

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1985

08.85.04

MATRICES DE RESPUESTA PARA LA SIMULACION DEL REFLECTOR.
COMPARACION ENTRE EL CODIGO BORDE Y EL METODO PARA LA SIMULACION
DE FUENTES EXTERNAS

C. Ferraris

Centro Atómico Bariloche* - Instituto Balseiro¹

INTRODUCCION

En el cálculo neutrónico de reactores nucleares es necesario, cuando se quiere obtener la distribución exacta del flujo neutrónico en el núcleo del reactor, considerar adecuadamente a los materiales que lo rodean. Es práctica común hacer esto describiendo el núcleo como rodeado solamente por un espesor adecuado de reflector, por ser este el material que mas influye sobre la economía neutrónica del reactor. Además, para no aumentar desproporcionadamente el tamaño físico del problema a resolver, se aprovechan las varias condiciones de simetría que presenta cada núcleo, calculando así solamente una porción del mismo.

A pesar de todo esto, existen varios casos (cálculos tridimensionales, cálculos con computadoras de memoria reducida, núcleos totalmente asimétricos) en los cuales el hecho de considerar, en el cálculo, la presencia del reflector aumenta en manera considerable el tiempo y el costo del cálculo, cuando no lo hace imposible.

Esto se puede solucionar aplicando el Método de la Matriz de Respuesta para la Simulación del Reflector, que consiste en calcular el núcleo desnudo (sin reflector) y con condiciones de contorno tales que simulen adecuadamente al reflector faltante. Estas condiciones de contorno son dadas por las llamadas

Matrices de Respuesta (MR de ahora en adelante), las que pueden representar las relaciones entre los flujos y las corrientes totales en el borde del reactor¹

$$J = H \phi \quad (1)$$

o entre las corrientes entrantes y salientes del borde del reactor²

$$J^- = A J^+ \quad (2)$$

En este trabajo nos ocuparemos de MR de este último tipo, debido a que el código empleado en los cálculos (DIPOBAR³) admite condiciones de contorno expresadas de esta forma.

METODOS DE CALCULO

Son dos los métodos de cálculo de MR comparados en este trabajo. El primero se basa en la aplicación del código BORDE⁴, que calcula analíticamente las MR de medios no multiplicativos, en teoría de difusión, unidimensional, multigrupo. Para poder realizar este trabajo enteramente en el CAB fue necesario desarrollar una nueva versión del código en lenguaje FORTRAN IV, la versión original está programada en lenguaje PL I, cuyas características son el uso del dimensionamiento variable y la posibilidad de calcular MR del tipo de las de las fórmulas (1) y (2).

El segundo método de cálculo de MR se basa en la técnica para la Simulación de Fuentes Externas⁵, que consiste en agregar, en los cálculos de un sistema, un grupo neutrónico extra, el cual gracias a la característica de tener flujo neutrónico igual a uno en todo el dominio de cálculo, permite simular fácilmente con zonas de down-scattering o con adecuadas condiciones de contorno, respectivamente fuentes neutrónicas internas o externas al sistema.

Como referencia para la comparación de los dos métodos de cálculo de MR se calcularon, a dos grupos con el código DIPOBAR (difusión, X-Y), cuatro núcleos homogéneos reflejados con agua, de respectivamente 4x4, 5x4, 5x5 y 6x5 elementos combustibles tipo MTR. El espesor del reflector usado en los cálculos de referencia fue de 18.0 cm.

Con BORDE se calcularon las MR correspondientes a la simulación total o parcial (15.5cm, 13.0 cm y 8.0 cm) del reflector en cada uno de los cuatro núcleos.

Con la técnica para la Simulación de Fuentes Externas se calcularon con el Código DIXYBAR⁶ las MR correspondientes a la simulación total o parcial (15.5 cm) del reflector adyacente a los elementos combustibles centrales y de esquina de las caras de los núcleos.

Finalmente con DIPOBAR se repitieron los cálculos de los cuatro núcleos, representando ahora el reflector con las MR calculadas anteriormente.

RESULTADOS

Los excesos de reactividad de los núcleos calculados según los métodos descriptos anteriormente, están resumidos en la Tabla I:

			4x4	5x4	5x5	6x5
Referencia			4113	7895	11764	14084
	18.0	1MR	5656	9015	12560	14687
S						
	cm	2MR	4249	5835	10543	13337
F						
	15.5	1MR	4509	8205	11995	14256
E						
	cm	2MR	4471	8182	11931	14214
B	18.0 cm		4167	7895	11810	14099
O	15.5 cm		3983	7833	11726	14049
R						
	13.0 cm		3998	7835	11726	14050
D						
	8.0 cm		4080	7924	11778	14095
E						

Tabla I

Excesos de reactividad (p.c.m.)

En la Tabla I 1MR significa que se simuló el reflector usando solamente la MR correspondiente al reflector central de las caras, mientras que 2MR significa que se utilizó también la MR calculada para el reflector cercano a las esquinas de las caras de los nucleos.

En las Figuras 1 y 2 se representan las distribuciones de flujo neutrónico térmico a lo largo de la diagonal del núcleo 5x5, por ser estas las más representativas de las diferencias entre los resultados de los métodos y opciones de cálculo estudiadas.

En la Tabla II se dan los tiempos de cálculo para el núcleo 5x5:

			tiempo cálculo reactor (sec)	tiempo cálculo MR (sec)	tiempo total (sec)
Referencia			1492	-	1492
S	18.0	1MR	520	536	1056
	cm	2MR	520	1606	2126
F	15.5	1MR	710	536	1246
	cm	2MR	710	1606	2316
B	18.0	cm	520	16	536
	15.5	cm	710	16	726
O	13.0	cm	1065	16	1081
	8.0	cm	1130	16	1146

TABLA II
Tiempos de cálculo

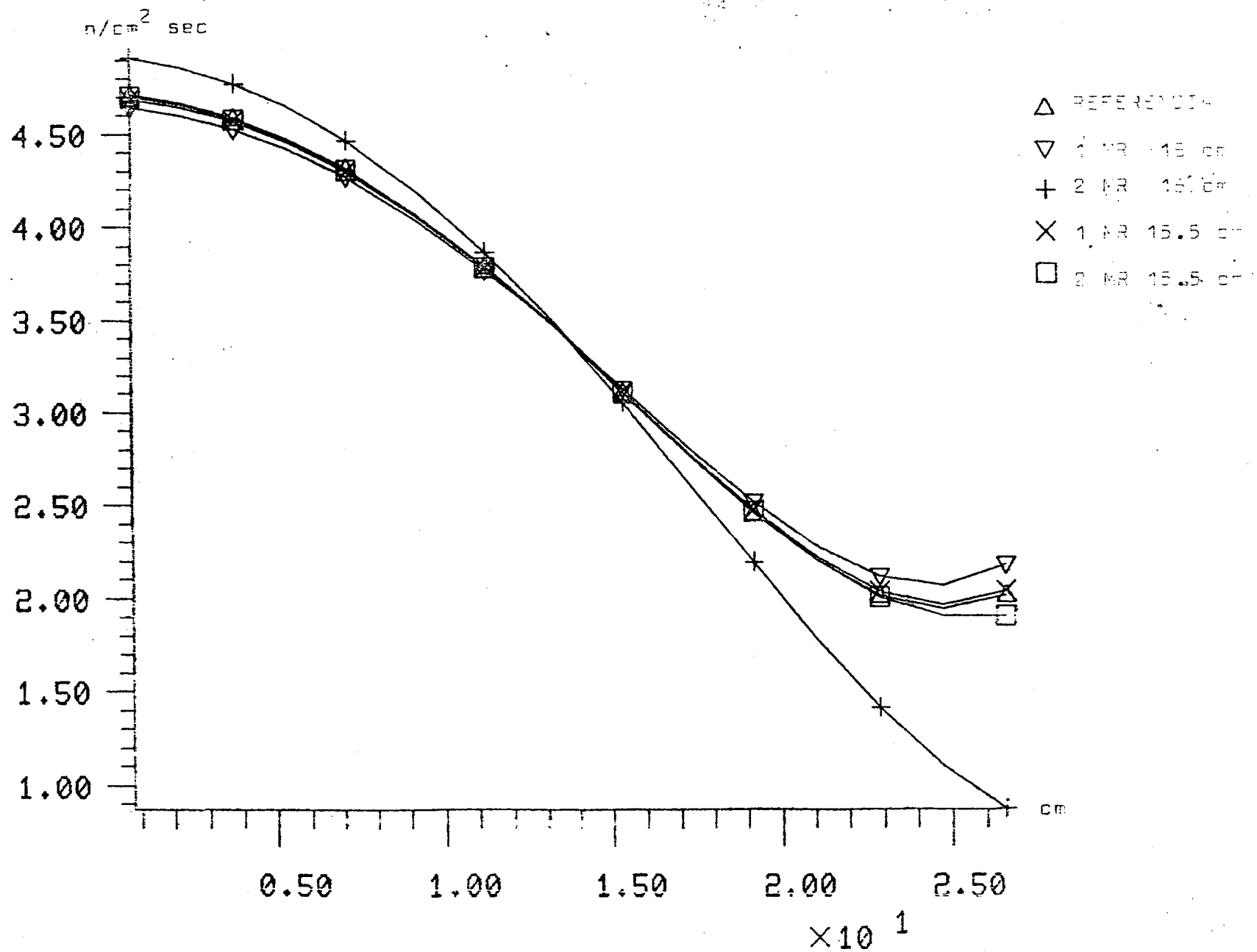


FIGURA 1
Núcleo 5x5: Distribución
diagonal flujo 2. SFE

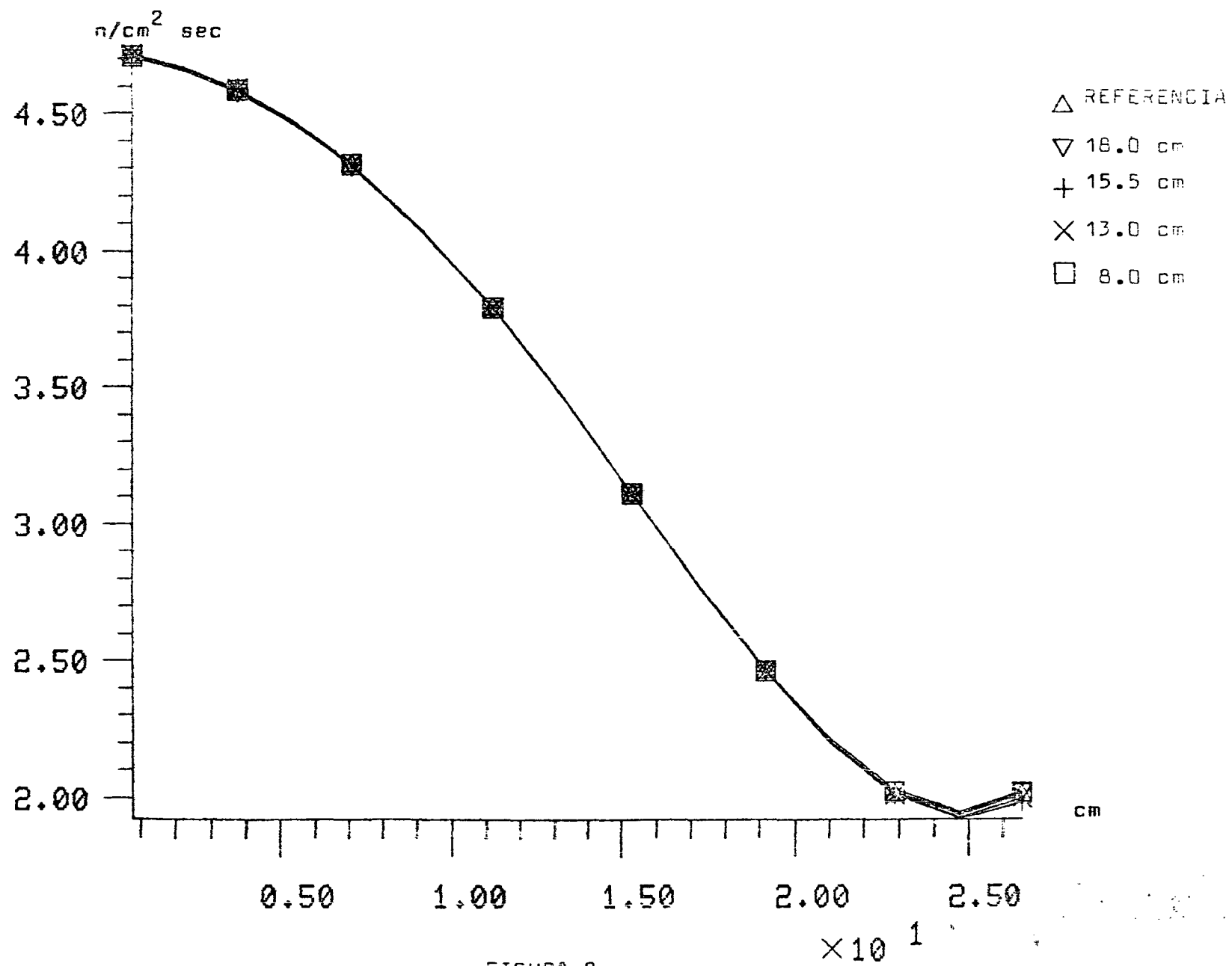


FIGURA 2
 Núcleo 5x5: Distribución
 diagonal flujo 2. BORDE

CONCLUSIONES

En consideración de los resultados obtenidos, el método más conveniente para la simulación del reflector, entre los estudiantes, es el de representar totalmente el reflector con BORDE, método que proporciona errores del orden de 50 p.c.m. en la reactividad del núcleo y errores máximos del 3% en la representación de los flujos neutrónicos, esto con una reducción del 60% en el tiempo de cálculo del reactor.

La técnica para la Simulación de Fuentes Externas es conveniente para cálculos repetitivos, siempre que se tome la precaución de no representar totalmente el reflector con Matrices de Respuesta.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece al Ing. C. Grant la colaboración prestada en la programación de la versión en Fortran IV del código BORDE, y al Dr. R. Stamm'ler el asesoramiento en el uso de la técnica para la Simulación de Fuentes Externas.

REFERENCIAS

- * Comisión Nacional de Energía Atómica.
Comisión Nacional de Energía Atómica y Universidad Nacional de Cuyo.
1. C. Grant: "El método de la matriz de respuesta para la representación de las condiciones de contorno en los códigos de difusión tridimensionales". ENERGIA NUCLEAR (mayo-junio), 30-31 (1981).
 2. Z. Weiss, S. Lindahl: "High order response matrix equation in two dimensional geometry". Nu.Sci.Eng. 58, 166-181 (1975).
 3. A. Ferri: "DIPOBAR. Código bidimensional de cálculo neutrónico multigrupo en teoría de difusión con opción a aproximación P_1 ".
 4. C. Grant: "BORDE. Código de cálculo de matrices de respuesta de medios no multiplicativos en teoría de difusión, unidimensional, multigrupo.
 5. R. Stamm'ler: "Static reactor calculus". Part 2, Cap. VIII 22-26 (1981).
 6. C. Artes: "DIXYBAR. Código general de cálculo neutrónico en teoría de difusión, multigrupo, bidimensional".