

C. N. E. A. de Buenos Aires	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1982

CALCULO DE LA REACTIVIDAD DEL REACTOR RA-3 EN RELACION
CON SU CONVERSION A BAJO ENRIQUECIMIENTO

M. Madariaga y J. Testoni

Departamento Reactores

Comisión Nacional de Energía Atómica

1- Introducción

En los cálculos que se presentan se evalúa la reactividad actual del reactor RA-3. El objetivo es definir un valor de referencia obtenido por cálculo sobre una situación real para utilizarlo en los que requiere la conversión del reactor del 90% al 20% de enriquecimiento en U235. Las características del caso estudiado se tomaron de la configuración N° 91 (C-91) utilizada entre los meses de octubre y noviembre de 1979. En la figura 1 se muestra dicha configuración junto con el orden de quemado de los elementos combustibles. En la tabla 1 se dan los valores iniciales de las masas de U235 en los correspondientes elementos combustibles (EC) de la figura 1; estos valores de quemado son los que se estima tiene cada elemento combustible de acuerdo a su tiempo de residencia en el reactor y las posiciones que haya ocupado; en particular el EC de la posición 1 es fresco y con una carga de 195.3 gr de U235.

2- Cálculos y resultados

Se realiza el cálculo con los datos del EC nominal que se dan en la figura 2. Se considera al reflector de grafito con densidad 1.7 gr/cm^3 sin tener en cuenta ningún otro posible componente del reflector. La temperatura del agua se toma igual a 45°C para el reflector y 53°C para el refrigerante.

Sobre dicha configuración se hacen dos cálculos:

- A- Se considera sólo el orden creciente de quemados (no los valores numéricos) y se define con dicho orden el esquema de recambio de los EC lo que permite obtener las distribuciones de quemado en equilibrio de principio y fin de ciclo (PC y FC) para un tiempo T dado. Se elige $T = 20$ días teniendo en cuenta que en el reactor se introduce un EC fresco con un período de aproximadamente ese valor. Los métodos usados en el cálculo son los que se describen en (1).
- B- Se toman en cuenta los valores estimados para el quemado de cada EC cuando comienza a operar la C-91 (tabla 1) con dicha distribución se calcula directamente el estado del reactor.

El valor de reactividad obtenido en B será comparable al de PC que se obtiene en A. En ambos cálculos se considera una potencia de operación de 3.5 MW. Por otro lado se

dispone de la referencia experimental sobre los valores de reactividad, sin barras, que tiene el reactor entre recambios del EC. En la tabla 2 se dan los resultados de los cálculos mencionados y su comparación con los valores experimentales, se aclara que todos los valores de reactividad indicados incluyen el xenón en equilibrio y se refieren al reactor sin barras. Se concluye que el nivel de quemado medio en el núcleo calculado para la situación de equilibrio (cálculo A, PC y FC) prácticamente coincide con el estimado de acuerdo al seguimiento de la operación del reactor (valores de masa de U235 en todo el núcleo). Consecuentemente los valores de reactividad que se obtienen para la situación de PC, cálculos A y B, son prácticamente coincidentes. El recorrido de reactividad que se obtiene para el ciclo (cálculo A) está también en un acuerdo razonable con el que se obtiene experimentalmente como así también el consumo de reactividad por gramo de U235 consumido. Existe una diferencia muy importante, alrededor de los 6000 pcm, entre el valor calculado de la reactividad de PC (o FC) y los correspondientes valores experimentales. Se estudia entonces la influencia de distintos efectos en el cálculo de referencia. Los resultados de este estudio se resumen en la tabla 3.

De los efectos considerados se decide tomar en cuenta para modificar el caso de referencia los tres últimos, definiendo al mismo con un reflector formado por un 80% en volumen con grafito de densidad 1.5 gr/cm^3 , un 15% de aluminio de densidad 2.7 gr/cm^3 y un 5% de agua. Estos porcentajes tienen en cuenta en forma aproximada el espaciamiento existente entre los bloques del reflector como también la vaina de 3 mm de espesor que lo rodea. Se piensa además que a pesar de no disponerse de datos precisos sobre la densidad y composición del grafito, éste puede tener una densidad algo más baja que el valor nominal para el grafito nuclear (1.7 gr/cm^3). Tampoco se dispone de datos precisos sobre los venenos existentes en el aluminio estructural y la aleación del combustible, de cualquier modo se supone razonable incluir en el caso de referencia una cierta cantidad de venenos y se toman 20 ppm de boro natural que es algo menos que el valor considerado en los efectos de la tabla 3. Si existen datos precisos sobre las dimensiones de las placas de cada uno de los elementos combustibles cargados en la C-91, el análisis de estos datos permite concluir que el valor medio del espesor de placa era 0.140 cm y no el valor nominal de diseño 0.130 cm, en consecuencia se adopta para el caso de referencia el primer valor. Se estima de acuerdo a los valores obtenidos en la tabla 3 que la diferencia original en el nivel de reactividad de aproximadamente 6000 pcm se reducirá aproximadamente a 3000 pcm. Esta diferencia remanente se tendrá en cuenta en los cálculos de conversión de distintas maneras:

- 1) Tomando como nivel de reactividad a igualar en el cálculo con combustible enriquecido al 20% el valor que se obtenga en el cálculo A para el FC.
- 2) suponiendo una cantidad suficiente de boro natural en el combustible que anule la diferencia entre la reactividad

calculada de FC y el valor experimental. Luego, conservando la cantidad de boro, realizar el cálculo de conversión igualando la reactividad de 600 pcm para el FC.

3) Análogo a 2) pero modificando las fugas.

Finalmente interesará estudiar la sensibilidad del resultado más importante que se pretende obtener, la densidad de uranio en el combustible requerida para la conversión, respecto de la utilización de los distintos criterios. La posibilidad de algunas deficiencias importantes en los métodos de cálculo utilizados queda obviada debido a que cálculos realizados en el Argonne National Laboratory (USA) dan, para la misma situación, valores de reactividad totalmente consistentes con los resultados presentados en este trabajo.

3- Referencias

(1) M. Madariaga, J. Testoni: "Cálculo de problemas "benchmark" relacionados con la conversión del reactor RA-3 a bajo enriquecimiento", trabajo previo presentado en la reunión de la AATN de 1980.

4- Tablas

EC	m ²³⁵	EC	m ²³⁵	EC	m ²³⁵	EC	m ²³⁵	EC	m ²³⁵
1	195.3	7	167.5	13	148.7	19	128.7	25	128.0
2	194.9	8	194.9	14	147.1	20	127.4	26	110.9
3	188.4	9	166.0	15	140.0	21	126.2	27	136.0
4	181.7	10	165.7	16	137.6	22	125.4	28	154.2
5	171.3	11	152.4	17	137.5	23	119.8		
6	170.5	12	150.2	18	136.3	24	101.7		

Tabla 1: masas de U235 en los EC de la C-91.

PARAMETRO	CICLO CALCULADO (A)		VALORES ESTIMADOS Y/O EXPERIMENTALES
Masa U235 en el núcleo (gr)	PC	4181	4176
	FC	4094	4095
	ΔM	87	81
Reactividad sin barras (pcm)	PC	7420 (B=7570)	1600
	FC	6672	600
		782	800 - 100
$\frac{\Delta \rho}{\Delta M} \left(\frac{\text{pcm}}{\text{gr}} \right)$	9.0		9.9 - 12.3'

Tabla 2: comparación cálculo - referencia experimental.

MODIFICACION INTRODUCIDA
EN EL CALCULO

VARIACION DEL NIVEL
DE REACTIVIDAD (pcm)

CALCULO	6 x 6 → 4 x 4 intervalos por caja	400
	16 → 24 cm H ₂ O reflector	0
	S4-Po → Difusión	0
	10 → 2 grupos energía	-650
CAJAS DE IRRADIACION	30% aluminio → 100% H ₂ O 70% H ₂ O	-100
Ahorro por reflector	8 cm → 7 cm	-380
GRAFITO	100% C → 80% C - 15% Al 5% H ₂ O	-620
	1,7 gr/cm ³ → 1.53 gr/cm ³	-470
COMBUSTIBLE	0 → 30 ppm boro natural	-1500
ESPESOR DE LA PLACA	0.130 → 0.140 cm	-1100

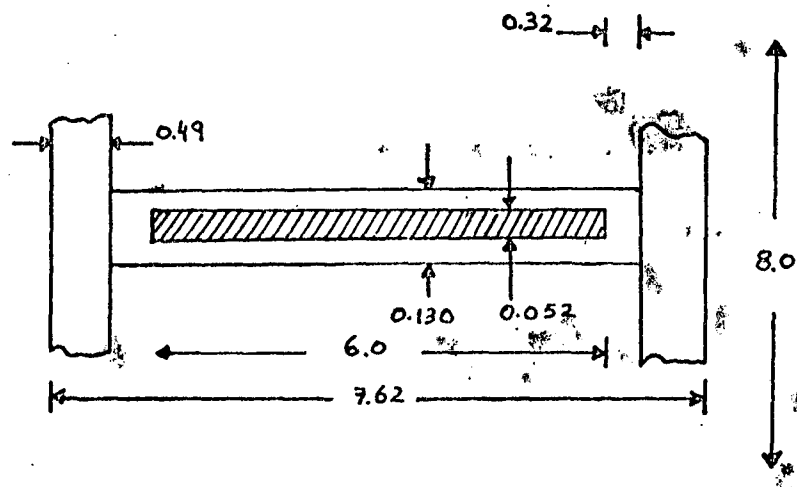
Tabla 3: efectos sobre la reactividad de PC de la C-91

5- Figuras

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1	G	G	G	G	G	G	G			
2	G	CI	19	10	13	18	CI	G		
3	G	20	12	3	ECC 24	2	16	21	G	
4	G	CI	5	ECC 25	1	ECC 26	9	CI	G	
5	G	22	8	6	ECC 27	4	15	23	G	
6	G	CI	17	7	14	11	CI	G		
7	G	G	G	G	G	ECC 28	G			

ECC= EC de control
CI= Cajas de Irrad.
G= Grafito

Figura 1: Configuración 91



19 placas - altura = 61.5

Figura 2: EC nominal del RA-3, medidas en cm.