almacenamiento interino y/o final, se aplican tres conceptos básicos de tratamiento: reducción de volumen, remoción de radionucleídos del residuo y cambios de composición.

a) Reducción del volumen: Puede ocurrir que los residuos por su forma geométrica o por sus dimensiones, no pueden ser sometidos directamente a los tratamientos correspondientes y se los debe procesar con la finalidad de reducir sus tamaños y facilitar su tratamiento posterior. Como prácticas de reducción de volumen se considera el desarme, el troceado y la trituration.

- **Desarme:** Se refiere al desmontaje de grandes componentes o partes de equipos que se encuentren efectivamente contaminadas con un radionucleído con el objetivo de proceder a su posterior tratamiento y acondicionamiento para ser dispuesto en forma definitiva o para proceder a su descontaminación y luego poder volver a reutilizarlo en su lugar de origen.
- **Troceado:** Se aplica para las partes o equipos contaminados de gran tamaño o de tamaño no adecuado para su tratamiento. De este modo se logra que el residuo sea manipulado de forma sencilla.

⁷ Norma AR 10.12.1. Gestión de residuos radiactivos.

- **Trituración:** Se realiza en aquellos residuos no combustibles y no compactables para reducir el volumen ocupado. También se aplica para residuos que serán incinerados, ya que aumenta la superficie expuesta a la combustión, y previa a la compactación. Esta operación puede llevarse a cabo en el mismo sitio donde se generan los residuos.
- **Compactación:** Es la técnica utilizada para el tratamiento de las partes voluminosas de los residuos sólidos. Consiste en la reducción del volumen de residuos de baja densidad aparente minimizando la necesidad de almacenamiento y de los costos logísticos. Como desventaja no se logra una mejora apreciable en lo que respecta a las propiedades radiológicas de los residuos desde el punto de vista de la gestión a largo plazo.

b) Descontaminación: Remoción del radionucleído del material. El proceso de descontaminación aplicado en el tratamiento de residuos radiactivos sólidos consiste en la remoción del material radiactivo existente en la superficie del objeto. El uso de esta práctica conlleva a ciertas ventajas:

- Reduce los riesgos radiológicos en las operaciones subsiguientes de acondicionamiento y tratamiento de los residuos.
- Transforma la categoría radiológica del residuo, de un nivel superior a uno inferior en cuanto a su tasa de dosis equivalente ambiental, por la eliminación de la contaminación de modo total o parcial del mismo.
- Permite la reutilización de herramientas o partes de equipos, una vez que los niveles de contaminación sean lo suficientemente bajos, como para ser utilizados nuevamente en las actividades para las cuales fueron diseñados.

Sin embargo, del proceso de descontaminación también se pueden traer aparejadas algunas desventajas, tales como:

- Producción de residuos secundarios.
- Necesidad de contar con una facilidad adecuada para la práctica de las técnicas involucradas en este proceso, ya sean carpas con ventilación independiente, campanas de extracción o celdas calientes.

Los métodos empleados para la descontaminación pueden ser de diferentes tipos: mecánicos, químicos o combinados.

Los métodos mecánicos comprenden desde los más sencillos, como la limpieza manual con cepillos, usando agua con detergentes o disolventes adecuados. Este método generalmente es utilizado para la descontaminación de pequeños objetos y para las piezas de mayor tamaño se aplican chorros de agua o vapor, eliminando la contaminación al incidir en la superficie a gran velocidad.

También se utilizan técnicas destructivas, que en general inutilizan el equipo, los cuales extraen una capa de espesor variable, empleando una máquina con esmeriladores u otros materiales abrasivos, como así también pulidores basados en esferas pequeñas de vidrio. Para este caso, todo el material eliminado de las superficies tratadas, constituyen un residuo secundario.

Los métodos químicos se basan en reacciones químicas para disolver o capturar los contaminantes y así limpiar el material. Generalmente son utilizados en forma de baños químicos, en los que el material a descontaminar se sumerge en una solución adecuada, que pueden ser complejantes, detergentes, mezcla de ácidos, etc. Esa solución debe ser tratada luego como residuo líquido.

c) Cambios de composición: Según la naturaleza física y los métodos posteriores de tratamiento los residuos sólidos secos se clasifican generalmente y se separan en cuatro tipos principales: combustibles, no combustibles, compactables, y no compactables. Cada instalación tiene en general su nivel de clasificación según las condiciones existentes. Uno de los objetivos esenciales del tratamiento de residuos sólidos es reducir al máximo posible los volúmenes que deben ser almacenados o evacuados, y concentrar e inmovilizar al máximo posible la radiactividad contenida en los residuos.

Los residuos combustibles pueden ser tratados por incineración, técnica que representa una mejora sustancial con respecto a la compactación. Puede lograrse una reducción muy elevada de volumen y masa. El producto final es una ceniza homogénea que puede embalarse sin ulterior acondicionamiento en contenedores para el almacenamiento y la evacuación. Aunque la incineración es adecuada únicamente para los residuos combustibles, tiene la ventaja de ser capaz de destruir líquidos orgánicos, por ejemplo, aceites, grasas o disolventes, que son difíciles de tratar por otro método.

La incineración de pequeñas cantidades de residuos sólidos se realiza en unidades relativamente simples. Dichas instalaciones de incineración se han instalado actualmente en las centrales nucleares de los Estados Unidos, Japón, Canadá y otros países. Instalaciones de incineración más avanzadas que pueden incinerar residuos con actividad específica relativamente elevada están instaladas en plantas centralizadas de tratamiento de residuos que pueden aceptar éstos de muchas plantas generadoras. Dichas instalaciones están en funcionamiento en Suecia, Bélgica, Francia y otros países.

Para poder someter un residuo a los procesos de compactación o incineración se requiere el corte, la fragmentación y la trituración para reducir el tamaño físico de los diversos elementos de desecho. El papel, los plásticos, la ropa, el cartón, la madera y los metales pueden fragmentarse en piezas en forma de cinta, mientras que los materiales frágiles tales como los bloques de vidrio o de hormigón pueden triturarse en pequeños fragmentos. Estas técnicas pueden utilizarse también como procesos únicos para la reducción del volumen de residuos sólidos.

3.1.8. Almacenamiento interino.

Se entiende por almacenamiento a la conservación de residuos radiactivos en una instalación o lugar con intención de recuperarlos o bien hasta el momento de su disposición final. Las instalaciones de almacenamiento de residuos radiactivos deben impedir por medio de un confinamiento físico, que las radiaciones afecten al público, al personal ocupacionalmente expuesto y al ambiente. Es necesario establecer una vigilancia continua para garantizar que se cumplen esas dos condiciones.

3.1.9. Disposición final en un repositorio.

La disposición final representa la colocación de los residuos radiactivos en una instalación o lugar sin intención de recuperarlos, habiendo sido previamente acondicionados o tratados⁸. Las opciones de disposición final están planteadas para contener los residuos mediante elementos artificiales y naturales de seguridad pasiva y aislarlos del ambiente.

Se cuenta con diversas opciones de instalaciones de disposición final que presentan distintos grados de contención y aislamiento, los cuales corresponden a las diferentes clases de residuos radiactivos que se generan en las instalaciones. Los objetivos específicos de la disposición final son:

⁸ OIEA. Normas de Seguridad para la protección de las personas y el medio ambiente: N° SSR-5

- a) Contener los residuos.
- b) Aislar los residuos del medio natural y reducir la probabilidad de una intrusión humana, así como todas las posibles consecuencias de este tipo de intrusión.
- c) Inhibir, reducir y demorar en cualquier circunstancia la migración de radionucleídos de los residuos al ambiente.
- d) Garantizar que las cantidades de radionucleídos que llegan al medio natural debido a cualquier migración de radionucleídos de una instalación de disposición final sean tales que las posibles consecuencias radiológicas resulten aceptablemente bajas en todo momento.

La disposición final de los residuos radiactivos sólidos puede realizarse:

- **Próxima a la superficie:** La disposición final en repositorios próximos a la superficie es el método adecuado para residuos de baja y media actividad, los cuales contienen solamente radionucleídos de período relativamente corto.
- **Repositorios geológicos profundos:** Para residuos de baja y media actividad que contienen radionucleídos de período largo y para los residuos de alta actividad, son necesarios repositorios geológicos profundos, especialmente diseñados para garantizar una aislación a largo plazo.

A continuación se muestran los esquemas de las alternativas de disposición final:

Figura 1: Trinchera simple de tierra.

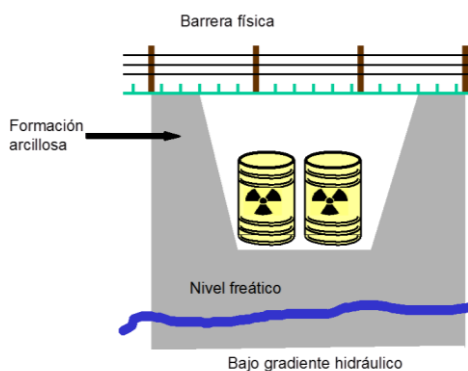


Figura 2: Trinchera con barrera de ingeniería.

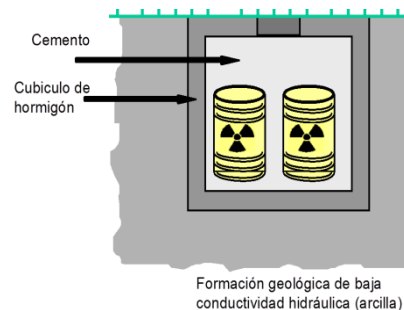
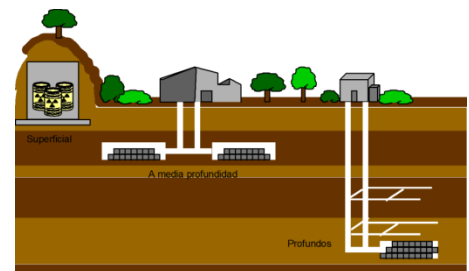


Figura 3: Repositorio geológico profundo.



Tanto la disposición final como el almacenamiento interino poseen como objetivo contener los residuos y aislarlos del ambiente. La diferencia entre ambas opciones es que el almacenamiento es una medida provisional tras la cual se tiene previsto adoptar otras medidas, entre las que pueden figurar el ulterior acondicionamiento, reutilización o embalaje de los residuos y, en última instancia su disposición final. Los factores que inciden en la elección de los sistemas de tratamiento y de acondicionamiento de residuos son:

- Caracterización de los residuos generados luego de la segregación.
- Los límites de descarga al medio ambiente.
- Las tecnologías disponibles de tratamiento y sus costos.
- Las tecnologías disponibles de inmovilización de los residuos tratados.
- Los almacenamientos intermedios y/o disposición final de los residuos acondicionados.

4. Marco legal y regulatorio.

Argentina cuenta con una serie de leyes promulgadas por los organismos legislativos en el ámbito nacional y provincial, que regulan las actividades nucleares en general y la gestión de residuos radiactivos en particular. Además, la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) es la entidad responsable de fijar un marco normativo que garantiza la seguridad de las instalaciones y tareas en todo el territorio. A nivel internacional, la OIEA establece restricciones.

a) **Leyes nacionales:**

- **Ley 24.804:** Ley de la Actividad Nuclear, que, entre otras cosas, asigna a la ARN la responsabilidad de regular y controlar todas las actividades relativas a la seguridad radiológica y nuclear; y asigna a la Comisión Nacional de Energía Atómica la responsabilidad de la gestión de los residuos radiactivos, de los combustibles nucleares gastados y del desmantelamiento de las instalaciones nucleares.
- **Ley 25.018 (1998):** Régimen de Gestión de Residuos Radiactivos, que entre otras cosas, crea el Programa Nacional de Gestión de Residuos Radiactivos e instruye a la CNEA para que elabore un Plan Estratégico de Gestión de Residuos Radiactivos e informe anualmente al Congreso de la Nación sobre su funcionamiento.
- **Ley 25.279 (2000):** El país ratifica la adhesión a la “Convención Conjunta sobre Seguridad en la Gestión del Combustible Gastado y sobre Seguridad en la Gestión de los Desechos Radiactivos”, un tratado internacional que establece criterios para la gestión segura y que compromete al país a implementar procesos de mejora continua, a informar periódicamente al resto de los estados miembros sobre sus estrategias de gestión y a someterse a la revisión de los demás países.
- **Ley N° 25.566 (2009):** Se declara de interés nacional y encomendó a la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) el diseño ejecución y puesta en marcha del Prototipo de Reactor CAREM a construirse en la Argentina.

b) Normas regulatorias emitidas por la Autoridad Regulatoria Nuclear:

- **AR 10.12.1: Gestión de residuos radiactivos:** Establecer requisitos generales para que la gestión de residuos radiactivos se realice con un nivel adecuado de protección radiológica de las personas y de preservación del ambiente tanto en el caso de las generaciones actuales como en el de las futuras.
- **AR 10.1.1: Norma básica de Seguridad:** Lograr un nivel apropiado de protección de las personas contra los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes y de seguridad de las fuentes de radiación.
- **AR 10.16.1 Transporte de materiales radiactivos:** Establece los requisitos de seguridad radiológica para el transporte de materiales radiactivos.
- **Guía AR 6: Niveles genéricos de exención.**
- **Guía AR 8: Niveles genéricos de dispensa.**

c) Normas de seguridad del OIEA (ó IAEA por sus siglas en inglés):

- **Guía de Seguridad WS-G-6.1: Almacenamiento de desechos radiactivos.**
- **Guía de Seguridad N° GSG-1: Clasificación de desechos radiactivos.**
- **Requisitos de seguridad específicos N°SSR-1: Disposición final de desechos radiactivos.**
- **Requisitos de seguridad N° TS-R-1: Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos.**

5. Estado del Arte de la Gestión de Residuos Radiactivos Sólidos.

La estrategia integrada para la gestión segura de los residuos radiactivos, requiere de una planificación de todas las etapas que la componen, que las mismas sean compatibles y complementarias unas de otras, que todas ellas cumplan con los criterios establecidos por el Organismo Regulador de la actividad, la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN), la entidad gestionaora (CNEA) y que se encuentren enmarcadas en la legislación existente al respecto.

En Argentina, la gestión de los residuos radiactivos está a cargo de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) desde el inicio de sus actividades, en 1950. La entidad cuenta con un Programa Nacional de Gestión de Residuos Radiactivos (PNGRR), el cual es responsable de la gestión segura de los residuos radiactivos y los combustibles gastados provenientes de las actividades nucleares en cualquiera de sus aplicaciones, tanto en el ámbito público como en el privado, de manera de garantizar la protección ambiental, la salud pública y los derechos de las generaciones actuales y futuras.

El PNGRR establece un conjunto de requisitos operativos que deben ser aplicados por los generadores en el acondicionamiento de cada residuo para habilitar su retiro de la instalación, tratamiento y disposición final. Clasifica a los RRS en compactables, no compactables, húmedos, estructurales y biológicos.

Se recopiló información en entrevistas realizadas a Oficiales de Radioprotección, responsables de la gestión ambiental en el RA-1 y RA-3, con el objeto de conocer las prácticas llevadas a cabo en la manipulación de los RRS.

5.1. Gestión de los residuos radiactivos sólidos en el RA-1.

El RA-1 es un reactor de investigación del tipo tanque abierto, con una potencia térmica de 40 Kw. con núcleo de uranio enriquecido al 20%, reflejado por grafito, y moderado y refrigerado por agua liviana desmineralizada. Se encuentra emplazado en el Centro Atómico Constituyentes.

En dicha instalación se generan residuos radiactivos producto de las tareas de mantenimiento general de equipos y de la operación del sistema continuo de desmineralización.

Los RRS que se generan en la instalación son: guantes, trapos, papeles, juntas, *o-rings*, fuentes de calibración de equipos, elementos estructurales (Ej.: tramos de conductos) y el lecho de resinas de intercambio iónico.

Los residuos compactables tales como los guantes, trapos y papeles se disponen en bolsas de 20 L, los residuos estructurales se envuelven con paquetes especiales de nylon, los residuos no compactables que entran en tanques de 200 L y las resinas se almacenan en tambores especiales con blindaje de hormigón en donde se las deja secar y se despachan solidificadas.

El RA-1 no cuenta con sistemas de ventilación por lo que no se generan filtros desechables.

Los residuos son almacenados en los contenedores proporcionados por la unidad de gestión, excepto ciertos casos donde se utilizan tambores de la instalación. Los mismos son almacenados en forma transitoria dentro del área controlada (Recinto del Reactor), acondicionados correctamente a la espera de la gestión.

Se genera una bolsa de 20 L por año de residuos compactables y de no compactables o estructurales, su generación es extraordinaria. Antes de descartar los componentes, con un equipo de medición de contaminación se determina su actividad Beta o Alfa en [Bq/cm²]. La contaminación superficial se mide con el objetivo de verificar que sea mayor al límite establecido y de ese modo se consideren residuos radiactivos. Si es posible también se realiza una caracterización cualitativa y cuantitativa analizando una muestra representativa por medio de espectrometría.

Las resinas del sistema de purificación se cambian cuando se agotan y en la instalación se genera un tambor con 100 L aproximadamente cada 10 años. Para la caracterización de las resinas, se toma una muestra y se analiza en un equipo de espectrometría gamma. De allí se obtiene la composición cualitativa (tipo de radionucleídos) y cuantitativa (Actividad en [Bq]) de la resina. Los radioisótopos detectados generalmente:

Tabla 1: Caracterización de las resinas del RA-1.

Radionucleído			
Parámetro:	Cs-138	Eu-153	Co-60
T_{1/2} [años]	30,23	30,23	5,27
Emisor	Beta/gamma	Beta/gamma	Beta/gamma
Energía [kEv]	662	12 picos desde: 59,5 a 1836	1173, 1332
Actividad [Bq/gr]	2	2,9	26

El bulto de los residuos acondicionados no deben tener una tasa de dosis equivalente ambiental en contacto superior a 2 mSv/h y el nivel de contaminación superficial debe ser inferior a 4 Bq/cm² para

emisores beta y gamma, e inferior a $0,4 \text{ Bq/cm}^2$ para emisores alfa. El generador identifica cada bulto mediante la utilización de la etiqueta autoadhesiva codificada y la tarjeta correspondiente provista por el PNGRR. Luego son retirados por el gestor, estos van acompañados del formulario de Declaración del Generador de Residuos (DGA) y se disponen en el Área de Gestión de Ezeiza.

A continuación se muestran imágenes del acondicionamiento de los residuos sólidos radiactivos en el RA-1:

Figura 4: Residuo y contenedor correspondiente.



5.2. Gestión de los residuos radiactivos sólidos en el RA-3.

El RA-3 se encuentra emplazado en el Centro Atómico Ezeiza, en el partido que lleva ese mismo nombre de la Provincia de Buenos Aires.

El reactor tiene una potencia térmica de 10 MW y allí se lleva a cabo la producción nacional de Mo-99, un importante radionucleído de aplicación en medicina nuclear.

En dicha instalación se generan distintos tipos de residuos radiactivos de baja y alta actividad, clasificándose a su vez en sólidos compactables, sólidos no compactables y sólidos húmedos.

Residuos sólidos compactables de baja actividad:

Algunos de ellos y a modo de ejemplo son guantes, papeles, telas, botellas de plástico, etc. Estos residuos deben ser colocados por el generador del mismo en bolsas de plásticos de 10 L destinadas para tal fin y que se encuentran colocadas en tachos de residuos ubicados físicamente en distintos lugares a la vista de la instalación.

Residuos sólidos no compactables de baja actividad:

Algunos de ellos y a modo de ejemplo son: elementos estructurales, hierros, escombros, tornillos, etc. Estos residuos deben ser colocados por el generador del mismo en el interior de tambores de color NEGRO de 200 L destinados para tal fin y que se encuentran ubicados en distintos lugares a la vista de la instalación.

Residuos sólidos húmedos de baja actividad:

Un ejemplo de ellos son los lechos de resinas. Estos residuos deben ser colocados por el generador del mismo en el interior de los tambores de color azul de 400 L destinados para tal fin y que se encuentran ubicados en distintos lugares a la vista de la instalación.

Residuos sólidos no compactables de alta actividad:

En un principio son depositados en el cementerio⁹ del RA-3, identificados y asentados en el libro de cementerio (ubicado en área controlada en planta baja, donde se encuentran las facilidades de irradiación). Estos elementos se mantienen en este lugar hasta que su actividad decaiga a niveles que pueden ser gestionados como residuos sólidos de baja actividad.

⁹ Cementerio: Área dentro de la zona controlada destinada como depósito de materiales activados.

5.3. Generación estimada de residuos radiactivos sólidos para el reactor OPAL.

El reactor australiano OPAL es una instalación multipropósito que incluye la producción de radioisótopos. Está ubicado al sudoeste de la ciudad de Sydney, Australia.

El OPAL es de 20 MW de potencia térmica, del tipo de pileta abierta, trabaja con uranio de bajo enriquecimiento y está refrigerado con agua liviana desmineralizada, alcanzó plena potencia en el 2006 y ha sido inaugurado oficialmente en el 2007.

El proyecto argentino del reactor RA-10 tiene como referencia inmediata al OPAL. Por ello, la generación de residuos estimada para el OPAL puede ser tenida en cuenta como antecedente. La generación estimada de residuos radiactivos sólidos por año de operación del OPAL se muestra a continuación:

Los valores se basan en estimaciones de acuerdo a las facilidades previstas.

Residuos sólidos compactables de baja actividad:

Papeles, trapos, guantes de plástico, ropa, tubos de plástico, etc.: Aproximadamente 5 m³ antes de la compactación.

Filtros de ventilación: Aproximadamente 88 filtros HEPA, 3 filtros de carbón y 4 tamices moleculares por año, equivalentes a unos 10 m³ de residuos de bajo nivel.

Residuos sólidos no compactable de baja actividad:

Aproximadamente 1 m³ (activación de componentes de aluminio y canes, muestras sólidas activadas, artículos contaminados de laboratorios y reactores).

Residuos sólidos no compactables de actividad intermedia:

Aproximadamente un contenedor de 72 L (componentes metálicos activados).

Residuos sólidos húmedos de baja actividad:

Lecho de resina de intercambio iónico de la purificación del agua del reactor y del colchón caliente: Aproximadamente 1100 kg.

6. Descripción general del Proyecto RA-10.

El sitio de construcción del reactor RA-10 se encuentra en el Centro Atómico Ezeiza (CAE). Comprende una superficie de 840 hectáreas y está situado en el Partido de Ezeiza, provincia de Buenos Aires, a aproximadamente 33 km al suroeste de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

El Reactor RA-10 es un reactor de tipo pileta abierta, enfriado y moderado por agua liviana, cuenta con un reflector de agua pesada que aumenta el flujo de neutrones permitiendo la investigación con haces. El reactor de investigación multipropósito será destinado a la producción de radioisótopos, irradiación de combustibles, uso de haces de neutrones y realización de experimentos neutrónicos y termohidráulicos. Tiene como objetivo ampliar y consolidar la producción de radioisótopos, proveer facilidades de irradiación de materiales y combustibles y ofrecer nuevas aplicaciones en el campo de la ciencia y la tecnología.

La pileta del reactor es un tanque cilíndrico abierto de acero inoxidable de 4,5 m de diámetro y 14 m de altura, cuyas funciones son las de contener el núcleo y sus estructuras, dispositivos experimentales, instrumentación nucleónica y mantener el inventario de agua requerido por los sistemas de refrigeración, el cual brinda el blindaje biológico requerido contra la radiación proveniente del núcleo e internos del reactor.

El tanque del reflector es una estructura metálica de geometría cilíndrica de 2 m de diámetro y 1 m de altura, fabricada en Zircalloy-4, material que se comporta como transparente frente a los neutrones. La superficie interna estará en contacto con agua pesada (reflector) y la superficie externa estará en contacto con agua liviana de la pileta del reactor. A lo largo de su eje central tendrá un pasante de sección rectangular (chimenea), donde se ubicará el núcleo. El tanque será atravesado verticalmente por tubos de diferentes dimensiones para alojar las distintas facilidades de irradiación de los dispositivos experimentales externos. También alojará un contenedor para la fuente fría y en un plano medio horizontal se ubicarán 2 haces de neutrones fríos y 2 haces térmicos.

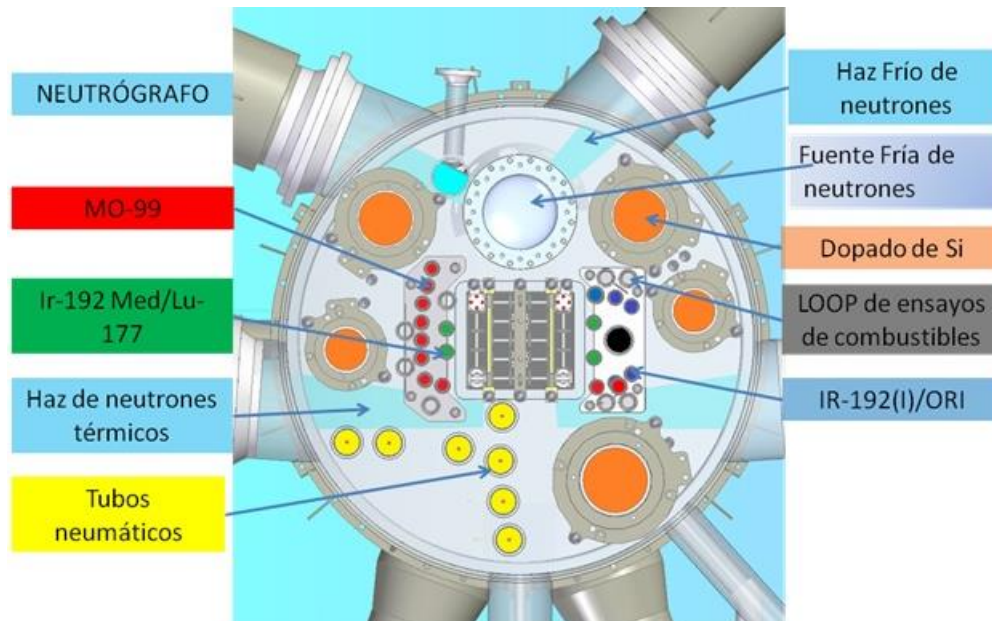
La pileta de servicio es un tanque rectangular abierto de 4,5 m x 5,3 m de lado y 9,0 m de altura. El mismo se conecta con la pileta del reactor a través de un canal de transferencia. Las funciones de la pileta de servicio son: contener los canastos de elementos combustibles gastados y los contenedores de materiales irradiados; permitir el transporte bajo agua de materiales activos hacia y desde las celdas calientes y mantener el inventario de agua requerido, el cual proporcionará el blindaje biológico frente a la radiación proveniente del almacenamiento de los combustibles gastados y materiales irradiados.

El diseño del núcleo del Reactor RA-10 contempla la posibilidad de irradiar muestras y dispositivos dentro del mismo. Se dedicarán seis posiciones fijas donde ubicar los dispositivos experimentales internos al núcleo, de las cuales dos posiciones poseen un espectro rápido pudiendo estar instrumentadas o no y las restantes cuatro posiciones poseen un espectro térmico. En las seis posiciones de irradiación se fijan a la grilla del núcleo las cajas de irradiación, estas tienen las mismas dimensiones de un elemento combustible y brindan una contención estructural a los dispositivos experimentales.

El núcleo tendrá 25 posiciones en un arreglo de 5x5. Estará compuesto por elementos combustibles tipo placa. Las 4 esquinas y 2 posiciones centrales sumarán un total de 6 posiciones de irradiación, el resto del arreglo será completado con 19 elementos combustibles normales. Entre columnas de elementos combustibles se ubican dos hileras con 3 cajas guías de barras de control cada una, dando un total de 6 elementos de control y extinción del reactor independientes.

Se reservara espacio en el Hall del Reactor para un bunker de almacenamiento de los componentes activados del sistema de guías de la unidad in-pile reemplazados al final de su vida útil y otras piezas.

Figura 5: Facilidades externas, dispositivos internos y haces de neutrones.



A continuación se muestra una tabla resumen con los principales parámetros del reactor:

Tabla 2: Características y parámetros de diseño del Reactor Multipropósito RA-10.

PARÁMETROS RA-10			
DATOS GENERALES		DATOS DEL COMBUSTIBLE	
Potencia [MW]	30	Tipo de combustible	U ₃ Si ₂ - Al
Dueño	CNEA	Enriquecimiento del combustible [%U235]	19,8
Constructor	CNEA/INVAP	Cantidad de placas de combustible por elemento	21
Sitio	Buenos Aires	Espesor del meat del combustible [mm]	0,71
	Argentina	Espesor de la placa combustible [mm]	1,45 (internas) 1,6 (externas)
Puesta en marcha y Operación	2020 y 2021	Longitud activa de la combustible [cm]	61,5
Tipo de reactor	Pileta abierta	Espesor del canal de refrigeración [mm]	2,35
Refrigerante/Moderador	H ₂ O/H ₂ O	Material de la vaina del EC	Al
Refrigerante y moderador conectados	SI	DATOS HIDRÁULICOS	
Reflector	Agua pesada	Caudal refrigerante [m ³ /h]	3060
Dirección del fluido en el núcleo	Ascendente	Velocidad refrigerante en el núcleo [m/s]	11,5
Posición de los mecanismos de control	Debajo del núcleo		
DATOS DEL NÚCLEO		DATOS DE LAS PILETAS	
Arreglo de la grilla	5 x 5	Volumen de la pileta de reactor [m ³]	222
Cantidad de EECC	19	Relación potencia/volumen del reactor [Kw/m ³]	135
Cantidad de placas absorbentes	6	DATOS DE FACILIDADES DE IRRADIACIÓN	
Material placa absorbente	Hafnio	Haces de neutrones radiales al núcleo	NO
Peso del combustible en el núcleo [kg U235]	10,7	Haces de neutrones tangenciales al núcleo	4
Duración del ciclo de operación [días]	29,5	Columna térmica	NO
Quemado de extracción promedio [%]	45,5	Loop de combustibles	A futuro

7. Identificación de fuentes generadoras de Residuos Radiactivos Sólidos en el RA-10.

Las posibles fuentes de RRS que se identifican para la operación del Reactor Multipropósito RA-10 son:

7.1. Resinas de intercambio de iones.

Para mantener la integridad química del reactor nuclear se utiliza como refrigerante y moderador agua desmineralizada de alta pureza. El agua se purifica con resinas de intercambio iónico de lecho mixto, grado nuclear.

Las resinas de intercambio iónico usadas en instalaciones nucleares constituyen, al terminar su vida útil, un tipo especial de residuo lo que conlleva a la necesidad de aplicar procedimientos en el manejo y tratamiento adecuado, para su disposición final. Si bien el proceso de intercambio iónico es reversible, las resinas de grado nuclear se pueden regenerar sólo una vez sin disminuir su capacidad de intercambio iónico.

Las resinas de lecho mixto de tipo grado nuclear tienen un equivalente químico aniónico:catiónico de 1:1. En el diseño del RA-10 se establece que las resinas sólo se utilicen una vez, por el grado de contaminación radiactiva que adquieren, por lo tanto no requieren regeneración y son desechables. Un medidor de conductividad en la salida de agua purificada monitorea el rendimiento de las resinas. El disparo de la alarma de alta conductividad indicará que las resinas se agotaron. En este caso, se configuran las válvulas para que comience a operar el circuito stand-by y se aísla el circuito de la resina agotada.

Las columnas de resinas se encontrarán dentro de un recinto blindado. Este recinto blindado se ubica en el sótano del reactor. Las líneas de transferencia de resinas agotadas, incluyendo sus válvulas, estarán dentro del recinto blindado. Las resinas agotadas se transferirán hidráulicamente al sistema de Manejo de Resinas Agotadas. La columna se recargará con resinas frescas transportadas hidráulicamente.

Las operaciones que utilizan resinas de intercambio de iones en el RA-10 son:

- a) Sistema de Purificación del Refrigerante del Reactor.
- b) Sistema de Purificación de agua del colchón caliente.
- c) Sistema de Purificación de agua pesada del tanque reflector.

a. Sistema de Purificación del agua del reactor (RESREA): Mantiene la calidad del agua en la pileta del reactor y pileta de servicios. El RESREA elimina las impurezas del agua tales como polvo, productos de corrosión y fisión, para mantener la calidad del agua y proveer una óptima calidad visual.

El sistema comprende dos circuitos de purificación. Normalmente un circuito opera y el otro permanece stand-by. Cada uno consiste en un filtro, una columna tipo lecho mixto de resinas de intercambio iónico y una trampa de resinas.

b. Sistema de Purificación del agua del colchón caliente (SPCCAL): El colchón caliente reduce el mezclado y por lo tanto evita que las impurezas activas disueltas en el agua de las piletas lleguen a la superficie, constituyendo un blindaje biológico axial que impide que las radiaciones emitidas por esas partículas contribuyan a aumentar la dosis en boca de tanque. El sistema de purificación del agua del colchón caliente cuenta con columnas de intercambio iónico de lecho mixto y los filtros que van ubicados dentro de la contención, en una sala cuyas paredes estarán constituidas con blindaje de concreto.

c. Sistema de Purificación del agua pesada del tanque reflector (PURD20): Mantiene la conductividad del agua pesada por debajo de $1 \mu\text{S}/\text{cm}$. El sistema consta de dos columnas de intercambio iónico con prefiltro y trampa de resinas interna.

7.1.1. Sistema de tratamiento de resinas agotadas (TRESGA)

El TRESGA recibe una mezcla de resinas gastadas y agua desmineralizada desde los sistemas de Purificación Agua del Reactor (RESREA) y del sistema de Purificación de Agua del Colchón Caliente (SPCCAL). El sistema TRESGA posee las siguientes funciones:

- a) Proporciona un medio de almacenamiento provisional de las resinas agotadas (clasificadas como residuos sólidos radiactivos de nivel bajo/intermedio).
- b) El almacenamiento debe ser suficiente para los residuos generados en un período de operación de 2 años.

El sistema TRESGA estará compuesto por los siguientes equipos: bomba de circulación, tanques para almacenamiento de resina, tanque expansor, cañerías, válvulas e instrumentos relacionados con el proceso.

Figura 6: Purificación del refrigerante.

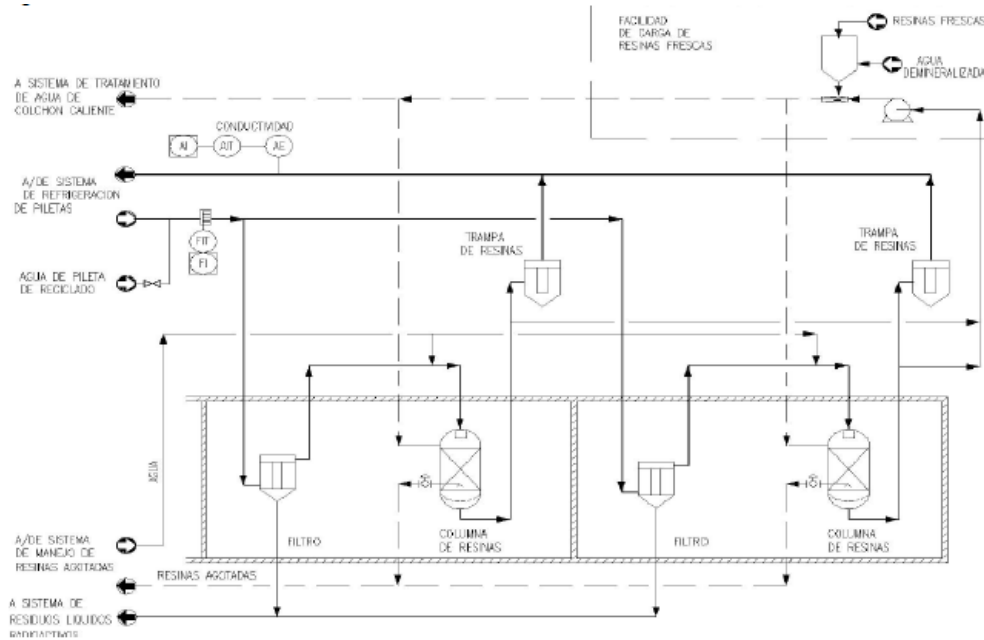


Tabla 1: Actividad de las resinas del RESREA tomando como referencia el OPAL.

Isótopo	Actividad específica [Bq/cm ³]
Na-24	2.54E+05
Mg-27	8.66E+05
Al-28	2.54E+05
Ar-41	583.8 ^(#)
Tc-99m	556.9
Xe-135	3.6 ^(#)
Mo-99	556.9
Cr-51	2888.8
Mn-56	7321.6
W-187	686.4

(#) Se entiende que se trata de la actividad específica del gas noble en el agua que circula a través de las resinas

7.2. Equipos de irradiación y componentes usados del reactor.

Estos elementos constituyen aquellos materiales y herramientas utilizados para ensayos en las estructuras internas de los haces de neutrones, los Dispositivos Experimentales Externos al Núcleo (DEEN) y los Dispositivos Experimentales Internos al Núcleo (DEIN). Estos dispositivos son diseñados para tener una determinada vida útil sin embargo los mismos pueden sufrir daño mecánico o corrosión debido a su manipulación para colocar y extraer los materiales irradiados, es por ello que pueden convertirse en RRS.

Es esperable que las estructuras ubicadas en el tanque reflector sufran una importante activación dado el flujo térmico de la zona.

Estructuras internas de los haces de neutrones:

El reactor cuenta con una fuente fría para producir neutrones en rangos espectrales específicos. La fuente se encuentra dentro del tanque reflector de agua pesada. Los neutrones son extraídos de la fuente a través del tanque reflector y del blindaje biológico (agua de la pileta reactor y block de hormigón) por haces de neutrones especialmente diseñados.

El sistema de haces cuenta con 4 *shutters* primarios (obturadores) para los haces térmicos y fríos, estos son dispositivos giratorios masivos que constituyen el blindaje o cierre de los haces de neutrones y son la única parte móvil del haz de neutrones.

Para minimizar la producción de residuos, tanto los materiales estructurales como los de blindaje tienen bajo contenido de isótopos que puedan ser activados. El *shutter* incluye un inserto reemplazable que actúa como blindaje térmico, el cual enfrenta a los haces de radiación cuando el *shutter* se encuentra cerrado, minimizando la activación de otros componentes. Los *shutters* son en su mayoría de acero inoxidable y los embebidos en hormigón son de acero al carbono.

El *shutter* puede ser desmontado completamente de su posición para permitir el reemplazo de partes internas o de las guías de onda si es necesario. Incluye en su interior tramos de guías de neutrones para permitir la salida de los haces de radiación cuando se encuentran habilitados para operar. Las guías son estructuras de acero especialmente diseñada para contener un ensamble de materiales de alta densidad.

Todos los componentes localizados en el interior de la estructura del tramo de guías de neutrones son removibles debido a la vida útil de aproximadamente 10 años ya que se encuentra sometido a altos

campos de radiación. Eventualmente estos componentes pueden resultar como un residuo radiactivo sólido debido a su grado de activación, por lo que al momento de su reemplazo deben ser gestionados como tales.

Dispositivos experimentales externos al núcleo (DEEN):

Los DEEN se encuentran ubicados en el tanque reflector, lo cual permite la irradiación de grandes elementos y numerosas posiciones de irradiación con intensidad de flujo y aspectos similares. Los dispositivos brindan la estructura mecánica que permite albergar los blancos para la irradiación. Estas estructuras pueden requerir ser sustituidas y transformarse en residuos radiactivos, el material de estos soportes son de Aluminio 6061 el cual si presenta impurezas se activan con largo períodos de decaimiento.

Los Dispositivos Experimentales Externos al Núcleo que se incluyen son:

- a) Molibdeno: diez dispositivos experimentales aptos para la producción de Molibdeno-99.
- b) Iridio medicinal y Lutecio: cuatro dispositivos experimentales aptos para dispositivos de Iridio medicinal y Lutecio-177.
- c) Iridio Industrial: cuatro posiciones de irradiación aptas para dispositivos de Iridio-192.
- d) Otros Radioisótopos: tres dispositivos experimentales aptos para irradiación de blancos.
- e) Sistema Neumático de Transferencia de cápsulas de irradiación: catorce dispositivos experimentales con diversidad de flujo neutrónico para albergar cabezales neumáticos.

A continuación se muestran en las figuras los dispositivos soportes de algunas facilidades de irradiación.

Figura 7: Soporte de las facilidades de irradiación de Mo-99.

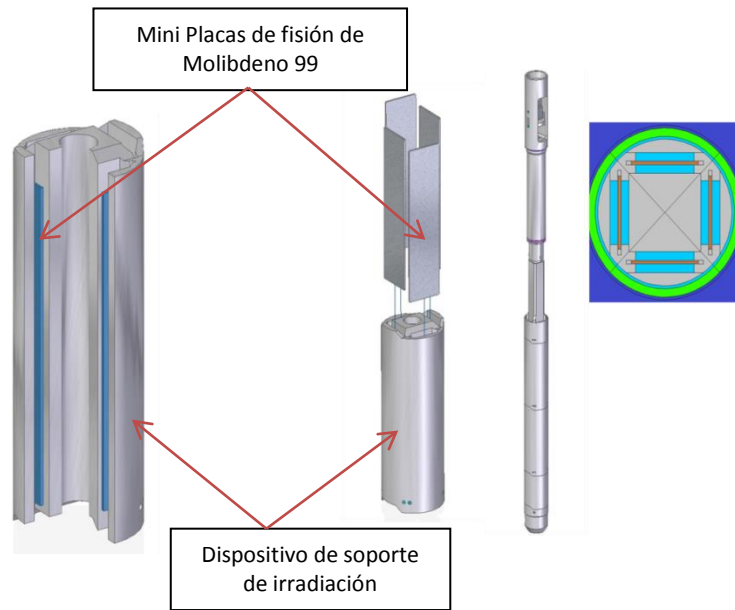
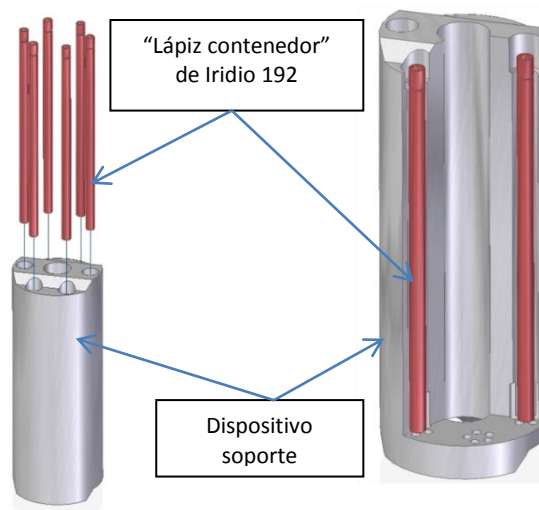


Figura 8: Soporte de las facilidades de irradiación Ir-192.



Dispositivos experimentales internos al núcleo (DEIN):

El núcleo cuenta con 6 facilidades para la realización de experimentos. En las 6 posiciones de irradiación se fijan a la grilla del núcleo las cajas de irradiación, estas tienen las mismas dimensiones de un elemento combustible, son de Aluminio 6061 y brindan una contención estructural a los dispositivos experimentales.

En caso de que las cajas sufran algún tipo de daño, ya sea mecánico o de corrosión, deben ser reemplazadas y constituyen de ese modo un residuo radiactivo.

7.3. Barras de control usadas.

Entre los elementos combustibles que conforman el núcleo del reactor RA-10, se ubican dos hileras con 3 cajas guías de barras de control, dando un total de 6 elementos independientes que cumplen la función de control y extinción del reactor. El material de dichas barras de control, o también llamadas placas absorbentes de neutrones, es el elemento Hafnio con un poco de traza impurezas.

Todas las placas absorbentes cumplen la doble función de controlar la reactividad del reactor durante la operación del mismo y el apagado rápido cuando reciben la solicitud del Sistema de Protección del Reactor, de acuerdo con los requerimientos de diseño y el análisis de seguridad.

Figura 9: Ubicación barras de control.

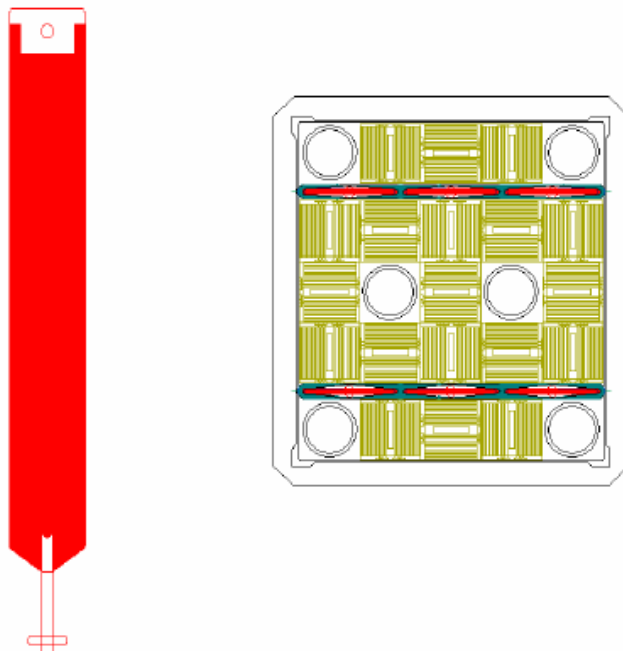


Tabla 3: Características del banco de barras de control.

PRIMER SISTEMA DE EXTINCIÓN	
Cantidad de barras de seguridad y control	6
Material	Hafnio
Material del marco	Zyrcadine
Material de la seguidora	Zr-4
Diámetro de la seguidora	16,2 mm
Tipo de absorbente	Placas
Geometría de la placa absorbente [mm ³] (espesor)x(ancho)x(largo)	6 x 122 x 755

Dadas las condiciones de operación del reactor y el medio en el que se encuentran las barras de control estas pueden sufrir daño mecánico provocando su deformación y de ese modo impedir la inserción y movimiento de las mismas al núcleo con la velocidad requerida por seguridad en el diseño. También pueden sufrir corrosión y a su vez los precipitados que se producen, en caso de ser liberados al medio refrigerante se activan rápidamente y deterioran la calidad del mismo. Por otro lado, las placas absorbentes con su uso experimentan una degradación en su capacidad de absorción neutrónica, disminuyendo su función de control y seguridad.

Por las razones mencionadas anteriormente las barras de control pueden requerir ser reemplazadas y de ese modo pasan a ser consideradas como residuos radiactivos sólidos. Además todo el banco de barras de control debe ser reemplazado cada 8 - 10 años. Parte de las barras de control reemplazadas serán utilizadas para el Programa de vigilancia de materiales.

A continuación se detallan los límites de diseño relacionados con la reactividad de las barras de control y los límites sobre de extinción con los que debe cumplir el banco de barras. En el caso que dejen de cumplir con dichos requerimientos deben sustituirse por placas nuevas:

- 1) El margen de apagado del primer sistema de extinción debe ser de al menos 3000 pcm.
- 2) El factor de seguridad de la reactividad deberá ser de al menos 1.5.
- 3) El margen de apagado del primer sistema de extinción debe ser de al menos 1000 pcm con cualquiera de las placas absorbentes fuera del núcleo.

Dadas las dimensiones de los elementos combustibles del RA-10, estos no admiten ser almacenados en la FACIRI (Facilidad de Almacenamiento de Combustibles Irradiados de Reactores de Investigación). Por ello cuenta con una pileta de servicio propia que posee grillas adecuadas para el almacenamiento en húmedo tanto para los elementos combustibles como para las barras de control.

7.4. Herramientas, accesorios e instrumentos.

Se refiere a todo dispositivo, instrumento, herramienta, componente (ej.: válvulas, cañería, tanque, juntas y *o-rings*), equipo (ej.: bombas, intercambiador de calor), detector, sensor, actuador, etc., que se encuentre contaminado con algún radionucleído o bien activado y que por ello deba ser gestionado como un residuo radiactivo sólido.

7.5. Canes irradiados (cápsulas de irradiación).

Los canes o cápsulas utilizadas para la irradiación son tubos abiertos en su parte superior en donde se alojan los materiales a ser irradiados para su estudio, se depositan allí dentro, se coloca un tapón y se evalúa la estanqueidad. Estos canes albergan los blancos para las aplicaciones requeridas asegurando la posición de las probetas dentro de las facilidades experimentales.

De acuerdo a las aplicaciones, las facilidades de irradiación se pueden dividir en dos clases:

- Facilidades de Irradiación de Largo Tiempo de Residencia: Sus tiempos de residencia pueden ser tan largos como un ciclo de operación (28 días). La carga y descarga de cápsulas se realiza en una estación de comando automatizada, que se encuentra en una de las celdas calientes adyacentes a la pileta de servicio. Los materiales a irradiar se disponen en cápsulas selladas de aluminio.
- Facilidades de Irradiación de Corto Tiempo de Residencia: Son utilizadas por el Laboratorio de Análisis por Activación Neutrónica (LAAN). Las muestras pueden ser irradiadas con cortos tiempos de exposición. La carga y descarga de cápsulas se realiza en una estación que se encuentra en el LAAN. El tiempo de transferencia de cápsulas es de aproximadamente 3 segundos, permitiendo análisis de radionucleídos de corta vida media. Los materiales a irradiar se disponen en cápsulas de polietileno de alta pureza.

Los canes de polietileno no son reutilizables y se convierten en residuos sólidos de baja actividad. Los canes de aluminio son reutilizables por un número limitado de veces, en función de su actividad y deterioro de las propiedades mecánicas y deben ser descontaminados antes de su reutilización.

Los canes de aluminio pueden contener cantidades significativas de impurezas dado que resultan más económicas. Dichas impurezas se activan por la radiación y su período de desintegración puede ser largo, con lo cual los canes de aluminio deben ser acondicionados como residuos radiactivos.

Luego de la irradiación los canes se abren en las celdas calientes en el edificio del reactor y las probetas son llevadas al laboratorio para su posterior análisis.

Figura 10: Can de irradiación de Aluminio.



7.6. Residuos del sistema de ventilación (filtro HEPA, Carbón activado y tamiz molecular).

El Sistema de Ventilación del Edificio del Reactor está compuesto por los siguientes subsistemas:

- 1) Ventilación del Confinamiento: Mantiene las condiciones de confort en áreas ocupadas por el personal, mantener el confinamiento en depresión respecto al medio ambiente y controlar la actividad de las emisiones en chimenea.
- 2) Ventilación de Celdas: Mantiene la depresión en las Celdas respecto al confinamiento.
- 3) Ventilación de Sala de Agua Pesada: Al igual que el sistema de Ventilación de Celdas, tiene la función de mantener en depresión dicha sala respecto al Confinamiento.

- 4) Extracción de Emergencia: Sistema de Extracción de Emergencia forma parte del ETSEG Confinamiento.
- 5) Ventilación de Sala de Control Principal: Mantiene en sobrepresión dicha sala respecto al Confinamiento.

El Sistema de Ventilación Convencional está compuesto por los siguientes subsistemas:

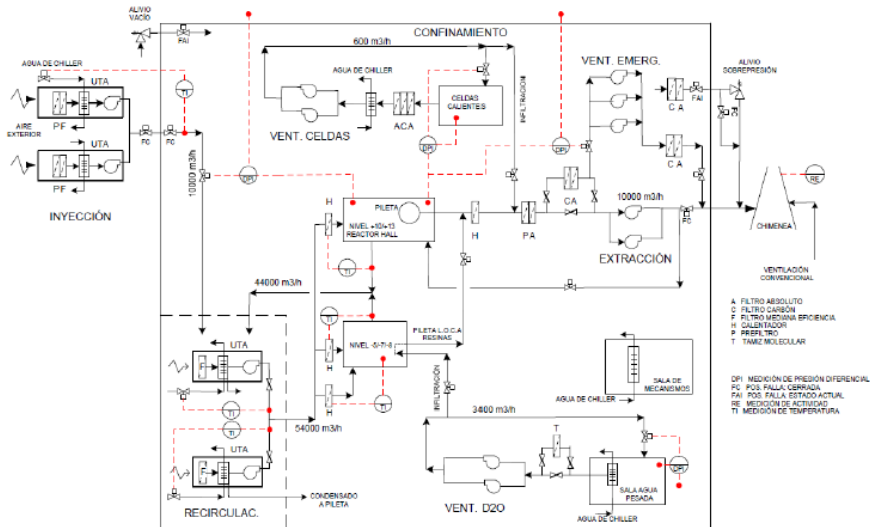
- 1) Sistema de Ventilación Convencional del Edificio del Reactor.
- 2) Sistema de Ventilación Convencional del Edificio de Guías de Neutrones.
- 3) Sistema de Ventilación Convencional del Edificio Auxiliar.
- 4) Sistema de Ventilación Convencional del Edificio de Servicios.

Los Sistemas de Ventilación Convencional de Edificio de Guías de Neutrones, Edificio Auxiliar y Edificio de Servicios tienen como función mantener las condiciones de confort en áreas ocupadas por el personal y las distintas áreas de paso, por lo tanto no constituye una fuente de residuos radiactivos.

Todo elemento de los circuitos de recirculación o extracción de aire de los sistemas de ventilación que dan servicio a recintos donde hay riesgo radiológico deben ser gestionados como residuos activos. Esto incluye:

- a. Elementos filtrantes: Filtros gruesos (G4), filtros finos (F9), filtros absolutos (H13 y H14), filtros de carbón activado, filtros de carbón activado impregnado, filtros de sistemas autónomos de aire respirable.
- b. Elementos de sistema de ventilación: Ductos, persianas de ventilación, persianas de control manual y automático, persianas de cierre, persianas anti-retorno, serpentinas de enfriamiento o calentamiento.

Figura 11: Ventilación del confinamiento.



7.7. Componentes de la Fuente fría de neutrones.

El RA-10 cuenta con una fuente fría de neutrones (FTEFRI) ubicada en el tanque reflector y refrigerada con un sistema de Helio criogénico, ésta permite producir neutrones en un rango de energía menor a los 10 meV. Los neutrones “fríos” son transportados a través de guías de neutrones al Hall de Guías de Neutrones.

La fuente fría está constituida básicamente por un contenedor y el conjunto in-pile. El contenedor es de una aleación de zirconio y el conjunto in-pile está cuenta con piezas de aleaciones de aluminio y acero inoxidable (Intercambiador de calor, termosifón, brida in-pile, cámara del moderador). El aluminio es degradado por la radiación, por lo que la unidad debe ser reemplazada cada 10 años aproximadamente.

7.8. Muestras de laboratorio y probetas de irradiación.

Las facilidades internas del núcleo permiten el estudio de materiales para reactores experimentales y de potencia y la irradiación de isótopos que requieran flujos térmicos muy altos.

En las celdas calientes se procede al desarme de los dispositivos de ensayo de materiales y dispositivos experimentales, a la gestión de material irradiado hacia y desde las facilidades de producción de radioisótopos, etc., allí pueden originarse residuos radiactivos sólidos. Las probetas deben gestionarse como residuos activos luego de ser analizadas las modificaciones en sus propiedades producto de la irradiación.

7.9. Materiales de limpieza y elementos de protección personal.

Para que los operadores puedan acceder a realizar tareas que impliquen una potencial exposición a las radiaciones ionizantes deben estar protegidos con aquellos elementos de protección personal que establecen los protocolos de protección radiológica y seguridad. Los elementos utilizados generalmente en las prácticas que implican un riesgo radiológico son: guantes, barbijos, mamelucos, cubre zapatos, cascos, guardapolvos, máscaras con filtros HEPA y gafas de seguridad, tyveks, trajes herméticos (ejemplo: Mururoa - Honeywell). También, durante las tareas normales de producción y mantenimiento se utilizan elementos de limpieza, como por ejemplo: trapos y papeles.

Estos materiales pueden resultar contaminados durante su utilización y se consideran residuos radiactivos sólidos de baja actividad.

Figura 12: Elementos de protección personal.



7.10. Filtros mecánicos.

Se utilizan filtros mecánicos para un desbaste del agua que proviene de las piletas donde se realiza el lavado de los materiales, herramientas e instrumentos contaminados. También se emplean este tipo de filtros para los sistemas de purificación agua desmineralizada. Estos componentes en caso de dañarse deben ser reemplazados, los mismos pueden estar activados por lo que se requiere que sean gestionados como residuos radiactivos.

8. Gestión de los Residuos Radiactivos Sólidos generados durante la operación del RA-10.

En Argentina, se ha optado por un criterio de clasificación de los residuos radiactivos por niveles de acuerdo con el tipo de radiación y decaimiento de los elementos que contienen: muy bajo, bajo, medio, alto. A su vez, los RRS se clasifican en: Compactables, No Compactables, Estructurales, Húmedos y Biológicos, de acuerdo a lo establecido por el Programa Nacional de Gestión de Residuos Radiactivos.

- Compactable: Cuerpos de forma y volumen constantes que al ser sometidos a presión disminuyen considerablemente su volumen.
- No Compactable: RRS que poseen dimensiones que permiten introducirlos en el contenedor reglamentario y al ser sometidos a altas presiones no reducen su volumen.
- Estructural: RRS que por sus características o tamaño, no pueden ser introducidos en un tambor de 200 L.
- Húmedo: RR en estado de agregación sólido, que poseen cierto grado de humedad, pero no se observa líquido separado de la fase sólida.
- Biológico: Cáscaras y vísceras de animales o fluidos biológicos conteniendo material radiactivo.

En el proyecto RA-10, la generación de residuos se ha considerado desde la etapa de diseño, a través de la adecuada selección de materiales transparentes a los neutrones y de pureza nuclear, tomando en cuenta todos los caminos de generación de residuos y el suministro de sistemas de gestión de residuos con todas las instalaciones necesarias, por ejemplo el tanque de almacenamiento de resinas gastadas en un recinto blindado. La instalación cuenta con sistemas para el monitoreo y control, con los sitios específicos para la segregación, clasificación, acondicionamiento y almacenamiento de los residuos radiactivos y no radiactivos.

Se recopiló y revisó la documentación emitida por el Proyecto RA-10. De ello se desprende que hasta el momento no han sido desarrollados instructivos de trabajo específicos para la gestión de los RRS en su etapa de operación.

La gestión de los RRS de la instalación del RA-10 debe garantizar la seguridad del personal involucrado en la actividad y la del público en general, y también minimizar la ocurrencia de potenciales impactos al ambiente.

Para llevar a cabo en forma adecuada la gestión de los RRS durante la operación del RA-10 se proponen Fichas Técnicas para cada tipo de residuo como herramienta de consulta rápida. Se establecen los procedimientos básicos para el acondicionamiento de cada residuo, su categoría y clasificación, generación anual estimada y procedimientos ante una emergencia, constituyendo una **Ficha de Gestión Ambiental del Residuo**. El objetivo es brindar información relevante y concisa apuntada a la gestión ambiental y el manejo seguro de los residuos. Serán de utilidad para resguardar la seguridad del personal en la operación y del público en general en la disposición final.

El conjunto de las Fichas Técnicas contribuye al desarrollo del Sistema de Gestión del RA-10 en su etapa de operación. A continuación se muestran las **Fichas de Gestión Ambiental de los Residuos**:

GESTIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS SÓLIDOS							
1. IDENTIFICACIÓN							
RESIDUO Nº: 1	RESINAS DE LECHO MIXTO, GRADO NUCLEAR						
CATEGORÍA:	Nivel Bajo - Intermedio						
COMPACTABLE:		NO COMPACTABLE:		ESTRUCTURAL:		HÚMEDO:	X
2. SISTEMA DE ORIGEN							
Sistema de Purificación del refrigerante del reactor (RESREA). Sistema de Purificación de agua del colchón caliente (SPCCAL). Sistema de Purificación de agua pesada del tanque reflector (PURD20).							
3. MANEJO AMBIENTAL							
3.1 - GENERACIÓN ANUAL	1100 kg						
3.2 - TIPO DE MEDIDA	Prevención	X	Mitigación	X	Compensación	Restauración	
4. PROCEDIMIENTO: Acondicionamiento y Almacenamiento							
<ol style="list-style-type: none"> Las resinas agotadas son bombeadas a un tanque de almacenamiento. El tanque tiene capacidad para contener el volumen de una carga de resina proveniente del sistema RESREA y una carga proveniente del sistema SPCCAL. El inventario de resinas es de aproximadamente 1,10 m³ y el tanque tiene un volumen de 2,20 m³. El almacenamiento se realiza durante el tiempo necesario para reducir el nivel de actividad. Las resinas se descargan en tambores de acero inoxidable de 200 L sin blindaje. En caso de que se registre la pinchadura de un elemento combustible o la falla de un dispositivo experimental o can de irradiación, las resinas se descargan en tambores especiales de acero inoxidable de 200 L con blindaje de hormigón. El tambor se dispone en el recinto de almacenamiento transitorio de residuos radiactivos. Registrar el ingreso en el inventario del recinto de almacenamiento transitorio de residuos. Tomar una muestra para su análisis en el multicanal para determinar la actividad y radionucleídos presentes. Dejar el tambor abierto para permitir que se evapore la humedad de las resinas hasta su secado. Monitorear y verificar: La tasa de dosis equivalente ambiental en contacto con la superficie exterior del bulto no debe ser superior a 2 mSv/h y el nivel de contaminación superficial del bulto debe ser inferior a 4 Bq/cm² para emisores beta y gamma, e inferior a 0,4 Bq/cm² para emisores alfa. Declaración de residuos radiactivos (PNGRR): Se coloca la etiqueta y el código de barra correspondiente para identificar el contenedor, adherida en el tercio superior externo del tambor. Registrar el egreso del residuo en el inventario del recinto de almacenamiento transitorio de residuos cuando es retirado por el PNGRR. 							
5. CONTENEDOR							
BOLSA PLÁSTICA 20 L		BOLSA PLÁSTICA 200 L		TAMBOR 200 L	X	TAMBOR 200 L BLINDADO	X
						ENVOLTORIO ESPECIAL	
6. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN							
Geiguer Muller. Multicanal. Sonda de contaminación superficial [Bq/cm ²].							

7. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

EPPs: guantes de algodón, guantes de goma, mameluco, cubre-zapatos, gafas de protección.
Dosímetro personal TLD.
Dosímetro personal EPD.

8. RESPONSABILIDADES

Organismo Generador: RA-10

Organismo Gestor: CNEA

9. DESCONTAMINACIÓN DE PERSONAS EN EL RA-10

1. Evitar la dispersión de la contaminación por movimiento del individuo.
2. Verificar que ausencia de heridas en la piel.
3. Delimitar por monitoreo, el área de la piel contaminada.
4. Quitar la ropa contaminada.
5. Lavar con agua tibia la zona frotando con esponja y jabón o detergente durante 2 o 3 minutos.
6. Enjuagar con abundante agua tibia, secar con papel absorbente y volver a medir la superficie contaminada.
7. Repetir el proceso hasta reducir los valores de actividad a niveles aceptados, sin comprometer la integridad de la piel.

10. EMERGENCIA RADIOLÓGICA

1. Llamar por teléfono a la Guardia del Centro Atómico de Ezeiza e informar:
 - Lugar donde ocurre la emergencia.
 - Breve descripción de la emergencia: con o sin personal accidentado, incendio.
 - Nombre del denunciante y su teléfono.
2. La guardia debe comunicarse con: Servicio médico, Gendarmería, Jefe de Seguridad del Centro Atómico Ezeiza y ARN.

GESTIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS SÓLIDOS							
1. IDENTIFICACIÓN							
RESIDUO Nº: 2	EQUIPOS DE IRRADIACIÓN Y COMPONENTES USADOS DEL REACTOR.						
CATEGORÍA:	Nivel Intermedio						
COMPACTABLE:		NO COMPACTABLE:	X	ESTRUCTURAL:	X	HÚMEDO:	
2. SISTEMA DE ORIGEN							
Dispositivos experimentales externos al núcleo (DEEN). Dispositivos experimentales internos al núcleo (DEIN). Estructuras internas de haces: <i>Shutters</i> .							
3. MANEJO AMBIENTAL							
3.1 - GENERACIÓN ANUAL	72 L. (Se reemplazan cada 10 años).						
3.2 - TIPO DE MEDIDA	Prevención	X	Mitigación	X	Compensación		Restauración
4. PROCEDIMIENTO: Acondicionamiento y Almacenamiento							
<ol style="list-style-type: none"> Las impurezas de los materiales utilizados para los dispositivos experimentales y <i>shutters</i> tienen alta actividad. En caso de que se requiera su recambio se almacenan temporalmente en la pileta de servicio del reactor para que disminuya su actividad. Extraer el objeto de la pileta y dejar secar en el búnker del edificio del reactor. Registrar el ingreso del residuo en el inventario del búnker. Realizar el monitoreo del objeto para determinar la tasa de exposición y evaluar si es factible su acondicionamiento. Extraer el objeto del búnker. Registrar el egreso del residuo en el inventario del búnker. Depositar el objeto en un tambor de 200 L o en caso de que el objeto no quepa en el tambor se arma un envoltorio especial con nylon de alta densidad y trasladarlo al recinto de almacenamiento transitorio. Monitorear y verificar: La tasa de dosis equivalente ambiental en contacto con la superficie exterior del bulto no debe ser superior a 2 mSv/h y el nivel de contaminación superficial del bulto debe ser inferior a 4 Bq/cm² para emisores beta y gamma, e inferior a 0,4 Bq/cm² para emisores alfa. Declaración de residuos radiactivos (PNGRR): Colocar la etiqueta y el código de barra correspondiente para identificar el contenedor. El objeto acondicionado se dispone en el recinto de almacenamiento transitorio de residuos radiactivos del reactor hasta su retiro por el PNGRR y disposición final en el AGE. Registrar el ingreso del residuo en el inventario del recinto de almacenamiento transitorio de residuos. 							
5. CONTENEDOR							
BOLSA PLÁSTICA 20 L		BOLSA PLÁSTICA 200 L		TAMBOR 200 L	X	TAMBOR 200 L BLINDADO	
						ENVOLTORIO ESPECIAL	X
6. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN							
Geiguer Muller [mSv/h]. Sonda de contaminación superficial [Bq/cm ²].							

7. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

EPPs: guantes de algodón, guantes de goma, mameluco, cubre-zapatos, gafas de protección.
Dosímetro personal TLD. Dosímetro personal EPD

8. RESPONSABILIDADES

Organismo Generador: RA-10

Organismo Gestor: CNEA

9. DESCONTAMINACIÓN DE PERSONAS EN EL RA-10

1. Evitar la dispersión de la contaminación por movimiento del individuo.
2. Verificar que no haya heridas.
3. Delimitar por monitoreo, el área de la piel contaminada.
4. Quitar la ropa contaminada.
5. Lavar con agua tibia la zona frotando con esponja y jabón o detergente durante 2 o 3 minutos.
6. Enjuagar con abundante agua tibia, secar con papel absorbente y volver a medir la superficie contaminada.
7. Repetir el proceso hasta reducir los valores de actividad a niveles aceptados, sin comprometer la integridad de la piel.

10. EMERGENCIA RADIOLÓGICA

1. Llamar por teléfono a la Guardia del Centro Atómico de Ezeiza e informar:
 - Lugar donde ocurre la emergencia.
 - Breve descripción de la emergencia: con o sin personal accidentado, incendio.
 - Nombre del denunciante y su teléfono.
2. La guardia debe comunicarse con: Servicio médico, Gendarmería, Jefe de Seguridad del Centro Atómico Ezeiza y ARN.

GESTIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS SÓLIDOS							
1. IDENTIFICACIÓN							
RESIDUO Nº: 3	BARRAS DE CONTROL						
CATEGORÍA:	Nivel Intermedio.						
COMPACTABLE:		NO COMPACTABLE:		ESTRUCTURAL:	X	HÚMEDO:	
2. SISTEMA DE ORIGEN							
Sistema de Control de Reactividad. Primer sistema de parada del reactor (PSP).							
3. MANEJO AMBIENTAL							
3.1 - GENERACIÓN ANUAL	No Aplica (Se reemplazan cada 10 años).						
3.2 - TIPO DE MEDIDA	Prevención	X	Mitigación	X	Compensación	Restauración	
4. PROCEDIMIENTO: Acondicionamiento y Almacenamiento							
<ol style="list-style-type: none"> Las barras de control se almacenan en la pileta de servicio del reactor en la grilla diseñada especialmente para este fin hasta que disminuya su actividad. Las barras de control se cortan en trozos dentro de la pileta de servicio en dimensiones que permitan su almacenamiento en un tambor. Extraer los trozos de las barras de control de la pileta de servicio y colocarlos en un tambor de acero de 200 L. El tambor se dispone en el recinto de almacenamiento transitorio de residuos radiactivos. Registrar el ingreso en el inventario del recinto de almacenamiento transitorio de residuos. Monitorear y verificar: La tasa de dosis equivalente ambiental en contacto con la superficie exterior del bulto no debe ser superior a 2 mSv/h y el nivel de contaminación superficial del bulto debe ser inferior a 4 Bq/cm² para emisores beta y gamma, e inferior a 0,4 Bq/cm² para emisores alfa. Declaración de residuos radiactivos (PNGRR): Colocar la etiqueta y el código de barra correspondiente para identificar el contenedor, adherida en el tercio superior externo del tambor. Registrar el egreso del residuo en el inventario del recinto de almacenamiento transitorio de residuos cuando el bulto es retirado por el PNGRR. 							
5. CONTENEDOR							
BOLSA PLÁSTICA 20 L		BOLSA PLÁSTICA 200 L		TAMBOR 200 L	X	TAMBOR 200 L BLINDADO	
						ENVOLTORIO ESPECIAL	
6. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN							
Geiguer Muller [mSv/h]. Sonda de contaminación superficial [Bq/cm ²].							
7. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL							
EPPs: guantes, guardapolvo, cubre-zapatos, gafas de seguridad. Dosímetro personal TLD. Dosímetro personal EPD.							
8. RESPONSABILIDADES							
Organismo Generador: RA-10							
Organismo Gestor: CNEA							

9. DESCONTAMINACIÓN DE PERSONAS EN EL RA-10

1. Evitar la dispersión de la contaminación por movimiento del individuo.
2. Verificar que no haya heridas.
3. Delimitar por monitoreo, el área de la piel contaminada.
4. Quitar la ropa contaminada.
5. Lavar con agua tibia la zona frotando con esponja y jabón o detergente durante 2 o 3 minutos.
6. Enjuagar con abundante agua tibia, secar con papel absorbente y volver a medir la superficie contaminada.
7. Repetir el proceso hasta reducir los valores de actividad a niveles aceptados, sin comprometer la integridad de la piel.

10. EMERGENCIA RADIOLÓGICA

1. Llamar por teléfono a la Guardia del Centro Atómico de Ezeiza e informar:
 - Lugar donde ocurre la emergencia.
 - Breve descripción de la emergencia: con o sin personal accidentado, incendio.
 - Nombre del denunciante y su teléfono.
2. La guardia debe comunicarse con: Servicio médico, Gendarmería, Jefe de Seguridad del Centro Atómico Ezeiza y ARN.

GESTIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS SÓLIDOS							
1. IDENTIFICACIÓN							
RESIDUO Nº: 4	HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS.						
CATEGORÍA:	Nivel Bajo						
COMPACTABLE:		NO COMPACTABLE:	X	ESTRUCTURAL:		HÚMEDO:	
2. SISTEMA DE ORIGEN							
Manejo de experimentos. Reparación y mantenimiento de equipos.							
3. MANEJO AMBIENTAL							
3.1 - GENERACIÓN ANUAL	No aplica.						
3.2 - TIPO DE MEDIDA	Prevención	X	Mitigación	X	Compensación	Restauración	
4. PROCEDIMIENTO: Acondicionamiento y Almacenamiento							
<u>Herramienta contaminada</u>							
<ol style="list-style-type: none"> 1. Ante una presunción de contaminación de herramientas y/o zonas de trabajo, determinar la tasa de dosis del lugar contaminado, como así también de aquellos objetos próximos o que hayan sido utilizados. 2. Si se trata de contaminación líquida, cubrir el líquido con papel absorbente, luego se remueve y barre, colocándolo en una bolsa de polietileno de alta densidad con el emblema de "Radiactivo", tomar una muestra y analizar en el multicanal. 3. Si la contaminación es polvo superficial, realizar un frotis (en una superficie de 100 cm² de la herramienta) con papel de filtro sobre la superficie contaminada, analizar en el multicanal para determinar su actividad y radionucleídos presentes. 4. Una vez concluidos los pasos anteriores proceder a mojar con agua tibia. Secar con papel y descartar en una bolsa para residuos radiactivos. 5. Verificar nuevamente la tasa de dosis en el material que se ha descontaminado y dar por concluido si los niveles están por debajo de los límites establecidos. En caso de no lograr la descontaminación, utilizar agua y una solución jabonosa hasta lograr eliminar la contaminación de la pieza. 6. Los elementos descontaminados pueden ser gestionados como residuos convencionales una vez demostrado ante la ARN el cumplimiento del criterio establecido para la dispensa. 7. Criterio de dispensa para herramientas, elementos de vidrio, etc.: <ol style="list-style-type: none"> a. Emisores alfa: 0,037 Bq/cm² - 0,37 Bq/cm². b. Emisores beta y gamma: 0,37 Bq/cm² - 3,7 Bq/cm². 							

Herramienta activada

1. Medir la tasa de exposición de la herramienta. Si es posible, analizar la herramienta o una muestra de ella en el multicanal para la determinación de la actividad y los radionucleídos presentes.
2. Determinar la posibilidad de acondicionamiento de la herramienta mediante decaimiento.
3. Si el tiempo de decaimiento es menor a dos años, almacenar la herramienta en el búnker para que luego de su monitoreo sea dispensada como residuo convencional.
4. Registrar el ingreso y egreso del material en el inventario del búnker.
5. Criterio de dispensa para Herramientas, elementos de vidrio, etc.:
 - a. Emisores alfa: $0,037 \text{ Bq/cm}^2$ - $0,37 \text{ Bq/cm}^2$
 - b. Emisores beta y gamma: $0,37 \text{ Bq/cm}^2$ - $3,7 \text{ Bq/cm}^2$.
6. Si el tiempo de decaimiento es mayor a dos años, gestionar la herramienta como un residuo radiactivo de Nivel Intermedio.
7. Almacenar la herramienta en una bolsa de polietileno de 20 L o de 200 L en el recinto de almacenamiento transitorio de residuos radiactivos del reactor. Registrar el ingreso del material en el inventario del recinto de almacenamiento transitorio.
8. Monitorear y verificar: La tasa de dosis equivalente ambiental en contacto con la superficie exterior del bulto no debe ser superior a 2 mSv/h y el nivel de contaminación superficial del bulto debe ser inferior a 4 Bq/cm^2 para emisores beta y gamma, e inferior a $0,4 \text{ Bq/cm}^2$ para emisores alfa.
9. Declaración de residuos radiactivos (PNGRR): Colocar la etiqueta y el código de barra correspondiente para identificar el contenedor, adherida en el cierre de la bolsa.
10. Registrar el egreso del residuo en el inventario del recinto de almacenamiento transitorio de residuos cuando es retirado por el PNGRR.

5. CONTENEDOR

BOLSA PLÁSTICA 20 L	X	BOLSA PLÁSTICA 200 L	X	TAMBOR 200 L		TAMBOR 200 L BLINDADO		ENVOLTORIO ESPECIAL	
--------------------------------	----------	---------------------------------	----------	---------------------	--	----------------------------------	--	--------------------------------	--

6. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Geiguer Muller [mSv/h].
Sonda de contaminación superficial [Bq/cm^2].
Papel para el ensayo de frotamiento.
Multicanal.

7. RESPONSABILIDADES

Organismo Generador: RA-10

Organismo Gestor: CNEA

8. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

EPPs: guantes, guardapolvo, cubre-zapatos.
Dosímetro personal TLD.
Dosímetro EPD.

9. DESCONTAMINACIÓN DE PERSONAS EN EL RA-10

1. Evitar la dispersión de la contaminación por movimiento del individuo.
2. Verificar que no haya heridas.
3. Delimitar por monitoreo, el área de la piel contaminada.
4. Quitar la ropa contaminada.
5. Lavar con agua tibia la zona frotando con esponja y jabón o detergente durante 2 o 3 minutos.
6. Enjuagar con abundante agua tibia, secar con papel absorbente y volver a medir la superficie contaminada.
7. Repetir el proceso hasta reducir los valores de actividad a niveles aceptados, sin comprometer la integridad de la piel.

10. EMERGENCIA RADIOLÓGICA

1. Llamar por teléfono a la Guardia del Centro Atómico de Ezeiza e informar:
 - Lugar donde ocurre la emergencia.
 - Breve descripción de la emergencia: con o sin personal accidentado, incendio.
 - Nombre del denunciante y su teléfono.
2. La guardia debe comunicarse con: Servicio médico, Gendarmería, Jefe de Seguridad del Centro Atómico Ezeiza y ARN.

GESTIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS SÓLIDOS							
1. IDENTIFICACIÓN							
RESIDUO Nº:	5 CÁPSULAS DE IRRADIACIÓN						
CATEGORÍA:	Nivel Bajo.						
COMPACTABLE:	X	NO COMPACTABLE:	X	ESTRUCTURAL:		HÚMEDO:	
2. SISTEMA DE ORIGEN							
Dispositivos experimentales internos al núcleo (DEIN).							
3. MANEJO AMBIENTAL							
3.1 - GENERACIÓN ANUAL	0,3 m ³						
3.2 - TIPO DE MEDIDA	Prevención	X	Mitigación	X	Compensación		Restauración
4. PROCEDIMIENTO: Acondicionamiento y Almacenamiento							
<ol style="list-style-type: none"> Los canes de irradiación se transfieren de la facilidad de irradiación en la pileta del reactor a la pileta de servicio, de allí se transportan hasta las celdas calientes para su manipulación. Los canes de irradiación de polietileno se desechan luego de un único uso. Los canes de irradiación de aluminio son desechados cuando se han activado o sus propiedades mecánicas se ven deterioradas. En las celdas calientes, abrir el can con telemanipuladores y extraer el material irradiado. Los canes de irradiación de polietileno y los de aluminio son colocados en bolsas plásticas diferentes. Cuando una bolsa plástica está llena, cerrar la misma dentro de las celdas calientes, colocar en un contenedor blindado de transferencia y extraer de las celdas. Almacenar la bolsa de polietileno de 20 L o de 200 L en el recinto de almacenamiento transitorio de residuos radiactivos del reactor. Registrar el ingreso del material en el inventario del recinto de almacenamiento transitorio. Monitorear y verificar: La tasa de dosis equivalente ambiental en contacto con la superficie exterior del bulto no debe ser superior a 2 mSv/h y el nivel de contaminación superficial de los bultos debe ser inferior a 4 Bq/cm² para emisores beta y gamma, e inferior a 0,4 Bq/cm² para emisores alfa. Declaración de residuos radiactivos (PNGRR): Colocar la etiqueta y el código de barra correspondiente para identificar el contenedor, adherida en el cierre de la bolsa. Registrar el egreso del residuo en el inventario del recinto de almacenamiento transitorio de residuos cuando es retirado por el PNGRR. 							
5. CONTENEDOR							
BOLSA PLÁSTICA 20 L	X	BOLSA PLÁSTICA 200 L	X	TAMBOR 200 L		TAMBOR 200 L BLINDADO	ENVOLTORIO ESPECIAL
6. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN							
Geiger Muller [mSv/h]. Sonda de contaminación superficial [Bq/cm ²].							
7. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL							
<p>EPPs: guantes, guardapolvo, cubre-zapatos, gafas de seguridad.</p> <p>Telemanipulador.</p> <p>Dosímetro personal TLD. Dosímetro personal EPD.</p>							

8. RESPONSABILIDADES

Organismo Generador: RA-10

Organismo Gestor: CNEA

9. DESCONTAMINACIÓN DE PERSONAS EN EL RA-10

1. Evitar la dispersión de la contaminación por movimiento del individuo.
2. Verificar que no haya heridas.
3. Delimitar por monitoreo, el área de la piel contaminada.
4. Quitar la ropa contaminada.
5. Lavar con agua tibia la zona frotando con esponja y jabón o detergente durante 2 o 3 minutos.
6. Enjuagar con abundante agua tibia, secar con papel absorbente y volver a medir la superficie contaminada.
7. Repetir el proceso hasta reducir los valores de actividad a niveles aceptados, sin comprometer la integridad de la piel.

10. EMERGENCIA RADIOLÓGICA

1. Llamar por teléfono a la Guardia del Centro Atómico de Ezeiza e informar:
 - Lugar donde ocurre la emergencia.
 - Breve descripción de la emergencia: con o sin personal accidentado, incendio.
 - Nombre del denunciante y su teléfono.
2. La guardia debe comunicarse con: Servicio médico, Gendarmería, Jefe de Seguridad del Centro Atómico Ezeiza y ARN.

GESTIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS SÓLIDOS							
1. IDENTIFICACIÓN							
RESIDUO Nº: 6	FILTROS DE VENTILACIÓN						
CATEGORÍA:	Nivel Bajo						
COMPACTABLE:	X	NO COMPACTABLE:		ESTRUCTURAL:		HÚMEDO:	
2. SISTEMA DE ORIGEN							
Sistema de Ventilación del edificio del Reactor.							
3. MANEJO AMBIENTAL							
3.1 - GENERACIÓN ANUAL	10 m ³						
3.2 - TIPO DE MEDIDA	Prevención	X	Mitigación	X	Compensación	Restauración	
4. PROCEDIMIENTO: Acondicionamiento y Almacenamiento							
<p>1. Sustituir el filtro colmatado por un filtro nuevo. Al momento del recambio, manipular los filtros a través de bolsas plásticas (sistemas Bag in-Bag out).</p> <p>2. Trasladar el filtro al recinto de acondicionamiento de residuos. Desarmar el filtro y separar los bastidores de los elementos filtrantes.</p> <p style="text-align: center;"><u>Bastidores de filtros</u></p> <p>3. Monitorear los bastidores para evaluar su contaminación superficial con una sonda.</p> <p>4. En caso de detectarse contaminación superficial, proceder a la limpieza con agua tibia. Secar con papel y descartar en bolsa para residuos radiactivos.</p> <p>5. Verificar nuevamente la tasa de dosis en el material que se ha descontaminado y dar por concluido si los niveles están por debajo de los límites establecidos. En caso de no lograr la descontaminación, utilizar agua y una solución jabonosa hasta lograr eliminar la contaminación de la pieza.</p> <p>6. Los elementos descontaminados pueden ser gestionados como residuos convencionales una vez demostrado ante la ARN el cumplimiento del criterio establecido para la dispensa.</p> <p>7. Criterio de dispensa para herramientas, elementos de vidrio, etc.:</p> <p style="margin-left: 20px;">a. Emisores alfa: 0,037 Bq/cm² - 0,37 Bq/cm².</p> <p style="margin-left: 20px;">b. Emisores beta y gamma: 0,37 Bq/cm² - 3,7 Bq/cm².</p> <p style="text-align: center;"><u>Elementos filtrantes</u></p> <p>3. Colocar los elementos filtrantes en bolsas de polietileno, sellar y colocar junto con los demás residuos compactables.</p> <p>4. Medir la tasa de dosis equivalente ambiental en la superficie de la bolsa. Utilizar blindajes apropiados para el transporte interno en el caso de que la tasa de dosis sea elevada.</p> <p>5. El carbón activado colmatado se retira del alojamiento del filtro por medio de una manguera de vacío (transporte neumático) hacia una bolsa de plástico colocada dentro de un tambor de 200 L. Medir la tasa de dosis equivalente ambiental en la superficie del tambor.</p> <p>6. Transportar los tambores y bolsas de polietileno hasta el recinto de almacenamiento de residuos radiactivos. Registrar el ingreso del material en el inventario del recinto de almacenamiento transitorio.</p> <p>7. Monitorear y verificar: La tasa de dosis equivalente ambiental en contacto con la superficie exterior del bulto no debe ser superior a 2 mSv/h y el nivel de contaminación superficial del bulto debe ser inferior a 4 Bq/cm² para</p>							

emisores beta y gamma, e inferior a 0,4 Bq/cm ² para emisores alfa.									
8. Declaración de residuos radiactivos (PNGRR): Colocar la etiqueta y el código de barra correspondiente para identificar el contenedor, adherida en el tercio superior externo del tambor o en el sello de la bolsa.									
9. Registrar el egreso del residuo en el inventario del recinto de almacenamiento transitorio de residuos cuando es retirado por PNGRR.									
5. CONTENEDOR									
BOLSA PLÁSTICA 20 L	X	BOLSA PLÁSTICA 200 L	X	TAMBOR 200 L	X	TAMBOR 200 L BLINDADO		ENVOLTORIO ESPECIAL	
6. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN									
Geiguer Muller [mSv/h]. Sonda de contaminación superficial [Bq/cm ²].									
7. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL									
EPPs: guantes, guardapolvo, cubre-zapatos, gafas de seguridad, media máscara con filtro de partículas. Dosímetro personal TLD. Dosímetro personal EPD.									
8. RESPONSABILIDADES									
Organismo Generador: RA-10									
Organismo Gestor: CNEA									
9. DESCONTAMINACIÓN DE PERSONAS EN EL RA-10									
1. Evitar la dispersión de la contaminación por movimiento del individuo.									
2. Verificar que no haya heridas.									
3. Delimitar por monitoreo, el área de la piel contaminada.									
4. Quitar la ropa contaminada.									
5. Lavar con agua tibia la zona frotando con esponja y jabón o detergente durante 2 o 3 minutos.									
6. Enjuagar con abundante agua tibia, secar con papel absorbente y volver a medir la superficie contaminada.									
7. Repetir el proceso hasta reducir los valores de actividad a niveles aceptados, sin comprometer la integridad de la piel.									
10. EMERGENCIA RADIOLÓGICA									
1. Llamar por teléfono a la Guardia del Centro Atómico de Ezeiza e informar: <ul style="list-style-type: none"> - Lugar donde ocurre la emergencia. - Breve descripción de la emergencia: con o sin personal accidentado, incendio. - Nombre del denunciante y su teléfono. 									
2. La guardia debe comunicarse con: Servicio médico, Gendarmería, Jefe de Seguridad del Centro Atómico Ezeiza y ARN.									

GESTIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS SÓLIDOS									
1. IDENTIFICACIÓN									
RESIDUO Nº: 7	COMPONENTES DE LA FUENTE FRÍA DE NEUTRONES.								
CATEGORÍA:	Nivel Intermedio								
COMPACTABLE:		NO COMPACTABLE:	X	ESTRUCTURAL:	X	HÚMEDO:			
2. SISTEMA DE ORIGEN									
Sistema de fuente fría de neutrones (FTEFRI).									
3. MANEJO AMBIENTAL									
3.1 - GENERACIÓN ANUAL	No aplica (Se reemplaza cada 10 años).								
3.2 - TIPO DE MEDIDA	Prevención	X	Mitigación	X	Compensación		Restauración		
4. PROCEDIMIENTO: Acondicionamiento y Almacenamiento									
<p>1. Los componentes de la fuente fría que se encuentran en el tanque reflector son el Contenedor de Vacío y el Conjunto In-Pile. El conjunto in-pile es reemplazado cada 10 años.</p> <p>2. El conjunto in-pile a desechar se transfiere a la pileta de servicio para decaimiento. El tiempo de decaimiento es de 20 años.</p> <p>3. Dentro de la pileta de servicio, dismantelar el conjunto y separar los componentes de aluminio y de acero inoxidable. Cortar los componentes para que quepan en un tambor blindado de 200 L. Los componentes que no entren en un tambor blindado de 200 L deben acondicionarse con un envoltorio especial de polietileno.</p> <p>4. Retirar de la pileta los componentes y dejar secar en el bunker del reactor.</p> <p>5. Almacenar el tambor blindado de 200 L y los envoltorios especiales en el recinto de almacenamiento transitorio de residuos radiactivos del reactor. Registrar el ingreso del material en el inventario del recinto de almacenamiento transitorio.</p> <p>6. Monitorear y verificar: La tasa de dosis equivalente ambiental en contacto con la superficie exterior del bulto no debe ser superior a 2 mSv/h y el nivel de contaminación superficial del bulto debe ser inferior a 4 Bq/cm² para emisores beta y gamma, e inferior a 0,4 Bq/cm² para emisores alfa.</p> <p>7. Declaración de residuos radiactivos (PNGRR): Colocar la etiqueta y el código de barra correspondiente para identificar el contenedor.</p> <p>8. Registrar el egreso del residuo en el inventario del recinto de almacenamiento transitorio de residuos cuando es retirado por el PNGRR.</p>									
5. CONTENEDOR									
BOLSA PLÁSTICA 20 L		BOLSA PLÁSTICA 200 L		TAMBOR 200 L		TAMBOR 200 L BLINDADO	X	ENVOLTORIO ESPECIAL	X
6. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN									
Geiguer Muller [mSv/h]. Sonda de contaminación superficial [Bq/cm ²]. Herramienta de corte de piezas.									
7. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL									
EPPs: guantes, guardapolvo, cubre-zapatos, gafas de seguridad. Dosímetro personal TLD. Dosímetro personal EPD.									

8. RESPONSABILIDADES

Organismo Generador: RA-10

Organismo Gestor: CNEA

9. DESCONTAMINACIÓN DE PERSONAS EN EL RA-10

1. Evitar la dispersión de la contaminación por movimiento del individuo.
2. Verificar que no haya heridas.
3. Delimitar por monitoreo, el área de la piel contaminada.
4. Quitar la ropa contaminada.
5. Lavar con agua tibia la zona frotando con esponja y jabón o detergente durante 2 o 3 minutos.
6. Enjuagar con abundante agua tibia, secar con papel absorbente y volver a medir la superficie contaminada
7. Repetir el proceso hasta reducir los valores de actividad a niveles aceptados, sin comprometer la integridad de la piel.

10. EMERGENCIA RADIOLÓGICA

1. Llamar por teléfono a la Guardia del Centro Atómico de Ezeiza e informar:
 - Lugar donde ocurre la emergencia.
 - Breve descripción de la emergencia: con o sin personal accidentado, incendio.
 - Nombre del denunciante y su teléfono.
2. La guardia debe comunicarse con: Servicio médico, Gendarmería, Jefe de Seguridad del Centro Atómico Ezeiza y ARN.

GESTIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS SÓLIDOS							
1. IDENTIFICACIÓN							
RESIDUO Nº: 8	MUESTRAS DE LABORATORIO Y PROBETAS DE IRRADIACIÓN.						
CATEGORÍA:	Nivel Intermedio						
COMPACTABLE:		NO COMPACTABLE:	X	ESTRUCTURAL:		HÚMEDO:	
2. SISTEMA DE ORIGEN							
Laboratorios de ensayo de materiales. Celdas calientes.							
3. MANEJO AMBIENTAL							
3.1 - GENERACIÓN ANUAL	0,3 m ³						
3.2 - TIPO DE MEDIDA	Prevención	X	Mitigación	X	Compensación		Restauración
4. PROCEDIMIENTO: Acondicionamiento y Almacenamiento							
<p>1. Las muestras de laboratorio y probetas de irradiación son colocadas en bolsas plásticas.</p> <p>2. Cuando una bolsa plástica está llena, cerrar la misma. Medir tasa de exposición en [R/h] y se calcula tasa de dosis equivalente ambiental [mSv/h] y se verifica que sea < 2 mSv/h en contacto con la superficie de las bolsas.</p> <p>3. Almacenar la bolsa de polietileno de 20 L o de 200 L en el recinto de almacenamiento transitorio de residuos radiactivos del reactor. Registrar el ingreso del material en el inventario del recinto de almacenamiento transitorio.</p> <p>4. Monitorear y verificar: La tasa de dosis equivalente ambiental en contacto con la superficie exterior del bulto no debe ser superior a 2 mSv/h y el nivel de contaminación superficial del bulto debe ser inferior a 4 Bq/cm² para emisores beta y gamma, e inferior a 0,4 Bq/cm² para emisores alfa.</p> <p>5. Declaración de residuos radiactivos (PNGRR): Colocar la etiqueta y el código de barra correspondiente para identificar el contenedor.</p> <p>6. Registrar el egreso del residuo en el inventario del recinto de almacenamiento transitorio de residuos cuando es retirado por el PNGRR.</p>							
5. CONTENEDOR							
BOLSA PLÁSTICA 20 L	X	BOLSA PLÁSTICA 200 L	X	TAMBOR 200 L		TAMBOR 200 L BLINDADO	ENVOLTORIO ESPECIAL
6. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN							
Geiguer Muller [mSv/h] Sonda de contaminación superficial [Bq/cm ²]							
7. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL							
EPPs: guantes, guardapolvo, cubre-zapatos, gafas de seguridad. Dosímetro personal TLD. Dosímetro personal EPD.							
8. RESPONSABILIDADES							
Organismo Generador: RA-10							
Organismo Gestor: CNEA							

9. DESCONTAMINACIÓN DE PERSONAS EN EL RA-10

1. Evitar la dispersión de la contaminación por movimiento del individuo.
2. Verificar que no haya heridas.
3. Delimitar por monitoreo, el área de la piel contaminada.
4. Quitar la ropa contaminada.
5. Lavar con agua tibia la zona frotando con esponja y jabón o detergente durante 2 o 3 minutos.
6. Enjuagar con abundante agua tibia, secar con papel absorbente y volver a medir la superficie contaminada.
7. Repetir el proceso hasta reducir los valores de actividad a niveles aceptados, sin comprometer la integridad de la piel.

10. EMERGENCIA RADIOLÓGICA

1. Llamar por teléfono a la Guardia del Centro Atómico de Ezeiza e informar:
 - Lugar donde ocurre la emergencia.
 - Breve descripción de la emergencia: con o sin personal accidentado, incendio.
 - Nombre del denunciante y su teléfono.
2. La guardia debe comunicarse con: Servicio médico, Gendarmería, Jefe de Seguridad del Centro Atómico Ezeiza y ARN.

GESTIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS SÓLIDOS							
1. IDENTIFICACIÓN							
RESIDUO Nº: 9	EPP, PAPELES, TPAPOS, LATAS, FILTROS DE PAPEL, CARTÓN, GOMAS, ETC.						
CATEGORÍA:	Nivel Bajo						
COMPACTABLE:	X	NO COMPACTABLE:		ESTRUCTURAL:		HÚMEDO:	
2. SISTEMA DE ORIGEN							
Tareas de operación normal del reactor. Tareas de mantenimiento y reparación. Laboratorios. Contención y remediación de accidentes. Manejo de RRS.							
3. MANEJO AMBIENTAL							
3.1 - GENERACIÓN ANUAL	5 m ³						
3.2 - TIPO DE MEDIDA	Prevención	X	Mitigación	X	Compensación	Restauración	X
4. PROCEDIMIENTO: Acondicionamiento y Almacenamiento							
<ol style="list-style-type: none"> 1. Medir con una sonda la contaminación superficial de los elementos y verificar que supere el nivel de dispensa para ser considerados residuos convencionales. 2. Criterio de dispensa para herramientas, elementos de vidrio, ropas personales, etc.: <ol style="list-style-type: none"> a. Emisores alfa: 0,037 Bq/cm² - 0,37 Bq/cm². b. Emisores beta y gamma: 0,37 Bq/cm² - 3,7 Bq/cm². 3. Colocar en bolsas de polietileno de alta densidad de 20 L y en caso de necesitarse más de una bolsa recurrir a los bolsones especiales de 200 L. 4. Si es posible analizar una muestra representativa del conjunto en el multicanal para definir características cualitativas (radionucleídos) y cuantitativas (actividad). O bien, analizar la bolsa de residuos considerada como una mezcla heterogénea en un equipo Gamma Scanner. 5. Cuando una bolsa plástica está llena, cerrar la misma. Medir tasa de exposición en [R/h] y calcular tasa de dosis equivalente ambiental [mSv/h] y verificar que sea < 2 mSv/h en contacto con la superficie de las bolsas. 6. Almacenar la bolsa de polietileno de 20 L o de 200 L en el recinto de almacenamiento transitorio de residuos radiactivos del reactor. Registrar el ingreso del material en el inventario del recinto de almacenamiento transitorio. 7. Monitorear y verificar: La tasa de dosis equivalente ambiental en contacto con la superficie exterior del bulto no debe ser superior a 2 mSv/h y el nivel de contaminación superficial del bulto debe ser inferior a 4 Bq/cm² para emisores beta y gamma, e inferior a 0,4 Bq/cm² para emisores alfa. 8. Declaración de residuos radiactivos (PNGRR): Colocar la etiqueta y el código de barra correspondiente para identificar el contenedor, adherida en el cierre de la bolsa. 							
5. CONTENEDOR							
BOLSA PLÁSTICA 20 L	X	BOLSA PLÁSTICA 200 L	X	TAMBOR 200 L		TAMBOR 200 L BLINDADO	
						ENVOLTORIO ESPECIAL	
6. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN							
Geiguer Muller [mSv/h]. Sonda de contaminación superficial [Bq/cm ²]. Gamma Scanner.							

7. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

EPPs: guantes, guardapolvo, cubre-zapatos, gafas de seguridad.
Dosímetro personal TLD. Dosímetro personal EPD.

8. RESPONSABILIDADES

Organismo Generador: RA-10

Organismo Gestor: CNEA

9. DESCONTAMINACIÓN DE PERSONAS EN EL RA-10

1. Evitar la dispersión de la contaminación por movimiento del individuo.
2. Verificar que no haya heridas.
3. Delimitar por monitoreo, el área de la piel contaminada.
4. Quitar la ropa contaminada.
5. Lavar con agua tibia la zona frotando con esponja y jabón o detergente durante 2 o 3 minutos.
6. Enjuagar con abundante agua tibia, secar con papel absorbente y volver a medir la superficie contaminada.
7. Repetir el proceso hasta reducir los valores de actividad a niveles aceptados, sin comprometer la integridad de la piel.

10. EMERGENCIA RADIOLÓGICA

1. Llamar por teléfono a la Guardia del Centro Atómico de Ezeiza e informar:
 - Lugar donde ocurre la emergencia.
 - Breve descripción de la emergencia: con o sin personal accidentado, incendio.
 - Nombre del denunciante y su teléfono.
2. La guardia debe comunicarse con: Servicio médico, Gendarmería, Jefe de Seguridad del Centro Atómico Ezeiza y ARN.

GESTIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS SÓLIDOS DEL RA-10								
1. IDENTIFICACIÓN								
RESIDUO Nº: 10	FILTROS MECÁNICOS							
CATEGORÍA:	Nivel Intermedio							
COMPACTABLE:		NO COMPACTABLE:	X	ESTRUCTURAL:		HÚMEDO:		
2. SISTEMA DE ORIGEN								
Sistema de agua de lavado de elementos contaminados. Sistema de Purificación del refrigerante del reactor (RESREA). Sistema de Purificación de agua pesada (PURD2O). Sistema de refrigeración de piletas (PIL). Sistema de refrigeración del primario (PRI). Sistema de refrigeración de agua pesada (RD2O).								
3. MANEJO AMBIENTAL								
3.1 - GENERACIÓN ANUAL	No aplica.							
3.2 - TIPO DE MEDIDA	Prevención	X	Mitigación	X	Compensación		Restauración	
4. PROCEDIMIENTO: Acondicionamiento y Almacenamiento								
1. Los filtros metálicos pueden activarse con el tiempo y adquirir niveles de actividad intermedios. Son reemplazados según necesidad en función del deterioro en las propiedades mecánicas. 2. Dependiendo del tipo de filtro, retirar de la línea y colocar directamente en tambores blindados de 200 L. 3. Transportar los tambores hasta el recinto de almacenamiento de residuos radiactivos. Registrar el ingreso del material en el inventario del recinto de almacenamiento transitorio. 4. Monitorear y verificar: La tasa de dosis equivalente ambiental en contacto con la superficie exterior del bulto no debe ser superior a 2 mSv/h y el nivel de contaminación superficial del bulto debe ser inferior a 4 Bq/cm ² para emisores beta y gamma, e inferior a 0,4 Bq/cm ² para emisores alfa. 5. Declaración de residuos radiactivos (PNGRR): Colocar la etiqueta y el código de barra correspondiente para identificar el contenedor, adherida en el tercio superior externo del tambor. 6. Registrar el egreso del residuo en el inventario del recinto de almacenamiento transitorio de residuos cuando sea retirado por el PNGRR.								
5. CONTENEDOR								
BOLSA PLÁSTICA 20 L		BOLSA PLÁSTICA 200 L		TAMBOR 200 L		TAMBOR 200 L BLINDADO	X	ENVOLTORIO ESPECIAL
6. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN								
Geiguer Muller [mSv/h]. Sonda de contaminación superficial [Bq/cm ²].								
7. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL								
EPPs: guantes, guardapolvo, cubre-zapatos, gafas de seguridad. Dosímetro personal TLD. Dosímetro personal EPD.								

8. RESPONSABILIDADES

Organismo Generador: RA-10

Organismo Gestor: CNEA

9. DESCONTAMINACIÓN DE PERSONAS EN EL RA-10

1. Evitar la dispersión de la contaminación por movimiento del individuo.
2. Verificar que no haya heridas.
3. Delimitar por monitoreo, el área de la piel contaminada.
4. Quitar la ropa contaminada.
5. Lavar con agua tibia la zona frotando con esponja y jabón o detergente durante 2 o 3 minutos.
6. Enjuagar con abundante agua tibia, secar con papel absorbente y volver a medir la superficie contaminada.
7. Repetir el proceso hasta reducir los valores de actividad a niveles aceptados, sin comprometer la integridad de la piel.

10. EMERGENCIA RADIOLÓGICA

1. Llamar por teléfono a la Guardia del Centro Atómico de Ezeiza e informar:
 - Lugar donde ocurre la emergencia.
 - Breve descripción de la emergencia: con o sin personal accidentado, incendio.
 - Nombre del denunciante y su teléfono.
2. La guardia debe comunicarse con: Servicio médico, Gendarmería, Jefe de Seguridad del Centro Atómico Ezeiza y ARN.

9. Conclusión.

La industria nuclear argentina aplica rigurosos sistemas para la gestión segura y económica de los residuos radiactivos sólidos (RRS). Los procesos de acondicionamiento y tratamiento de los RRS disponibles son suficientes para la gestión eficaz de los mismos. Cabe destacar que dados los esfuerzos destinados en la investigación y desarrollo por parte del sector nuclear, en un futuro pueden surgir mejoras en las tecnologías de tratamiento existentes. Los elevados costos de la gestión de los RRS representan un incentivo para desarrollar procedimientos y técnicas enfocados a minimizar la generación.

El análisis de los procesos, operaciones y sistemas que constituyen el Proyecto RA-10 permitió identificar los siguientes RRS: resinas de lecho mixto, equipos de irradiación y componentes del reactor, barras de control, herramientas, instrumentos, cápsulas de irradiación, filtros de ventilación, componentes de la fuente fría de neutrones, muestras de laboratorio y probetas, elementos de protección personal, papeles, trapos, filtros mecánicos. Estos residuos se consideran gestionables con las técnicas y tecnologías disponibles en el país.

Resulta esperable que la cantidad de residuos que se genere durante la operación del RA-10 sea mayor y más diversificada con respecto a otras instalaciones del país, tales como el RA-1 y el RA-3. Ello se debe a la escala del proyecto RA-10 y a las múltiples funciones que éste desempeñará.

Se desarrollaron las características particulares de los RRS identificados. Dicha información queda plasmada en las Fichas de Gestión Ambiental de los Residuos, las cuales permiten acceder a la información precisa para la operación diaria y la manipulación segura de cada uno de los RRS.

El Proyecto RA-10 tiene como referencia inmediata al reactor OPAL, el reactor de producción de radioisótopos que Argentina construyó en Australia. No obstante este tipo de instalaciones son diseñadas en función de objetivos específicos, por lo tanto no son íntegramente comparables entre sí. Es por ello que la presente investigación puede requerir ser revisada en un futuro debido a los exiguos antecedentes existentes con el objetivo de profundizar y complementar el inventario de residuos radiactivos y el estudio de la gestión correspondiente.

Argentina posee una amplia experiencia en la industria nuclear e históricamente ha sido autosuficiente en el desarrollo e implementación de todas las etapas involucradas. Los residuos previstos en

esta investigación resultan absolutamente gestionables con las tecnologías disponibles en nuestro país garantizando que los impactos ambientales de la operación del reactor RA-10 sean bajos.

10. Bibliografía.

- Informe Preliminar de Seguridad (IPS) - Proyecto RA-10. CNEA.
- Normas de Seguridad para la protección de las personas y el medio ambiente. OIEA:
 - Clasificación de desechos radiactivos. N° GSG-1.
 - Almacenamiento de desechos radiactivos. N° WS-G-6.1.
 - Disposición final de desechos radiactivos. N° SSR-5.
- Programa Nacional de Gestión de Residuos Radiactivos. Comisión Nacional de Energía Atómica.
- Radioactive Waste Engineering and Management. Autores: Shinya Nagasaki, Shinichi Nakayama. Springer.
- Manual de Residuos Peligrosos. Departamento Técnico de la Cámara de Instituciones de Diagnóstico Médico. Autores: Dra. María Amelia Bartellini, Dra. Mercedes Migliorini, Dr. Enzo Morello y Dr. Rubén Cano.
- Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos. Autor: Ing. Químico Javier Martínez.
- Gestión de Residuos Industriales. Guía para la intervención de los trabajadores. Autor: Jesús Pérez Gómez.
- Gestión y tratamiento de residuos. Autora: Yolanda Benito Moreno.
- Water chemistry of nuclear reactor systems. British Nuclear Energy Society.