

DETERMINACION DEL INVENTARIO RADIACTIVO DE LOS ELEMENTOS COMBUSTIBLES GASTADOS DEL REACTOR RP-10

Cuya T. rcuya@ipen.gob.pe⁽¹⁾; Llamas I. illamas@ipen.gob.pe⁽²⁾.

(1) *Departamento de Calculo, Análisis y Seguridad – Instituto Peruano de Energía Nuclear / Perú*

(2) *Dirección de Reactores – Instituto Peruano de Energía Nuclear / Perú*

RESUMEN

El año 2001 el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) inicio el proyecto RLA/4/018 “Gestión de combustibles Gastados en reactores de investigación” el cual involucra a 5 países de la región (Argentina, Brasil, Chile, México y Perú) en la elaboración de distintas tareas, siendo una de las principales estudiar opciones de almacenamiento temporal y definitivo de los ECG de los reactores de investigación de la región. La región cuenta principalmente con dos tipos de reactores TRIGA y MTR, siendo este ultimo el tipo con el cual cuenta el Perú. El estudio de las diferentes opciones de almacenamiento será un punto de vital importancia para cada uno de los países al culminar en mayo del 2006 el programa de repatriamiento del material combustible nuclear de procedencia USA “Take Back Program” del Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE), luego del cual cada país deberá estudiar sus propias alternativas de almacenamiento.

Uno de los pasos previos de este estudio es la determinación del inventario radiactivo de un ECG, luego de un período de decaimiento conservador, que se estima en nuestro caso del orden de 2 años.

En el presente artículo mostramos los resultados para los isótopos de uranio y los transuránicos y se comparan con resultados obtenidos por R. B. Pond [1] en ORNL usando el código WIMS para este tipo de EC.

Los resultados son mostrados en Curies y g/100g U-235 servirán para el diseño de un casco para transporte de ECG en la región.

1. CONTENIDO

Actualmente el reactor RP-10 viene operando en su núcleo número 25, al final del ciclo del núcleo 24 fueron retirados

definitivamente 3 EC del núcleo [2]. Dichos elementos cuentan con quemados del orden de 50% y por lo tanto una gestión de ECG es necesaria, a fin de poder tomar las previsiones del caso. Una parte importante de dicha gestión requiere del conocimiento del IV de los ECG.

Para alcanzar dicho fin el sistema SCALE [3] ha sido implementado en las PCs del Departamento de Calculo, Análisis y Seguridad en su versión 4.4a, el cual es de amplio uso y reconocimiento para el licenciamiento de instalaciones nucleares. Dicho sistema cuenta con el código ORIGEN-ARP [4] entre sus módulos componentes para el cálculo de quemado; sin embargo dicho código es de aplicación para reactores de potencia, por lo cual para su aplicación para un reactor de investigación como el RP-10 se hizo necesario desarrollar una librería de datos nucleares de uso específico. Usando el módulo SAS2H [5] se modeló el EC del RP-10 y se generó la librería de datos nucleares dependiente de la historia de irradiación para su uso en el ORIGEN-ARP. Se determina masa y actividad de los isótopos de uranio y de los transuránicos presentes en los combustibles del RP-10 al momento de su extracción definitiva y durante su evolución hasta 2.6 años después de ser retirado.

El procedimiento de cálculo fue el siguiente:

(1) Usando el módulo SAS2H del sistema SCALE se modeló el EC normal del RP-10 en y se generó una librería de datos nucleares de los ECG con 55%, basado en la historia de irradiación del combustible para su uso en el código ORIGEN-ARP. La librería creada fue llamada `mtr_rp10.lib`

(2) La librería creada fue adicionada en el archivo `Arp.txt` del SCALE para que sea invocada por el ORIGEN-ARP.

(3) Con el ORIGEN-ARP se modeló el caso de un ECG con 50% de quemado y se

determino concentración en gramos y actividad de los nucleidos componentes del ECG.

2. CONCLUSIONES

(1) La actividad de un ECG al ser retirado del núcleo es de 79 000 curies y luego de 2 años de 1800 curies. Considerando que hay tres elementos retirados definitivamente del núcleo, contamos actualmente con una actividad de 237 000 curies.

(2) Se conocen las concentraciones de uranio y de los trans uránicos de los elementos combustibles retirados definitivamente del núcleo del RP-10. En vista de la comparación relativa mostrada en la tabla 2, se puede afirmar que los modelos usados tienen buen grado de fiabilidad.

(3) Los resultados obtenidos en el presente trabajo servirán para caracterizar los ECG del RP-10 el cual es un paso previo para el diseño del almacenamiento interino así como para el transporte de los ECG del RP-10.

Nomenclatura:

EC: Elemento Combustible
ECG: Elemento Combustible gastado
IV: Inventario radiactivo

3. REFERENCIAS

- (1) R. B. Pond and J. E. Matos, Nuclear mass inventory, photon dose rate and thermal decay heat of spent research reactor fuel assemblies (rev. 1), ANL/RERTR/TM-26, Argonne National Laboratory, Argonne, IL-USA.
- (2) T. Cuya, Calculo Neutrónico del núcleo 25 del RP-10, Reporte Técnico 006-2003 INST/DR/CASE/NT, IPEN, junio 2003.
- (3) SCALE: Standardized Computer Analysis for licensing Evaluation, ORNL.
- (4) S. M. Bowman, ORIGEN-ARP: Automatic Rapid Process for spent fuel depletion, decay and source term, Oak Ridge National Laboratory, USA, 2000.
- (5) O. W. Hermann, C. V. Parks, SAS2H: A coupled one-dimensional depletion and shielding analysis module, ORNL. USA, Marzo 2000.

Tabla 1. Masa de los isótopos del uranio y de elementos transuránicos en función al tiempo decaimiento para un ECG del RP-10 con 50% de quemado. * Se tomo un biasing de 100 g de U-235.

Nucleido (g)*	Tiempo (años)							
	0.001	0.003	0.010	0.030	0.100	0.300	1.000	2.600
U238	4.00E+02	4.00E+02	4.00E+02	4.00E+02	4.00E+02	4.00E+02	4.00E+02	4.00E+02
U235	5.00E+01	5.00E+01	5.00E+01	5.00E+01	5.00E+01	5.00E+01	5.00E+01	5.00E+01
U236	7.95E+00	7.95E+00	7.95E+00	7.95E+00	7.95E+00	7.95E+00	7.95E+00	7.95E+00
pu239	2.64E+00	2.65E+00	2.66E+00	2.67E+00	2.67E+00	2.67E+00	2.67E+00	2.67E+00
pu240	5.48E-01	5.48E-01	5.48E-01	5.48E-01	5.48E-01	5.48E-01	5.48E-01	5.48E-01
np237	1.93E-01	1.93E-01	1.94E-01	1.97E-01	1.99E-01	1.99E-01	1.99E-01	1.99E-01
pu241	2.04E-01	2.04E-01	2.04E-01	2.04E-01	2.03E-01	2.01E-01	1.95E-01	1.80E-01
pu242	3.02E-02	3.02E-02	3.02E-02	3.02E-02	3.02E-02	3.02E-02	3.02E-02	3.02E-02
pu238	1.96E-02	1.97E-02	1.98E-02	1.99E-02	1.99E-02	2.00E-02	2.01E-02	2.00E-02
am241	4.42E-03	4.44E-03	4.51E-03	4.71E-03	5.40E-03	7.35E-03	1.40E-02	2.85E-02
am243	1.36E-03	1.36E-03	1.36E-03	1.36E-03	1.36E-03	1.36E-03	1.36E-03	1.36E-03
U234	9.76E-04	9.77E-04	9.78E-04	9.81E-04	9.92E-04	1.02E-03	1.13E-03	1.38E-03
am242m	5.57E-05	5.57E-05	5.57E-05	5.57E-05	5.57E-05	5.56E-05	5.54E-05	5.50E-05
u233	5.58E-07	5.58E-07	5.58E-07	5.59E-07	5.63E-07	5.76E-07	6.20E-07	7.28E-07
u232	3.83E-08	3.83E-08	3.85E-08	3.88E-08	3.96E-08	4.20E-08	4.93E-08	6.17E-08
np236	4.57E-08	4.57E-08	4.57E-08	4.57E-08	4.57E-08	4.57E-08	4.57E-08	4.57E-08
pu236	5.39E-08	5.40E-08	5.41E-08	5.38E-08	5.29E-08	5.05E-08	4.27E-08	2.91E-08
u237	6.12E-03	5.68E-03	4.37E-03	2.06E-03	1.49E-04	8.86E-08	5.90E-09	5.46E-09
np239	2.80E-02	2.26E-02	1.06E-02	1.24E-03	6.69E-07	1.17E-09	1.17E-09	1.17E-09
am242	4.36E-06	2.04E-06	1.44E-07	7.92E-10	7.18E-10	7.18E-10	7.15E-10	7.10E-10
np235	1.01E-09	1.01E-09	1.00E-09	9.91E-10	9.48E-10	8.34E-10	5.33E-10	1.92E-10
np238	2.88E-04	2.27E-04	9.82E-05	8.98E-06	2.09E-09	1.01E-11	1.01E-11	1.00E-11
pu237	1.38E-08	1.37E-08	1.31E-08	1.18E-08	7.94E-09	2.59E-09	5.12E-11	6.52E-15
pu244	7.53E-19	7.62E-19	7.95E-19	8.90E-19	1.22E-18	2.17E-18	5.48E-18	1.30E-17
pu243	9.34E-07	8.04E-08	1.51E-11	5.45E-21	5.11E-21	5.11E-21	5.11E-21	5.11E-21
am245	2.80E-23	2.78E-23	2.76E-23	2.72E-23	2.57E-23	2.20E-23	1.26E-23	3.56E-24
u231	4.79E-15	4.24E-15	2.78E-15	8.34E-16	1.23E-17	7.16E-23	3.43E-41	0.00E+00
u230	7.93E-17	7.73E-17	7.10E-17	5.57E-17	2.38E-17	2.08E-18	4.14E-22	1.44E-30
pu246	9.39E-27	9.02E-27	7.84E-27	5.38E-27	2.05E-27	1.26E-27	1.25E-27	1.25E-27
u240	1.48E-29	1.49E-29	1.55E-29	1.76E-29	2.41E-29	4.28E-29	1.08E-28	2.58E-28
am246	2.35E-29	2.26E-29	1.96E-29	1.35E-29	5.14E-30	3.14E-30	3.12E-30	3.12E-30
np240m	1.27E-31	1.28E-31	1.32E-31	1.50E-31	2.06E-31	3.65E-31	9.23E-31	2.20E-30
np240	1.35E-09	1.04E-14	1.42E-32	1.54E-33	2.12E-33	3.76E-33	9.50E-33	2.26E-32
pu245	7.87E-25	2.47E-25	4.31E-27	4.05E-32	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
am244m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
am244	2.73E-07	8.19E-08	1.22E-09	7.22E-15	3.70E-33	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
U241	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
U239	3.83E-11	1.23E-24	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
np241	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
np236m	6.14E-10	3.58E-10	5.40E-11	2.44E-13	1.50E-21	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
am240	4.15E-11	3.27E-11	1.42E-11	1.30E-12	3.05E-16	1.30E-26	0.00E+00	0.00E+00
am239	6.41E-14	2.31E-14	6.44E-16	2.34E-20	6.78E-36	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

Tabla 2. Comparación de los resultados encontrados en el IPEN con los de ORNL para un elemento combustible de U3O8 con 50% de quemado. * Se tomo un biasing de 100 g de U-235.

Nucleido*	ANL (WIMS)	IPEN (ORIGEN-ARP)
U-235	50.0	50.00
U-236	8.0	7.95
U-238	402.0	400.00
Np-237	0.1	0.19
Pu-239	2.3	2.64
Pu-240	0.4	0.55
Pu-241	0.1	0.20

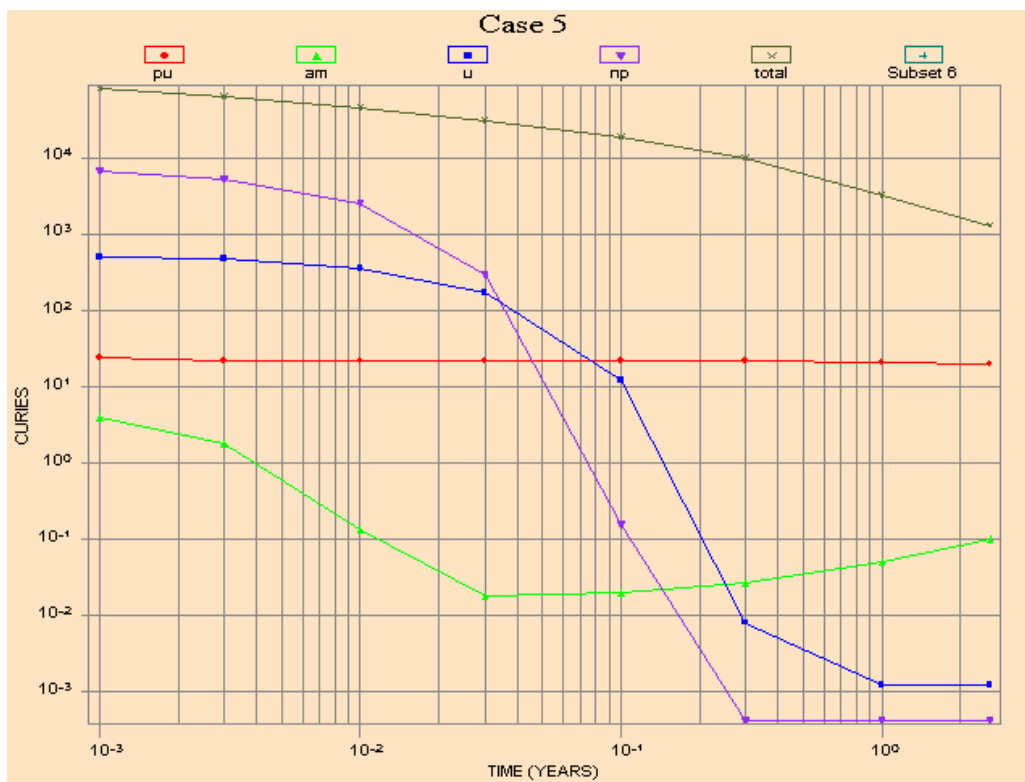


Figura 1. Evolución en el tiempo de la actividad del uranio y los elementos transuránicos después de su retiro definitivo del núcleo del RP-10.