

EVALUACION DE RIESGO RADIOLOGICO CON URANIO RECUPERADO.

Cárdenas Hugo, Pérez Aldo, Luna Manuel, Becerra Fabián.

Div. Protección Radiológica - U.A. Combustibles Nucleares – CAC
Comisión Nacional de Energía Atómica.

Resumen.

El Uranio Recuperado (UR) en su composición posee isótopos como el U^{232} que no se encuentran en la naturaleza y el U^{234} en un mayor porcentaje. Ambos isótopos modifican las características del material desde el punto de vista de la seguridad radiológica.

El presente trabajo, basado en datos experimentales y cálculos teóricos evalúa el incremento del riesgo de irradiación externa e interna y propone posibles medidas a tomar para una eventual producción de combustibles con uranio levemente enriquecido.

El trabajo ilustra mediante tablas la coherencia de datos experimentales y resultados teóricos que permiten extrapolar con cierto grado de confianza el cálculo para el UR. Demuestra que el riesgo radiológico para este material es directamente proporcional al tenor de U^{232} y U^{234} , como así al tiempo de envejecimiento del material.

1. Introducción

En el marco del Programa Troncal Ciclo del Combustible de la CNEA y dentro del proyecto CARA (Combustible Avanzado para Reactores Argentinos), se ha iniciado un estudio sobre la utilización de uranio recuperado (UR) como materia prima en la producción de elementos combustibles con uranio levemente enriquecido (ULE)^[1]. En este ámbito la División Protección Radiológica del Centro Atómico Constituyentes (CAC), realizó un estudio de riesgo radiológico a los efectos de considerar eventuales modificaciones operativas o tecnológicas en las instalaciones que pudieran operar con dicho material.

El trabajo llevado a cabo se basa, por un lado en la experiencia obtenida durante la elaboración de barras combustibles para la Facilidad Crítica RA-8 en el CAC, y en la aplicación de un código de cálculo de blindaje^[4] y mediciones directas sobre uranio natural, usado como parámetro de control en la validez de los cálculos teóricos.

A diferencia del uranio natural (UN) y del uranio enriquecido (UE), el UR posee un incremento en los riesgos de irradiación interna y externa dado la presencia de isótopos generados en un reactor nuclear^{[2][3]}.

2. Riesgo de irradiación externa.

El riesgo de irradiación externa se observó originalmente por las mediciones ambientales durante dos años, con dosímetros Termoluminiscentes (TLD), en el Depósito de Material Nuclear (DEMANU) del CAC, observando variaciones

significativas con las modificaciones de su inventario por ingreso o egreso de UR como UO₂, por sobre los valores de fondo correspondientes a los materiales de UN y UE al 20%. En el gráfico N° 1 se observa una variación de un factor 2 y 3 por sobre los valores de fondo correspondientes a los materiales de U natural y enriquecidos al 20%.

Las condiciones de medición en la instalación (ubicación y permanencia temporal de los TLD, distribución y movimiento del material, etc.) solo dieron información semi-cuantitativa, lo cual requirió definir una evaluación mediante otra metodología.

Se seleccionó un tambor con UO₂ natural conociendo en detalle sus dimensiones y contenido radiactivo (isótopos y cantidad).

Con el auxilio de un código de cálculo de blindaje^[4] y un manual de espectrometría gamma^[5] se efectuaron diversas corridas, para evaluar la tasa de dosis en un punto a determinada distancia.

De igual forma se realizaron cálculos para un tambor hipotético, de idénticas dimensiones, conteniendo UO₂ de origen recuperado, esto es, ingresando en el código valores correspondientes a los isótopos característicos del UR (U²³² y U²³⁶), para tenores de 0,19 ppb (UR usado en la producción de barras RA-8), y 5 ppb indicada en la bibliografía, como cantidad máxima de U²³² [2],[3], y envejecimientos de 1 y 10 años respectivamente.

2.1.Calculo teórico.

Parámetros de entrada:

- Dimensiones: 80 cm de altura y 28 cm de radio
- Densidad aparente: 2,0 g/cc
- Tasa de dosis a: 50 cm
- Material: 244,95 Kg de U total como UO₂. Ver Tabla 1.

Tabla 1. Composición Isotópica

	Composición Isotópica (% peso)				
	U ²³²	U ²³⁴	U ²³⁵	U ²³⁶	U ²³⁸
Natural		0,0057	0,7204		99,2739
Enriquecido		0,03	3,41		96,56
UR (0,19 ppb)	1,9 x 10 ⁻⁸	0,03	3,41	0,04	96,52
UR (5 ppb)	5 x 10 ⁻⁷	0,03	3,41	0,04	96,52

El resultado de los cálculos mencionados se indican en la Tabla 2.

Como se observa la tasa de dosis gamma resultante, para el uranio enriquecido se incrementa en un factor de 2,7 respecto del natural. Esto se debe a la mayor concentración de U²³⁵.

Para el UR los incrementos van desde un factor 3,1 a 3,8 (para 0,19 ppb U²³²), y 11,1 a 27,8 (con 5 ppb U²³²), para 1 y 10 años de envejecimiento respectivamente.

Tabla 2. Tasa de Dosis Calculada para Distintos Compuestos de Uranio.

Compuesto	Tasa de Dosis ($\mu\text{Sv/h}$) a 50 cm						
	U^{232} t=1 a	U^{232} t=10 a	U^{234}	U^{235}	U^{236}	U^{238}	Total
Natural			*	1,69		1,91	3,6
Enriquecido 3,41 %			*	8,01	*	1,86	9,87
UR (con 0,19 ppb)	1,30		*	8,01	*	1,86	11,17 ⁽¹⁾
		3,96					13,83 ⁽²⁾
UR (con 5 ppb)	30,03		*	8,01	*	1,86	40,0 ⁽¹⁾
		90,24					100,1 ⁽²⁾

* valores inferiores a 10^{-4}

(1) tasa de dosis después de 1 año

(2) tasa de dosis después de 10 años

2.2. Medición experimental.

Instrumentos utilizados:

- ALNOR RDS-120
Rango de medición: 0,05 $\mu\text{Sv/h}$ a 10 Sv/h
Rango de energías: desde 50 keV a 3 MeV
- FAG FH40F2
Rango de medición: 0,01 $\mu\text{Sv/h}$ a 9,99 mSv/h
Rango de energías: desde 45 KeV a 1,3 MeV

Fuente radiactiva: Un tambor de UO_2 natural, con 244,95 Kg. De U total

Los cálculos teóricos, fueron corroborados experimentalmente, en UO_2 natural, cuyos resultados se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Tasa de Dosis Medida a 50 cm

Instrumentos	Fondo ($\mu\text{Sv/h}$)	Tasa de dosis ($\mu\text{Sv/h}$) a 50 cm
ALNOR RDS-120	0,11	4,18
FAG FH40F2	0,25	4,09

El valor promedio resultante (3,9 $\mu\text{Sv/h}$) coincide prácticamente con el teórico: 3,6 $\mu\text{Sv/h}$ (ver Tabla 2), permitiendo verificar el método de cálculo, en particular par el UR.

3. Riesgo de irradiación interna.

El polvo de UO₂ es un compuesto relativamente insoluble en el organismo, cuya incorporación por inhalación implica largos períodos de residencia en el pulmón y en los nódulos linfáticos pulmonares.

Como se observa en la Tabla 4 la presencia de los isótopos U²³² y U²³⁴ a pesar de tener una baja concentración en peso, debido a sus altas actividades específicas, tienen una importante contribución a la actividad total de un compuesto.

Tabla 4. Contribución de los Distintos Isótopos de Uranio a la Actividad Total

Isótopo	Actividad Específica (Bq/μg)	Uranio Natural		Uranio Recuperado (UR)	
		% peso	C.A. α total *	Rango de % peso	R.C.A. α total **
U ²³²	7,77 x 10 ⁵			1,9x10 ⁻⁸ – 5x10 ⁻⁷	0,3 – 3,78
U ²³⁴	232,0	0,0057	50,45	0,015 – 0,03	66,18 – 67,65
U ²³⁵	0,08	0,7204	2,20	>0,72 - 1	1,1 – 0,78
U ²³⁶	2,331			0,2 – 0,7	8,87 – 15,86
U ²³⁸	0,0125	99,2739	47,35	99,065 – 98,27	23,55- 11,94

*: Contribución a la actividad alfa total (C.A. α total)

**.: Rango de contribución a la actividad alfa total (R. C.A. α total)

Por lo cual los Límites Anuales de Incorporación, en términos de masa, para el UR son sensiblemente menores (ver Tabla 5), lo cual condiciona los sistemas de seguridad (p.e. sistemas de confinamiento) y los criterios de protección radiológica a tener en cuenta (monitoreaje de área y personal).

Tabla 5. ALI y DAC para el UO₂

Compuesto	ALI		DAC	
	Bq/año	mg/año	Bq/m ³	μg/m ³
UO ₂ Natural	2541.46	96.97	1.02	38.79
UO ₂ (UR) 1% U ²³⁵ (0,19 ppb U ²³²)	2457,23	46,73	0,98	18,69
UO ₂ (UR) 1% U ²³⁵ (5 ppb U ²³²)	2362,27	22,96	0,94	9,18

4. Conclusiones.

El incremento del riesgo de irradiación externa es directamente proporcional al contenidos del U²³² y al tiempo de envejecimiento del material. Ver Tabla 6.

Tabla 6. Factores de Incremento de Riesgo Radiológico del UR Respecto del UN.

Tenor de U^{232} (ppb)	Factor de Incremento de Riesgo		
	Externa		Interna
	t=1 a	T=10 a	
0,19	3,1	3,8	2,1
5	11,1	27,8	4,2

Frente a este riesgo, en las distintas etapas de los procesos de fabricación, se deberían tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Es necesario conocer las características del área involucrada, masas de material, tiempo de trabajo y
- definir un control de dosimetría externa del personal expuesto, en las actuales plantas de producción con uranio natural que permita conocer las tasa de dosis real en cada puesto de trabajo y luego ponderarlos con los factores señalados.
- Con los datos obtenidos realizar un análisis costo – beneficio, en cada puesto de trabajo, para definir la conveniencia ó no de una inversión en blindajes y/o eventuales modificaciones tanto en equipamiento como en las tareas de los operadores.

En cuanto al riesgo de irradiación interna se debe prever la modificación de los sistemas de confinamiento, debido a que con pequeñas masas se alcanzan los límites permitidos.

Frente a la compra de este material, se recomienda una clara especificación, en particular en los niveles de U^{232} y U^{234} . Es aconsejable adquirir material con tenores similares a los usados en el RA-8 (0,19 ppb U^{232})

Referencias.

- [1] Uso de Uranio reprocesado como materia prima para elementos combustibles Atucha I,
II y Embalse
Roberto Cirimello
AATN 1998.
- [2] Technical and commercial aspects of use of reprocessed uranium
C. Robbins and K.W. Hesketh
BNFL – Fuel Group – Springfields. Preston PR4 OXJ-United Kingdom
- [3] Aspect of Uranium Recycle in Light Water Reactors
K.W. Hesketh and Richard Hagger
BNFL – Springfields. Preston PR4 OXJ-United Kingdom
- [4] Microshield versión 3.12
- [5] Accurate Determination of the U^{235} Isotope Abundance by Gamma Spectrometry”
P. Matussec

De.Ma.Nu.

Puerta lado interno

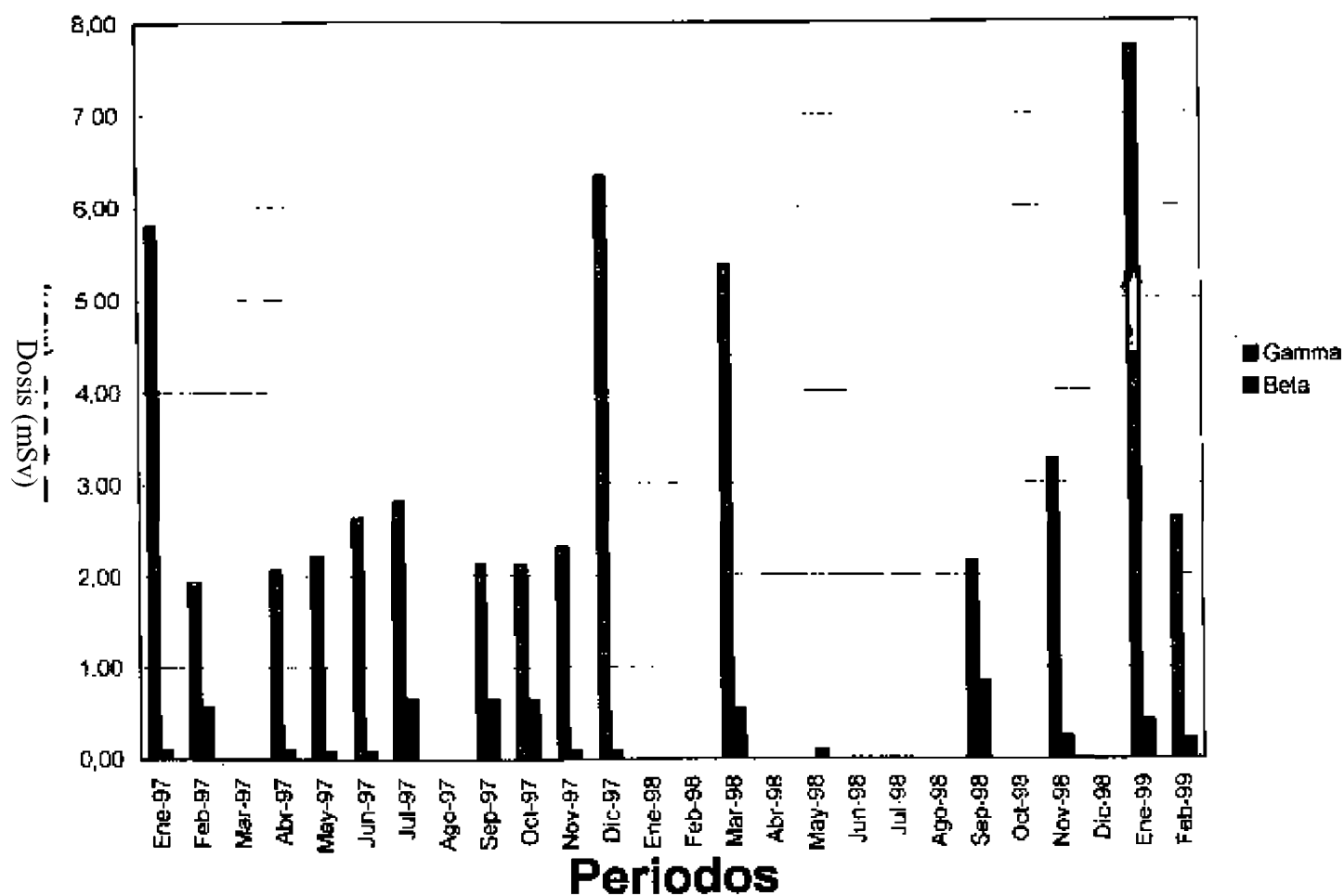


Fig. 1