

# COMPARACIÓN TEÓRICO-EXPERIMENTAL DEL EXCESO DE REACTIVIDAD Y FLUJOS TÉRMICOS EN EL NÚCLEO DEL REACTOR RP-10

Cuya T. <sup>(1)</sup> [rcuya@ipen.gob.pe](mailto:rcuya@ipen.gob.pe); Bruna R. <sup>(1)</sup> [rbruna@ipen.gob.pe](mailto:rbruna@ipen.gob.pe)

(1) Departamento de Cálculo, Análisis y Seguridad – IPEN / Lima, Perú

## RESUMEN

En los reactores nucleares el conocimiento de parámetros tales como reactividad y flujos neutrónicos es muy importante desde el punto de vista de la seguridad. El exceso de reactividad nos indica cual es nuestro margen operación y si se hace necesario la introducción de un nuevo elemento combustible o el reordenamiento de los componentes del núcleo con el fin de aumentar la reactividad del mismo. El conocimiento del flujo neutrónico es también relevante ya que ello nos permite optimizar la irradiación y nos da a conocer el factor de forma, el cual nos dice que tan alto es el valor del flujo en la posición mas crítica con respecto al valor medio del núcleo. Es por ello que el conocimiento de ambos parámetros cobra vital importancia para la operación segura de un reactor. Uno de las formas más comunes de conocer dichos parámetros es a través del uso de códigos de cálculo que haciendo uso de la ecuación de transporte simulan la dinámica del núcleo del reactor.

En el presente trabajo aplicamos una metodología de cálculo neutrónico basada en los códigos WIMS[1], CITATION[2] y de softwares desarrollados en el IPEN tales como SECCION[3] y WIMCIT[4] con el fin de determinar parámetros relevantes a la seguridad del reactor. Presentamos la comparación teórico-experimental de los mismos a lo largo de la evolución del núcleo del RP-10 con el fin de validar la metodología de cálculo propuesta.

Se presentan los valores de reactividad experimentales evaluados en función a dos valores del Beta efectivo,  $\beta_{ef} = 0.0078$  y  $\beta_{ef} = 0.0074$  encontrando así que para el ultimo caso las discrepancias entre cálculo y experimento se reducen.

Se muestran los valores de flujos térmicos para el núcleo 17 y 18, y las discrepancias no superan el 10%, esto sin embargo no es

determinante debido a los pocos puntos experimentales con los que se contó. Los resultados a la fecha muestran una discrepancia aceptable de los valores calculados y experimentales y se proponen experimentos adicionales a fin de fortalecer la metodología de cálculo propuesta.

## CONTENIDO

La metodología usada para este fin es la misma que se uso para la determinación de quemado de los elementos combustibles del RP-10[5] y que ha sido aplicada a otros reactores de la región[6].

### Valores Experimentales de reactividad

Los valores experimentales de reactividad en exceso fueron tomados de los archivos del Departamento de Cálculo, Análisis y Seguridad del IPEN, solo se pudo conseguir un limitado grupo de valores, por lo que para obtener una mejor estadística, debe contarse con un número mayor de datos experimentales.

**Tabla 1.** Valores experimental y calculados del exceso de reactividad desde el núcleo 17 al 24.

Núcleo	$\rho_{experimental}$	$\rho_{calculado}$
N17[7]	6668.2	6971
n18[8]	5206	4743
n18 fin[9]	4446	4303
n19 inicio[10]	5502.18	5028
N21 fin[11]	2130	4262
N22 inicio[12]	3225	4312
N23 inicio[13]	4460	4411
N23 fin[14]	3206.9	3572
N24 inicio[15]	4915.5	4155

De acuerdo a los resultados de NUKEM[16] para el núcleo de arranque se determino un  $\beta_{ef}$  de 0.0076 y para el núcleo de trabajo de 0.0072, es por ello que se reevalúan los

valores de  $\rho_{\text{experimental}}$  para los siguientes casos (tabla 2):

**Tabla 2.** Valores de reactividad experimentales corregidos para distintos valores de  $\beta_{\text{ef}}$ , reactividad calculada y las diferencias relativas entre ambas para cada núcleo.

No. de orden	Núcleo	$\rho_{\text{Exp}}$	$\rho_{\text{Exp}}^*$	$\rho_{\text{Calculada}}$	% Dif. Rel.	% Dif. Rel*
1	N17	6668.2	6326.2	6971.0	4.5	10.2
2	n18	5206.0	4939.0	4743.0	8.9	4.0
3	n18 fin	4446.0	4218.0	4303.0	3.2	2.0
4	n19 inicio	5502.2	5220.0	5028.0	8.6	3.7
5	N23 inicio	4460.0	4231.3	4411.0	1.1	4.2
6	N23 fin	3206.9	3042.4	3572.0	11.4	17.4
7	N24 inicio	4915.5	4663.4	4155.0	15.5	10.9
		%Diferencia relativa promedio =			7.6	7.5

(1)  $\rho_{\text{Exp}}$  y % Dif. Rel: Corresponden a  $\beta_{\text{ef}}$  igual a 0.0078

(2)  $\rho_{\text{Exp}}^*$  y % Dif. Rel\*: Corresponde a  $\beta_{\text{ef}}$  igual a 0.0074 (promedio de 0.0076 y 0.0072)

Podemos observar que en el caso (2) las diferencias cálculo - experimento disminuyen, esto es debido a que el  $\beta_{\text{ef}}$  varia lentamente de núcleo en núcleo debido a las dimensiones del núcleo, quemado, ubicación de la posiciones de irradiación, etc. La fig.1 muestra el gráfico correspondiente.

### Valores de flujos térmicos

Para la comparación de los flujos térmicos, estos deben ser tomados de posiciones alejadas de las barras de control a fin de minimizar los efectos de apantallamiento. Para este fin se tomaron las posiciones D7 y D6 correspondientes a los elementos combustibles NN-021 y NN-011 para el núcleo 17[17] y 18[18], tal como se muestra en la Figura del núcleo 17, los elementos NN-021 y NN-011 mantienen esas posiciones en ambos núcleos, tal como lo muestra la Figura 2.

Los valores así obtenidos son mostrados en la Tabla 3:

**Tabla 3.** Flujos térmicos experimentales y calculados en las posiciones D6 y D7 de los núcleos 17 y 18.

	Posición D6			Posición D7		
	$\phi_{\text{experimental}} \times 10^{10}$	$\phi_{\text{calculado}} \times 10^{10}$	% Dif. Relativa	$\phi_{\text{experimental}} \times 10^{10}$	$\phi_{\text{calculado}} \times 10^{10}$	% Dif. Relativa
N17	1.68	1.77	5.1	1.13	1.22	7.6
N18	1.57	1.72	9.5	1.29	1.32	2.4

La comparación entre los flujos térmicos calculados y experimentales muestran una discrepancia que no supera el 10% en el caso mas desfavorable, lo cual podría estar dentro de la incertidumbre asociada en la medición, debe tomarse en cuenta que estos flujos fueron medidos en el canal de agua [17,18] y en el modelo de cálculo es calculado en la placa, estos de por si ya introduce una diferencia. Por otro lado solo se cuenta con dos valores experimentales lo cual resulta en una estadística insuficiente, por lo tanto los resultados con respecto a los flujos son referenciales.

### CONCLUSIONES

- (1) Las diferencias cálculo-experimento son reducidas en comparación con la metodología de cálculo neutrónico anterior.
- (2) Las diferencias entre los valores experimentales y calculados de reactividad y flujos podrían caer dentro de las incertidumbres de las mediciones experimentales, debemos tener presente que las medidas experimentales tomadas de los informes respectivos no presentan los errores asociados a la medición, ni las fuentes de incertidumbre.
- (3) La diferencias podrían estrecharse si se llega a determinar con precisión el valor del beta efectivo actual.
- (4) Los resultados a la fechas son referenciales debido a los pocos valores experimentales con que se ha contado para el presente trabajo. Los resultados podrían mejorar en la medida que las mediciones aumenten y sean más confiables.

## REFERENCIAS

- (1) NEA Databank. WIMS, An Neutronic Code for Standard Lattice Physics Analysis.
- (2) T.B. Fowler. CITATION. Nuclear Reactor Core Analysis, Oak Ridge National Laboratory. 1973.
- (3) T. Cuya SECCION: Programa generador de librerías de constantes nucleares para el código CITATION, R.T: 008-2002-INST/DR/CASE/NT, IPEN, Huarangal, 2002.
- (4) WIMCIT: Un código integrado para cálculo de reactores MTR con núcleos mixtos. Reporte en progreso.
- (5) T. Cuya, "Determinación del quemado de los elementos combustibles del RP-10 usando una nueva metodología de cálculo neutrónico (núcleos 14 al 24):", RT: 001-2003-INST/DR/CASE/NT, Huarangal Enero del 2003.
- (6) T. Cuya, "Resultados de la ínter comparación teórico experimental del quemado del elemento combustible P04 llevado a cabo en el 2<sup>nd</sup> Workshop sobre Caracterización de Combustibles Gastados RLA4/018", RT:009-2002-INST/DR/CASE/NT, Huarangal, Enero del 2003.
- (7) R. Bruna, "Calibración de Barras del núcleo 17", RT:001-98/DGI/DR/GCAS/LABFER, Huarangal Febrero de 1998
- (8) R. Bruna, "Calibración de Barras del núcleo 18", RT:006-98/DGI/DR/GCAS/LABFER, Huarangal Mayo de 1998
- (9) R. Bruna, "Calibración de Barras del núcleo 18 (final de Ciclo)", RT:009-98/GDI/DR/GCAS/LABFER., Huarangal Noviembre de 1998.
- (10) R. Bruna, "Calibración de Barras del núcleo 19 (inicio de ciclo)", RT:011-98/DGI/DR/GCAS/LABFER, Huarangal, Noviembre de 1998.
- (11) R. Bruna, "Calibración de Barras del núcleo 21 (fin de ciclo)", RT:Sin referencia.
- (12) R. Bruna, "Calibración de Barras del núcleo 22 (inicio de ciclo)", RT: DRE/CAS/ME/029-1., Junio del 2001.
- (13) R. Bruna, "Calibración de Barras del núcleo 23 (inicio de ciclo)", RT: DRE/CAS/ME/037-2., Huarangal Mayo del 2002.
- (14) R. Bruna, "Calibración de Barras del núcleo 23 (fin de ciclo)", RT: DRE/CAS/ME/052-1, Huarangal, Setiembre del 2002.
- (15) R. Bruna, "Calibración de Barras del núcleo 24 (inicio de ciclo)", RT: DRE/CAS/ME/057-1., Huarangal, Octubre del 2002.
- (16) Core Analysis Report RP-10., INTERATOM., Centro Nuclear de Huarangal, Lima-Peru
- (17) R. Bruna., et al "Determinación de la Potencia del núcleo 17 del RP-10", Sin referencia., Huarangal, 13 de abril de 1998.
- (18) R. Bruna., et al "Determinación de la Potencia del núcleo 18 del RP-10", RT: 008-98-DGI/DR/GCAS/LABFER, Huarangal, 24 de Septiembre de 1998.

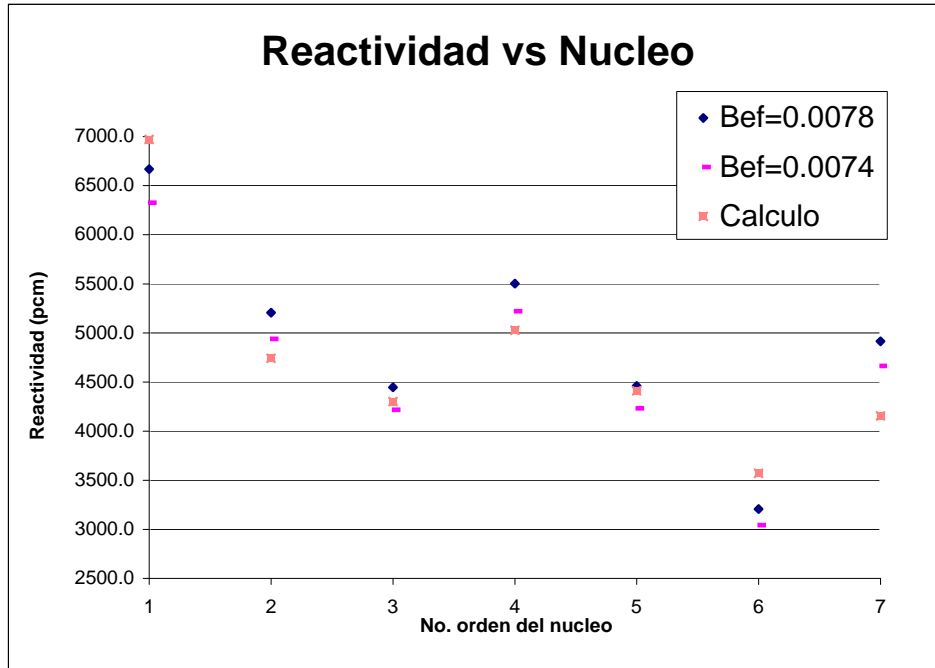


Figura 1. Comparación cálculo-experimento del exceso de reactividad para distintos valores de Beta efectivo.

WimCit- Cálculo Neutrónico

Archivo Citation Graficos Windows Ayuda

### Núcleo N° 17 ini

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	-	-	-	NG-004	IR-001	NG-029	IR-002	NG-012	NG-011	-
2	-	NG-005	NB-001	NN-017	NN-006	NN-005	NN-007	NN-018	NB-002	-
3	-	-	NB-003	IR-003	NC-002	NN-001	NC-003	IR-004	NB-004	-
4	-	-	NG-007	NN-013	NN-002	IR-005	NN-003	NN-015	NG-013	-
5	-	-	NG-006	NN-014	NC-004	NN-004	NC-005	NN-016	NG-022	-
6	-	-	NB-005	NN-011	NN-008	NN-009	NN-010	NN-012	NB-006	-
7	-	IR-006	NB-007	NN-021	NN-019	NC-006	NN-020	IR-007	NB-008	-
8	-	-	NG-010	NG-008	IR-008	NG-028	IR-009	FR-001	NG-023	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

#### Almacen

NN-022	NN-023	NN-024	NN-025	NN-026	NN-027
NN-028	NN-029	NN-030	NN-031	NN-032	NC-007
NC-008					

#### Pileta

NC-001	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-

#### Características

Núcleo N°	17 ini
Lib. Datos	wimcit4g.l
Lib. Quemado	Q17_ini.lib
Potencia (MW)	1.000E-06
Días	0.00
Irrad. (MWD)	0.00
Fecha	22-01-2003

#### Nuevo Elemento

[ ] Crear

#### Directorios

- C:\
- wimcit
- n17

#### Archivos

- CITATION.FLU
- CITATION.RST
- Fort.31
- kk.cnf

Lunes, 27 de Enero de 2003 03:36:56 PM C:\wimcit\n17\n17ini.cnf

Figura 2. Configuración del núcleo 17, el cual muestra la ubicación de los elementos NN-021 y NN-011.