

# Acondicionamiento de fuentes selladas en desuso de $^{226}\text{Ra}$

Mario Mallaupoma<sup>1</sup> [mmallaupoma@ipen.gob.pe](mailto:mmallaupoma@ipen.gob.pe), Ludwig Guiop; Walter Cruz<sup>1</sup> [wacruz@ipen.gob.pe](mailto:wacruz@ipen.gob.pe)

<sup>1</sup> Dirección General de Seguridad Radiológica  
Centro Nuclear "RACSO", Instituto Peruano de Energía Nuclear.  
Av. Canadá 1470 - Lima 41- Perú.

## Resumen

El presente trabajo muestra los resultados obtenidos del primer acondicionamiento de fuentes de radio 226 en desuso realizado en el Centro Nuclear RACSO. Se gestionaron 30 fuentes de radio con un total de 0,87 GBq (235,4 mCi). La metodología empleada consideró las recomendaciones internacionales, teniendo en cuenta la colocación de las fuentes en cinco cápsulas de acero inoxidable que fueron selladas con soldadura TIG y que fueron sometidas a prueba de hermeticidad, a fin de garantizar que no presenten ningún tipo de fuga.

Palabras Claves: Acondicionamiento, Radio-226, Emisión Alfa, Radón

## 1. Introducción

Las fuentes de radiaciones en desuso de  $^{226}\text{Ra}$  constituyen un gran problema para muchos países debido a su largo período de semidesintegración (1620 años) y la posible liberación del gas Radón y del propio Radio.

El radio-226 es parte del decaimiento de la cadena del uranio-238. El radio-226 decae por emisión alfa a radón-222, un gas noble con un período de semidesintegración de 3,82 días. Antes de que termine la cadena de decaimiento para llegar al isótopo estable plomo-206, se generan más de 8 radionucleidos; de los cuales, 4 son emisores alfa. Durante el decaimiento emiten radiaciones beta y gamma con diferentes energías. En una fuente de radio hay radio-226 y sus productos de decaimiento. El radio-226 es un radionucleido muy tóxico por ello es que tiene un muy bajo límite anual de incorporación. Algunas de sus características se pueden visualizar en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Características de las Fuentes de Ra-226.

Período de semidesintegración	1600 años
Energía alfa (MeV)	hasta 7.7 MeV
Energía beta	hasta 2,8 Mev
Energía Gamma (MeV)	hasta 2.4 MeV
Constante Gamma (uSv / h GBq a 1m)	220

Como el decaimiento de cada átomo de radio-226 genera 5 átomos de helio, se produce una sobrepresión en la fuente sellada de radio, cerca de 0,2 atmósferas por año por gramo de radio, asumiendo un volumen libre de 1 centímetro cúbico, lo cual facilita la fuga y dispersión de la contaminación. Precisamente la fuga que presentan las fuentes de radio siempre ha sido uno de los grandes problemas para su manipulación. A inicios de su uso se produjeron explosiones y asimismo se reportaron rupturas explosivas de este tipo de fuentes. Todas estas características han llevado a muchos países a retirarlas de uso, en forma definitiva o gradual. Una de las actividades que más utiliza fuentes de radio-226 son las aplicaciones médicas en braquiterapia. Muchos países han prohibido su empleo, y en otros casos, generalmente en los países en vías de desarrollo, se han establecido políticas para realizar su retiro gradual, en un período que varía de 3 a 5 años.

## 2. Metodología

Este consiste en la ubicación de las fuentes de  $^{226}\text{Ra}$  en cápsulas de acero inoxidable, cerradas herméticamente. Las cápsulas son colocadas en contenedores de plomo, los que a su vez se sellan herméticamente soldándose la tapa. Estos contenedores son introducidos en cilindros de acero al carbono.

La metodología empleada considera varias etapas:

### Preparación de los puestos de trabajo

Las tareas directamente relacionadas con la manipulación de las agujas de  $^{226}\text{Ra}$  se realizan en mesadas de trabajo que se ubican dentro de una zona controlada. El ambiente cuenta con un sistema de ventilación que

permite la renovación del aire en forma permanente. A fin de realizar las operaciones en tiempos adecuados, se hizo previamente una simulación de todas las operaciones en frío.



Figura 1. Preparación de mesadas para manipulación de fuentes radiactivas.

### Preparación del tanque de 200 litros

El almacenamiento de las fuentes se realiza dentro de un tanque de acero al carbono de 200 litros. La superficie exterior e interior del tanque se pintan con pintura epóxica para una mayor protección contra la corrosión. En el interior del tanque se construye un encamisado de hormigón de 5cm de espesor que también servirá como blindaje. El encamisado de hormigón se refuerza con fierros de construcción para darle el reforzamiento y estabilidad requerida.

La manipulación de las fuentes de Radio se realiza con una pinza de laboratorio de 15 cm de largo. El agarre de la punta de la pinza es pequeño y seguro y se ajusta a las dimensiones de las fuentes.

### Introducción de las fuentes dentro de las cápsulas de acero inoxidable

Las cápsulas de acero inoxidable fueron fabricadas de forma tal que presenten hermeticidad. Cada una de ellas será identificada con el objetivo de poder conocer su contenido. Las cápsulas se cierran herméticamente por medio de soldadura. Para comprobar la hermeticidad del cierre se aplica el procedimiento descrito en la norma ISO 9978. (Figura 2)

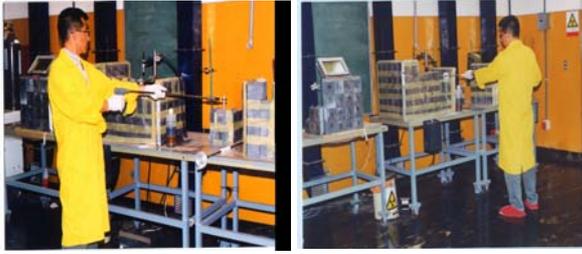


Figura 2. Cápsulas y blindaje para almacenamiento de fuentes de Ra-226

### Definición de la cantidad de Radio a acondicionar por cápsula

La actividad máxima de Radio a acondicionar en una cápsula, se calcula teniendo en cuenta que el total de fuentes que se almacenan en un tanque de 200 litros, debe ser tal, que la masa de Radio no exceda los 500mg para cumplir con los niveles de actividad para  $^{226}\text{Ra}$  que se exigen en el Reglamento de Transporte del OIEA [2] para un bulto tipo A y garantizar que la tasa de dosis en la

superficie del bulto no exceda los 2 mSv/h. Para estimar el valor de la actividad contenida en la cápsula, se empleó la expresión que indica la dependencia de la tasa de dosis gamma de la actividad de la fuente y del inverso del cuadrado de la distancia.



**Figura 3.** Operación con fuentes de radio-226.

### Tratamiento posterior de las cápsulas selladas

Una vez garantizada la hermeticidad de la cápsula ésta se coloca dentro del contenedor de plomo que a su vez es sellado con una tapa de plomo y asegurado con tuercas. Posteriormente, este contenedor se coloca dentro de un cilindro de acero inoxidable utilizando un monorriel eléctrico, lo cual permite disminuir la dosis al personal que participa en estas labores.



**Figura 4.** Transporte y colocación en cilindros de 200 litros.

### Medidas de Protección Radiológica

Algunas medidas de protección radiológica adoptadas fueron el blindaje en las zonas de trabajo y el empleo de pinzas y medios de izaje para la manipulación de fuentes y contenedores. Las operaciones se realizaron en una zona controlada que contaba con sistema de ventilación. El piso fue recubierto en su totalidad con un material de plástico a fin de facilitar la remoción de algún tipo de contaminación.

Como medios individuales de protección se utilizaron batas y overoles de mangas largas y cubrecalzados. Las operaciones de manipulación, tanto de fuentes como de contenedores se realizaron con guantes desechables y de goma respectivamente. Durante el trabajo se utilizaron mascarillas para la retención de polvo y como protección de las vías respiratorias.

Fueron elaborados procedimientos detallados para todas las operaciones, así como conocimientos para enfrentar la posible contaminación. Se aplicaron las instrucciones de Protección Radiológica para el trabajo en la zona controlada y el Manual de Protección Radiológica existente. Antes de realizar los trabajos con las fuentes radiactivas se realizaron pruebas en frío, para lo cual se hizo una simulación de todas las operaciones. Para el control radiológico se utilizaron equipos: monitores de contaminación superficial y de tasa de dosis. Las mediciones indirectas de contaminación superficial realizando frotis se evaluaron utilizando un sistema de espectrometría gamma con detector de yoduro de sodio.

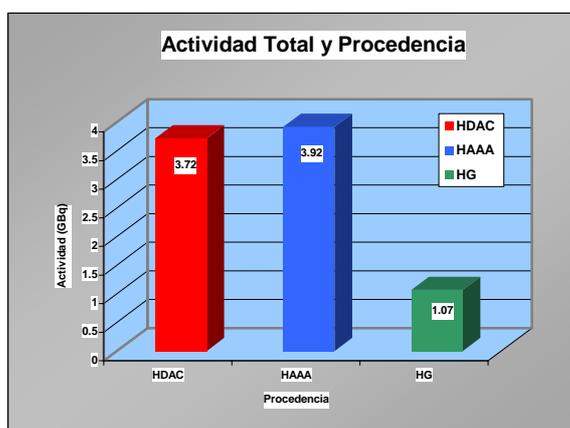
### 3. Resultados

El acondicionamiento resultó satisfactorio y de acuerdo al procedimiento previamente establecido. Todas las operaciones fueron registradas en formatos identificando los resultados de las operaciones parciales que se realizaron. Un aspecto medular fue la prueba de hermeticidad de las cápsulas selladas las cuales resultaron 100 % efectivas, ya que no se detectó ninguna fuga. El contenedor de 200 litros que contiene el contenedor blindado de plomo, fue colocado en el almacén central de la planta de gestión de residuos radiactivos. Los datos sobre la cantidad de agujas introducidas en las cápsulas de acero inoxidable así como las tasas de dosis a 1 m y la identificación y ubicación de la cápsula en el cilindro, se indican en la Tabla 2. El trabajo se logró ejecutar cumpliendo la meta trazada.

**Tabla 2.** Inventario de fuentes de Ra-226 acondicionada.

Número de Cilindro	Número de Cápsula	Posición de la Cápsula	Actividad		Usuario
			mCi	GBq	
PR1	1	I	49.25	.1,82	HDAC
	2	II	51.28	1,90	
	3	III	52.48	1,94	HAAA
	4	IV	53.50	1,98	
	5	V	28.91	1,07	HG
<b>ACTIVIDAD TOTAL</b>			235.44	8,71	

HDAC = Hospital Daniel Alcides Carrión / HAAA = Hospital Almanzor Aguinaga Asenjo / HG = Hospital Goyoneche



**Figura 5.** Actividad total de fuentes de Ra-226 y su procedencia.

#### 4. Conclusiones

Se logró acondicionar en forma segura las fuentes de radio en desuso que pertenecieron al Hospital Daniel Alcides Carrión (HDAC), Almanzor Aguinaga Azenjo (HAAA) y del Hospital Goyoneche de Arequipa (HG). Se logró acondicionar un total de 8,71 GBq (235,4 mCi) de radio 226.

Las pruebas de hermeticidad para las cinco cápsulas utilizadas resultaron negativas lo

cual valida el trabajo realizado en forma integrada.

Se cuenta con un equipo que ha ganado la suficiente experiencia para desarrollar esta actividad, la misma que debe ser realizada con mucha precaución y cumpliendo rigurosamente las normas de seguridad radiológica.

#### 5. Bibliografía

- [1] International Atomic Energy Agency, *Conditioning and Interim Storage of Spent Radium Sources*. TECDOC- 886, Vienna 1996.
- [2] Organismo Internacional de Energía Atómica, *Transporte Seguro de Materiales Radiactivos*. Colección de Normas de Seguridad TS-R-1 (ST-1 Revisada), Viena 2002.
- [3] International Standard Organization, *Radiation Protection Sealed Radioactive Sources- Leakage Test Methods*. ISO Standard 9978, Geneva 1992.