

02.66.14

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	1966

Física de Reactores

NEUTRONES PULSADOS

Informe Nº 1

Julio-Agosto 1966

Pieroni N. - Rapoport H. - Ricabarra G.

CNEA- Re - 18



SINTESIS

Se reseñan los trabajos realizados con la fuente pulsada de neutrones tendientes a la medición de las reactividades de las barras de control del R A 2, comentando los resultados obtenidos y dificultades halladas.

Se señalan las conclusiones obtenidas en estas experiencias para aplicarlas en la futura labor.

CONSIDERACIONES GENERALES

Desde los primeros días de julio del presente año, coincidiendo con la puesta en operación del conjunto crítico R A 2, se está experimentando con la fuente pulsada de neutrones.

El primer objetivo es la medición de las reactividades de las actuales barras de control, designadas B1, B2, B3, B4 y B5. Se proyecta en principio aplicar cuatro métodos:

- I: Método Simmons - King (1)
- II: " Gozani (2)
- III: " Carellis - Russell (3)
- IV: " Período Asintótico

de los cuales solo los tres primeros necesitan de la fuente pulsada.

El trabajo inicial consistió esencialmente en adquirir experiencia y conocimiento del equipo, y las primeras mediciones adolecieran de fallas imputables a las improvisaciones de todo comienzo. A pesar de ello desde un principio se obtuvieron valores razonables de las constantes de decaimiento del flujo de neutrones y reactividades correspondientes.

El paso siguiente fué dirigido a la obtención de resultados más confiables, tratando de lograr los mejores valores con mínimos errores.

La determinación gráfica de la constante de decaimiento (λ) es relativamente rápida y sencilla. El procedimiento analítico, por el contrario, resulta largo, tedioso y

-fácilmente susceptible de error si se realiza manualmente ó con el auxilio de una calculadora. El método que usualmente se emplea en esta clase de determinaciones es el de Cuadrados Mínimos (Cs. Ms.); un procedimiento conveniente es redactar el correspondiente programa para que los datos sean procesados por una computadora; como no se disponía de esta última durante el curso de las primeras experiencias, solo se efectuaron unos pocos casos aplicando el método de Cs.Ms. realizando manualmente los cálculos.

Ante esta dificultad se intentó con otro método, bastante más rápido y fácil de realizar manualmente: Método Pierls (4), originalmente dirigido a la obtención de la constante de decaimiento de una fuente radiactiva. Luego, es necesario suponer que los eventos obedecen a una distribución de Poisson. Se presenta entonces la duda de si es aplicable al caso de los neutrones pulsados dentro de un sistema multiplicativo, donde -en principio- no se puede asumir que vale esta distribución. La duda permanece abierta al estudio. Pero el método no aplica la suposición de la estadística para la obtención del valor de α , sino para la "desviación standard" de este ^{valor} ~~cálculo~~.

En los casos aplicados el Método Pierls provee valores de α que concuerdan con los obtenidos según el método gráfico, con menor desviación standard respecto a este último. También existe razonable acuerdo con los escasos valores obtenidos mediante el de Cs.Ms.

Dado que el conocimiento de α es fundamental en cualquiera de los métodos con neutrones pulsados que se aplique para la deter-

minación de la reactividad, es necesario escoger la manera de calcularla que provea el valor más confiable con la menor desviación standard. Dejando para un estudio posterior averiguar si es justificable suponer que la distribución de los neutrones obedece a la estadística de Poisson, lo que permitiría en caso afirmativo la aplicación del M. Pierls con entera confianza, y a fin de no demorar la obtención de resultados, es conveniente por el momento calcular un mayor número de valores mediante ambos métodos analíticos para realizar una comparación más extensa. Si esta comparación permite concluir que ambos conducen esencialmente al mismo resultado, podrá desecharse el de Cs. Ms. y adoptarse el de Pierls, prescindiendo del uso de computadora y sus inherentes dificultades (redactar el programa correspondiente, pérdidas de tiempo y demoras en procesar los datos, espera de turno, etc).

El método I (Simmons - King) da la reactividad como

$$\beta = \frac{\alpha}{\alpha_c} - 1 \quad (1)$$

donde

$$\beta = \text{reactividad en dólares} = \frac{1 - k}{k\beta}$$

k = constante de multiplicación efectiva del sistema

β = fracción efectiva de neutrones retardados

y α_c es la constante de decaimiento de los neutrones instantáneos para el sistema en estado crítico

$$\alpha_c = \frac{\beta}{l}$$

l = vida media efectiva de los neutrones instantáneos

Aparte de la objeción que merece la suposición de que $\frac{\beta}{\lambda}$ se mantiene constante en los distintos estados subcríticos del sistema, la medición de α_c ofrece dificultad por el alto fondo de cuentas que obtiene en estado crítico, que limita el tiempo de decaimiento, haciendo precaria la medición de α_c , así como también la medición de α con reactividad muy pequeña. Según Carelis (3) el número de neutrones retardados es proporcional a

$$\lambda \sim \frac{R}{\alpha} \quad (11)$$

R = frecuencia de pulsado

Para la obtención de un pulso de equilibrio, en que la contribución de los neutrones retardados es constante, es necesario que

$$|\lambda| \ll R \ll |\alpha| \quad (111)$$

$|\lambda|$ = constante de decaimiento del precursor de menor vida media

Para $R \geq 10 \text{ seg}^{-1}$ se satisface esta condición en la mayoría de los sistemas. Pero para reactividades pequeñas, $\rho < .06$, los precursores pueden ser reemplazados por un precursor promedio con $|\lambda| \sim .1 \text{ seg}^{-1}$. Para este caso la condición $R \gg |\lambda|$ se logra con $R \geq 1 \text{ seg}^{-1}$. La ventaja de tomar un valor menor de R es que disminuye la contribución de los neutrones retardados, según (11), obteniéndose mejor estadística; este hecho se comprobó en una serie de mediciones de α_c y estados cercanos al crítico. Además de la medición directa, α_c puede obtenerse también por extrapolación: el sistema se lleva a crítico con una barra de con-

-trol introducida hasta la mitad, la que luego se va retirando por secciones, efectuando determinaciones de los α en las diversas posiciones. Asumiendo comportamiento lineal de la reactividad con la posición de la barra cerca de criticidad, se puede extrapolar y hallar α_c para la posición en que el sistema se encuentra crítico.

La suposición de comportamiento lineal es más probable en la zona central de la barra; por ello se opera con la mitad de ésta introducida en el estado crítico.

El método II (Gozani) prescinde del conocimiento de α_c y permite obtener la reactividad sin necesidad de emplear computadora.

El método III (Garelis - Russell) también prescinde del conocimiento de α_c , pero exige el uso de computadora para dar el valor de la reactividad. Sin embargo una importante simplificación resulta si la posición detector-fuente y la configuración del sistema son tales que la contribución de los términos armónicos superiores en la distribución de los neutrones instantáneos es despreciable, y puede suponerse

$$N_p = A e^{-\alpha t} \quad (iv)$$

En este caso (5) el método III da la reactividad como

$$\beta = \frac{A R}{N_0 \alpha} \quad (v)$$

expresión también independiente de α_c y fácil de aplicar.

El método IV (Período Asintótico) prácticamente no fué empleado aún. Su interés reside en que constituye un procedimiento del que se tiene experiencia previa y los valores que provea servirán de comparación con los obtenidos mediante los métodos pulsados.

En general no se presentaron dificultades con el equipo experimental utilizado. El inconveniente más serio fué provocado por el excesivo calentamiento de un componente ("boitier") del generador de neutrones, que llegó a fundir algunos conectores. Mientras la fuente pulsada estuvo ubicada fuera del R A 2, para eliminar esta dificultad fué suficiente con quitar la carcasa estática que rodeaba al componente mencionado anteriormente, lo que permitió una dispersión mejor del calor.

Para colocar la fuente dentro del R A 2 fué necesario resguardarla del líquido moderador introduciéndola dentro de un tubo de aluminio; en este caso, para evitar el excesivo calentamiento hubo que adaptarles un sistema de ventilación adicional, consistente en un tubo de aluminio, colocado paralela al anterior y de menor diámetro que éste, al que se une en su parte inferior, mientras que en la parte superior va provisto de un ventilador. Este dispositivo actuó de manera satisfactoria (Fig. 1).

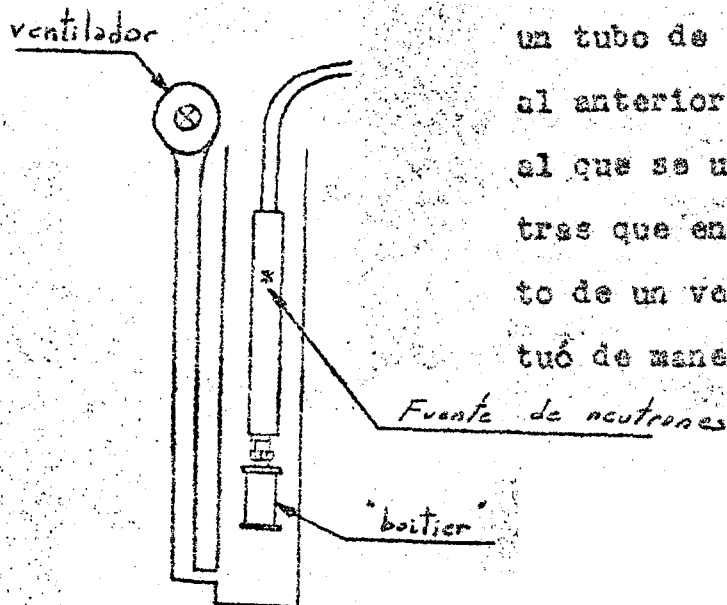


Fig. 1

Debe mencionarse que con la fuente pulsada ubicada fuera del R A 2 se obtuvo mejor estadística (mayor número de cuentas) cuando la altura del líquido moderador no llegaba a cubrir los elementos combustibles que cuando los cubría con exceso.

Se interpretó este comportamiento de la siguiente manera: en el primer caso parte de los neutrones emitidos por la fuente alcanzaba directamente a los elementos combustibles, mientras que en el segundo todos los neutrones atravesaban primero una porción del moderador, perdiéndose un mayor número por absorciones y fugas, como se esquematiza en Fig. 2.

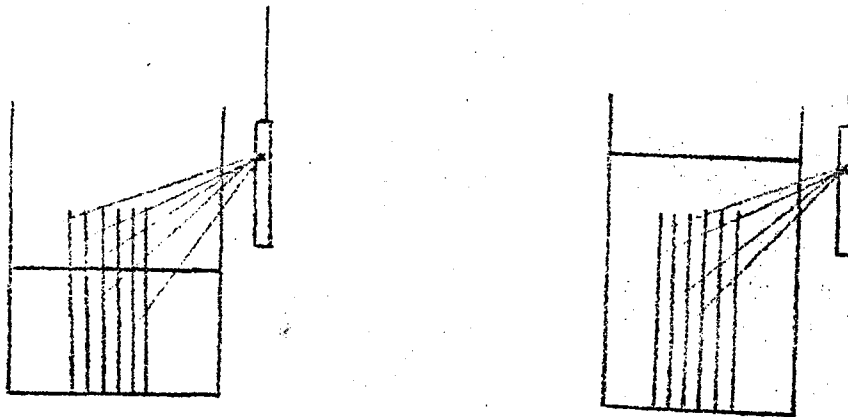


Fig. 2

RESULTADOS OBTENIDOS

Para apreciar la influencia del fondo en las determinaciones de α , y de aquí en la reactividad, se muestran en Tabla I las mediciones realizadas con las distintas barras de control para el caso en que las lecturas del multicanal no fueron corregidas mediante sustracción del fondo y para el caso en que sí lo fueron, junto con las correspondientes reactividades calculadas según el método III simplificado, fórmula (v).

Tabla I

Barras	sin corregir mediante sustracción del fondo		Corregido mediante sustracción del fondo	
	α (seg ⁻¹) Mét. Gráfico	$\beta = \frac{AR}{M_0 \alpha}$	α (seg ⁻¹) Mét. Gráf.	$\beta = \frac{AR}{M_0 \alpha}$
B1	77	.59	140	.40
B2	96	.77	135	.59
B3	98	.58	135	.52
B4	93	.66	140	.47
B5	135	.90	161	.80
B2+B4	144	1.07	175	.98
B2+B4+B5	241	1.58	213	1.72
Todas	266	2.34	263	2.50

Observando como son afectados los valores se concluye la importancia de sustraer el fondo para obtener la verdadera constante de decaimiento α de los neutrones instantáneos. Los valores calculados sin corregir deben ser desechados.

En Tabla II las reactividades de grupos de barras obtenidas sumando sus valores individuales según (v) se comparan con los resultados de mediciones directas aplicando el mismo método.

Tabla II

Barras	Suma reactividades indiv.	Medida
B2+B4	1.96	.98
B2+B4+B5	1.86	1.75
Todas	2.77	2.50

Se aprecia un "efecto pantalla" negativo del orden del 8 % en los dos primeros casos y del 11 % en el último.

La influencia del ancho del canal de observación (Δt) en el cálculo se muestra en Tabla III para los métodos gráfico y Pierls.

Tabla III

Exp. N°	$\alpha \text{ (seg}^{-1}\text{)}$			
	$\Delta t = 3,300 \mu\text{seg}$		$\Delta t = 990 \mu\text{seg}$	
	Mét. Gráf.	Mét. Pierls	Mét. Gráf.	Mét. Pierls
14	112 $\pm$ 4	121 $\pm$ 1	111 $\pm$ 6	107.7 $\pm$ 2.9
15	131 $\pm$ 5	131.8 $\pm$.9	133 $\pm$ 6	134.7 $\pm$ 1.2
16	129 $\pm$ 5	128.1 $\pm$.8	131 $\pm$ 4	127.6 $\pm$ 1.4
17	125 $\pm$ 5	—	127 $\pm$ 4	128.9 $\pm$ 1.4
18	117 $\pm$ 5	—	117 $\pm$ 5	118.8 $\pm$ 1.6
19	113 $\pm$ 4	—	117 $\pm$ 8	117.5 $\pm$ 1.8

Δt incluye el tiempo muerto entre canales

Mientras que el método gráfico no parece ser mayormente sensible al ancho del canal, el de Pierls puede serlo en algún caso, como ocurre en la Exp. N° 14. Debiendo cumplirse que

$$\Delta t \ll \bar{T} = \frac{1}{\alpha}$$

y siendo

$$6 \text{ } \mu\text{seg} < \bar{T} < 11 \text{ } \mu\text{seg}$$

los valores más correctos corresponden a $\Delta t = 990 \text{ } \mu\text{seg}$.

Para determinar α según método Pierls (y también según Cs.Ms.) se debe tener cuidado en el número de primeros canales (lecturas) que se dejan de lado para el cálculo. Puesto que esencialmente se mide la pendiente de una recta en escala semilogarítmica, deberán tomarse aquellos valores que efectivamente correspondan a la parte recta de la curva de decaimiento. En Tabla IV se muestran los valores obtenidos según método Pierls para los casos de suponer -a priori- que los términos armónicos superiores no influyen después de los primeros 5 canales (y se tiene entonces un decaimiento fundamental puro = recta en escala semilogarítmica) y después de los 7 primeros canales.

Tabla IV

Exp. N°	$\alpha \text{ (seg}^{-1}\text{)}$	
	Mét. Pierls - $\Delta t = 650 \text{ } \mu\text{seg}$	
	No se toman 5 primeros canales	No se toman 7 primeros canales
20	149.8 ± 2.0	143.8 ± 2.2
21	150.4 ± 2.8	140.8 ± 3.2
22	143.5 ± 3.7	138.4 ± 4.1

Se observa que los resultados pueden variar hasta cerca del 7 %, é indican además el mayor peso del método para los primeros puntos. Permiten también afirmar que la primera suposición (no influyen términos armónicos después de los primeros 5 canales) no es suficientemente correcta.

Como norma para el trabajo futuro, se representará primero gráficamente la curva de decaimiento y de su observación se tendrá el criterio para determinar el número de primeros canales que no se tomarán en cuenta para el cálculo según Pierls (y/o Cs.Ms.).

Mientras que el método Pierls determina el número óptimo de intervalos ó canales que deben tomarse (según su ancho Δt) para el cálculo de α , el de Cs.Ms. no fija esta cantidad. El criterio es entonces tomar suficientes intervalos como para cubrir varias vidas medias del decaimiento. En Tabla V se comparan resultados según método Pierls con 30 intervalos (cantidad óptima para esos casos) y Cs. Ms. con 20 y 30 intervalos.

Tabla V

Exp. N°	$\alpha \text{ (seg}^{-1}\text{)}$ $\Delta t = 650 \mu\text{seg}$		
	Mét. Pierls	Método Cs. Ms.	
	30 Δt	20 Δt	30 Δt
20	143.8 ± 2.2	143.4	134.1
21	140.8 ± 3.2	144.5	133.5
22	138.4 ± 4.1	133.0	134.8

Los resultados de Cs. Ms. que más se acercan a Pierls corresponden al caso de tomar 20 intervalos. Las 10 lecturas adicionales que se toman para el cálculo con 30 intervalos corresponden a la zona más cercana al fondo, que afecta en parte a estos valores. El método de Cs. Ms., a diferencia del de Pierls, pesa por igual a todos estos valores, y de allí las diferencias que muestra Tabla V. De este análisis se concluye -nuevamente- que para determinar α mediante Cs. Ms. es conveniente hacer primero la representación gráfica y escoger para el cálculo solamente aquellos valores que se ubiquen aproximadamente sobre una recta (en escala semilogarítmica) y se hallen suficientemente alejados del fondo.

En Tabla VI se muestran para comparar valores de α obtenidos mediante los 3 métodos: gráfico, Pierls -con el número de intervalos que fija en cada caso el mismo método-, y Cs. Ms. tomando 20 intervalos.

Tabla VI

Exp. N°	Δt (μseg)	α (seg^{-1})		
		Mét. Gráfico	Mét. Pierls	Mét. Cs. Ms.
14	990	111 $\pm$ 6	107.7 $\pm$ 2.9	103.4
15	990	133 $\pm$ 6	134.7 $\pm$ 1.2	133.0
16	990	131 $\pm$ 4	127.6 $\pm$ 1.4	130.4
17	990	127 $\pm$ 4	128.9 $\pm$ 1.4	123.1
18	990	117 $\pm$ 5	118.8 $\pm$ 1.6	116.0
19	990	117 $\pm$ 8	117.5 $\pm$ 1.8	117.8
20	650	146 $\pm$ 9	143.8 $\pm$ 2.2	143.4
21	650	142 $\pm$ 10	140.8 $\pm$ 3.2	144.5
22	650	133 $\pm$ 10	138.4 $\pm$ 4.1	133.0

La obtención de la desviación standard en el método de Cs. Ms. insume tanto o más tiempo que la obtención del valor mismo; como los cálculos se efectuaron manualmente, no se determinaron estos errores. Si se hace la suposición de que estos errores son los mismos que los calculados según método Pierls, se observa en Tabla VI que el método gráfico concuerda con los otros dos, mientras que Pierls y Cs. Ms. también concuerdan entre sí a excepción de la Exp. N° 17. Este hecho alienta a continuar empleando el método Pierls. No obstante es necesario obtener más valores mediante Cs. Ms. para una comparación suficientemente extensa que permita sacar conclusiones.

A excepción de la Exp. N° 22, el procedimiento seguido en las experiencias consistió en hacer actuar conjuntamente a la fuente pulsada de neutrones y contador multicanal, iniciando y de-teniendo simultáneamente ambas operaciones. De esta manera no se cuenta la contribución de neutrones retardados que siguen apareciendo después de interrumpir la fuente. El procedimiento correcto para obtener la distribución de equilibrio (6) es continuar el conteo después de interrumpir a la fuente durante un tiempo largo comparado a la vida media del precursor de menor constante de decaimiento ($\bar{T} \sim 54$ seg). El tiempo en que funciona la fuente solo tiene importancia en la estadística que se obtiene. Con las experiencias Nos. 20, 21 y 22 se intentó comparar el procedimiento correcto con el empleado hasta entonces. La configuración del sistema fue la misma en los tres casos. En 20 y 21 se pulsó durante aproximadamente $13 \frac{1}{2}$ min y $6 \frac{1}{2}$ min respectivamente,

-iniciando y deteniendo simultáneamente fuente y conteo. En Tabla VI se observa que los resultados son esencialmente los mismos, con mejor estadística para el caso de mayor tiempo de pulsado (Exp. N° 20). En la N° 22 se iniciaron simultáneamente pulsado y conteo, pero después de ~ 4 min se detuvo la fuente continuando el conteo por otros ~ 5 min. El resultado difiere de los anteriores, indicando la necesidad de aplicar este método que teóricamente asegura la obtención de la distribución de equilibrio necesaria para medir α .

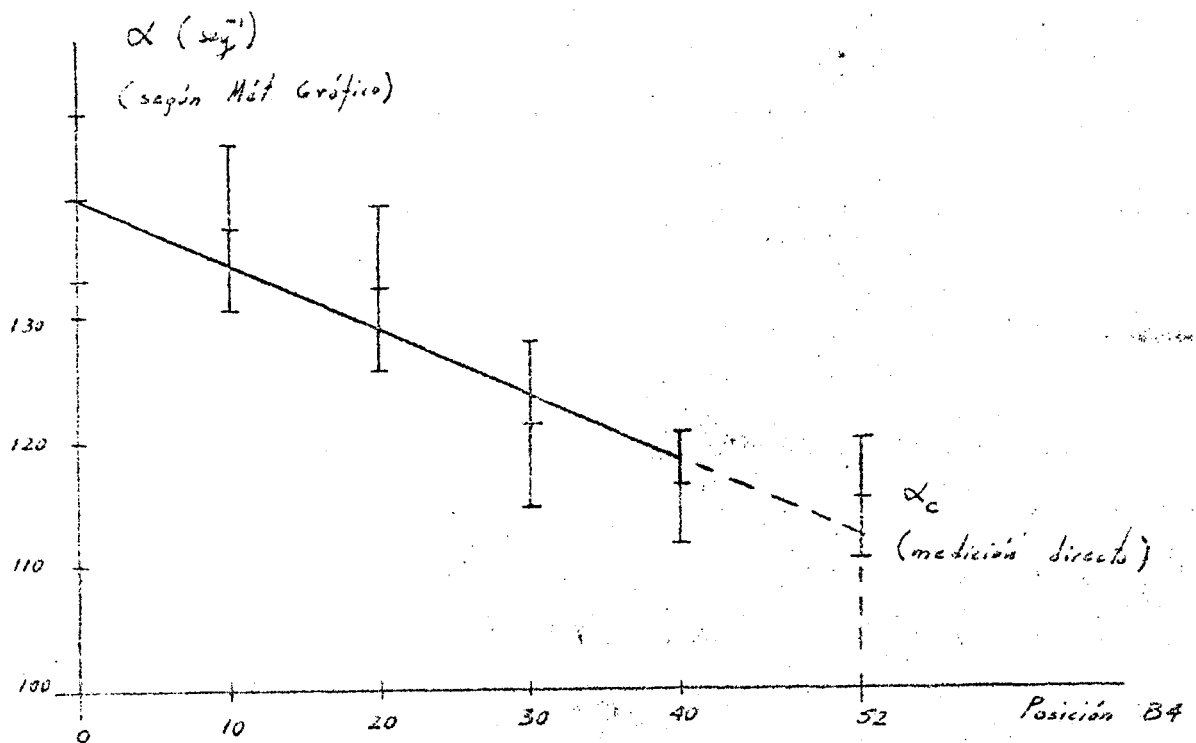
Se efectuaron unos pocos cálculos de la reactividad según el método II (Gozani), cuyos resultados se muestran en Tabla VII junto con los correspondientes según método III simplificado (Garelis, fórmula (v)).

Tabla VII

Barra	α (seg ⁻¹) Mét. Gráf.	Δt (seg)	Corregido mediante sistema f.e.d.	$\beta = \frac{AR}{N_0\alpha}$	β_0
B5	145	320	N ₀	1.20	1.04
B3	135	320	S _i	.41	.52
B4	126	3,300	S _i	.55	.52
B4	140	320	S _i	.47	.41

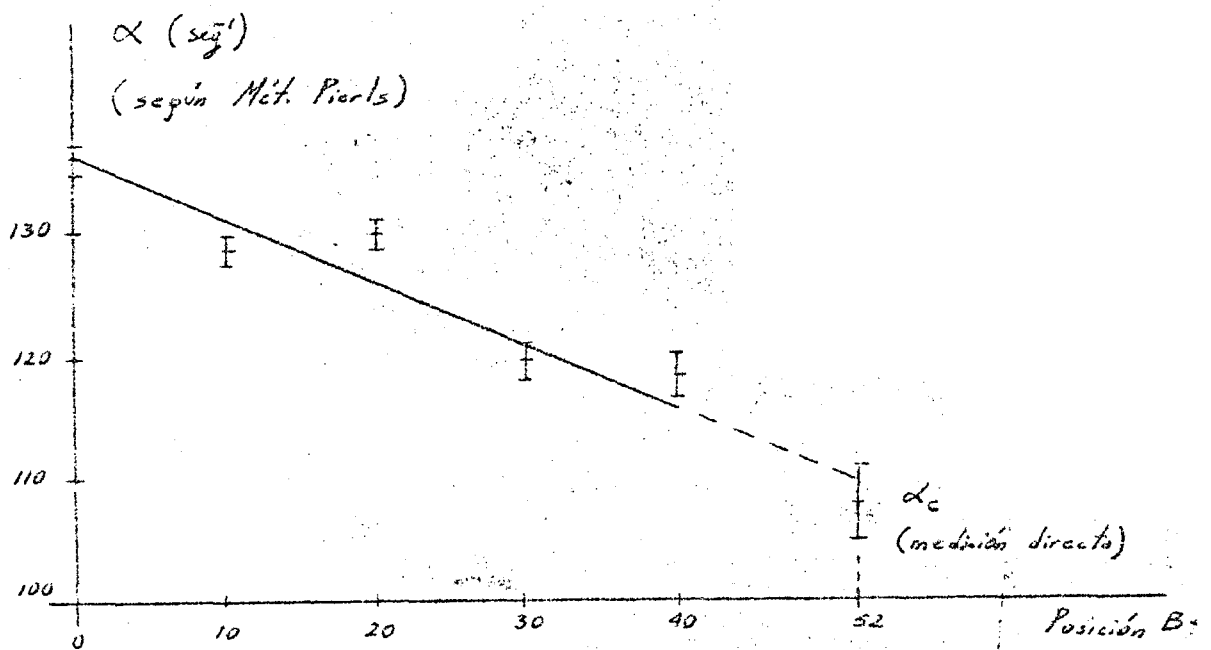
Se observa que ambos métodos concuerdan en general.

Para la aplicación del método I (Simmons-Ming) fué necesario obtener α_c . Esta medición se realizó en forma directa y por extrapolación utilizando la barra B4 en la primitiva configuración del R A 2. Con los valores de α obtenidos gráficamente y $\Delta t = 3,200$ *seg* se obtiene el gráfico de Fig. 3.

Fig. 3

Se observa buena convergencia hacia $\alpha_c \approx 110 \text{ seg}^{-1}$.

Calculando según método Pierls con $\Delta t = 990 \text{ } \mu\text{seg}$ se obtiene el gráfico de Fig. 4.

Fig. 4

En este caso la convergencia no es tan buena, pero aproximadamente resulta el mismo α_c , y concuerda también con la medición directa (Exp. N° 14, Tabla VI).

La Tabla VII da idea de que los resultados obtenidos mediante el método III simplificado deben ser aproximados a los exactos, puesto que concuerdan con los del método II. Para que los valores según método I ($\beta = \frac{\alpha}{\alpha_c} - 1$) se aproximen a los del método III simplificado ($\beta = \frac{AR}{H_0 \alpha}$) es necesario tomar el menor α_c posible. Si se adopta $\alpha_c = 105 \text{ seg}^{-1}$ (Exp. No. 14, Tabla IV) se obtienen los resultados de Tabla VIII.

Tabla VIII

Barras	$\alpha \text{ (seg}^{-1}\text{)}$ Mét. Gráfico	$\beta = \frac{AR}{H_0 \alpha}$	$\beta = \frac{\alpha}{\alpha_c} - 1$ $\alpha_c = 105 \text{ seg}^{-1}$
B1	140	.40	.33
B2	135	.59	.29
B3	135	.52	.29
B4	140	.47	.33
B5	161	.80	.53
B2+B4	175	.98	.67
B2+B4+B5	213	1.72	1.01
Todos	263	2.50	1.50

Se observa que las reactividades resultan bastante menores según método I. Se intentó medir nuevamente α_c por interpolación utilizando la B5. En Fig. 5 se muestra el gráfico obtenido aplicando método Pierls y $\Delta t = 650 \text{ } \mu\text{seg.}$

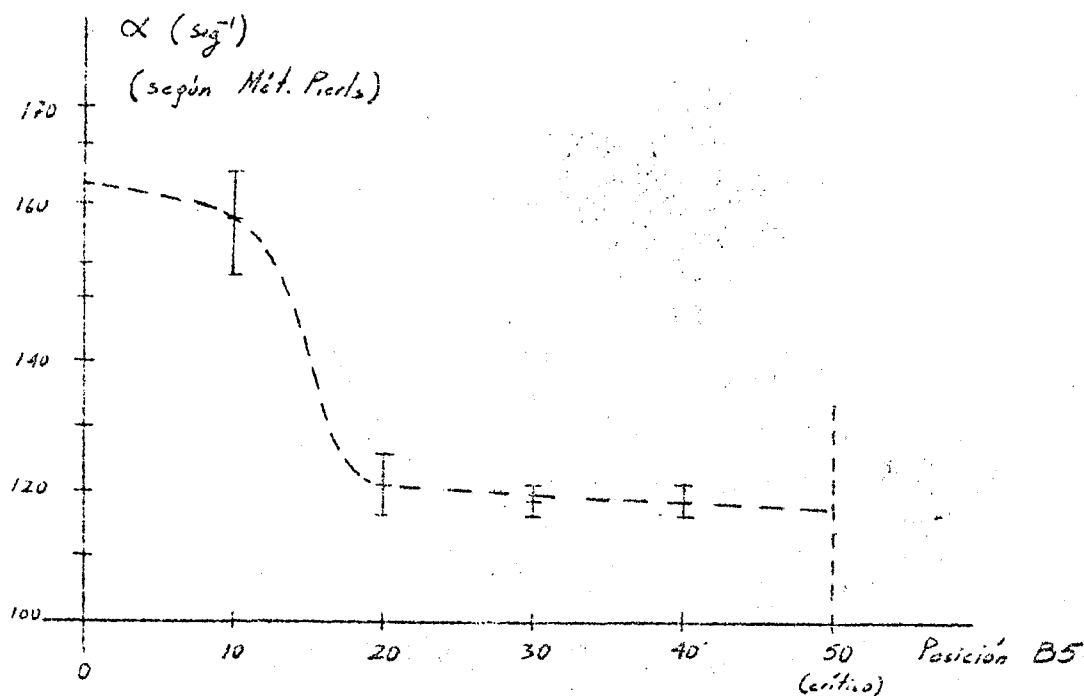


Fig. 5

No se exhibe comportamiento lineal en la primera parte de la barra, y la convergencia se produce para $\alpha_c \approx 117 \text{ seg}^{-1}$, lo que disminuiría aún más los valores de las reactividades. La medición directa de α_c no se realizó para este caso, dado que se produjo una interrupción en el funcionamiento del R A 2 ("scram"), y suspendidas las experiencias por ese día, no fué posible repetirlas después dado que se varió la configuración del sistema y con ella el α_c .

Ateniéndose a los valores obtenidos por este método, se concluye que para la primitiva configuración del R A 2 las reactividades de las barras de control eran pequeñas, del orden de .5 β para la B5 é inferiores para las demás.

Con el R A 2 modificado respecto a las experiencias anteriores se midió α_c en forma directa y por extrapolación utilizando la barra B5, obteniéndose el gráfico de Fig. 6.

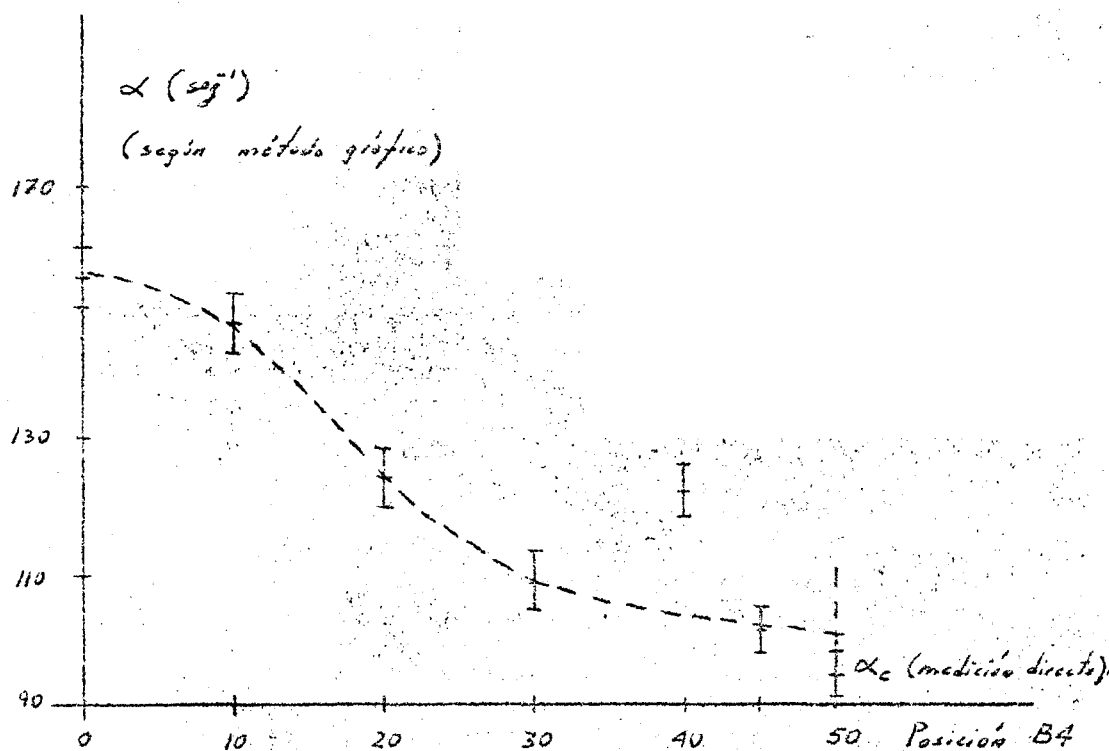


Fig. 6

Nuevamente no se exhibe comportamiento lineal en la primera parte de la curva, y la convergencia se produce para un valor de α_c ligeramente superior al medido directamente.

En Tabla IX se dan los valores de α para las barras B3 y B4 y las reactividades correspondientes según método I con $\alpha_c = 95 \text{ seg}^{-1}$.

Tabla IX

Barra	α (seg ⁻¹)	$\beta = \frac{\alpha}{\alpha_0} - 1$ $\alpha_0 = 95 \text{ seg}^{-1}$
	Met. Gráfico	
B3	130 ± 4	.37
B4	200 ± 10	1.10
B4 a/ 50%	156 ± 4	.64

Comparando con Tabla VIII se comprueba que la reactividad de la barra B4 es considerablemente superior en este caso. No fué posible realizar más determinaciones con esta configuración del R A 2 pues éste sufrió nuevas modificaciones.

La variación de la relación entre el máximo número de neutrones instantáneos y el fondo ($N_{p_{máx}}/F$) con la frecuencia de pulsado (R) se muestra en Tabla X para dos situaciones cercanas a criticidad.

Tabla X

Posición B4	$N_{p_{máx}}/F$	
	$R = 1.9 \text{ seg}^{-1}$	$R = 9.2 \text{ seg}^{-1}$
50 (crítico)	2.5	—
45	6.4	.6
40	15.2	1.7

CONCLUSIONES

Las 40 experiencias realizadas han permitido adquirir el conocimiento necesario en el manejo del equipo y aplicación de los distintos métodos de medición de reactividades como para encarar el futuro trabajo con perspectivas de lograr buenos resultados a corto plazo.

La labor de los próximos 2 meses consistirá en medir las reactividades de las barras de control en la actual configuración del R A 2 aplicando los 4 métodos indicados al comienzo.

Con respecto al procedimiento a seguir en las experiencias, para obtener buenas estadísticas -y aplicar un cálculo simplificado en el método II-, se pulsará durante ~ 10 min en cada caso, continuando el conteo hasta que el nivel del flujo de neutrones descienda al valor inicial en los registradores de la consola del R A 2, lo que demandará $\sim 5 - 6$ min para reactividades grandes ($\geq 1 \%$) y un tiempo mayor para valores menores. Se asegurará así la obtención del pulso de equilibrio, fundamental en estas mediciones. Las experiencias deberán repetirse variando la posición detector-fuente pulsada para asegurar que se mide el decaimiento fundamental puro.

La frecuencia de pulsado será $R \sim 10 \text{ seg}^{-1}$ para la mayoría de los casos, pero es conveniente que sea menor para los estados cercanos al crítico -donde es suficiente que $R \geq 1 \text{ seg}^{-1}$ - a fin de mejorar la estadística (ver Tabla X).

Como ancho del canal de observación se tomará $\Delta t = 640 \mu\text{seg}$, que asegura un error sistemático $\leq .2 \%$ en el cálculo de α según método Pierls.

La obtención de los α^z insume la mayor parte del tiempo dedicado a las experiencias. El procedimiento seguido hasta ahora consistió en tomar manualmente las lecturas del multicanal para después corregirlas mediante sustracción del fondo y calcular los α^z por los métodos gráfico, Pierls y Cs. Ms., efectuando también manualmente los cálculos. Para agilizar la obtención de resultados será conveniente contar en forma casi permanente con un calculista y al menos 2 máquinas calculadoras. Antes de encarar cualquier cálculo analítico de los α^z deberán representarse gráficamente las lecturas corregidas y escogerse la zona adecuada para aplicar el/los método (s). Será necesario determinar un mayor número de α^z según ambos métodos analíticos para dilucidar por simple comparación si el método Pierls puede ser aplicado con confianza.

Se ha de evaluar si el tiempo que demanda la obtención de los α^z puede disminuirse registrando directamente las lecturas en la unidad impresora con que cuenta el multicanal y procesando estos datos mediante computadora. Es decir, habrá que estudiar la conveniencia, frente al procedimiento utilizado hasta ahora ó una modificación del mismo, de redactar los programas correspondientes, traducir los datos al sistema de la computadora accesible en estos momentos (que utiliza tarjetas en lugar de cin-

-tas), y demás problemas inherentes (demoras por espera de turno, traslado de datos, etc).

Independientemente del sistema que se adopte para la obtención de las constantes de decaimiento, habrá que redactar el programa para computadora correspondiente al cálculo según el método III (Garelis—Russell), que sólo se aplicó hasta ahora en su versión simplificada.

Referencia Bibliográfica

- 1.- Simmons, B.E. and King, J.S., Nucl. Sci. Eng. 3 (1958) 595.-
- 2.- Cozani, F. et al., Pulsed Neutron Research, IAEA, II (1965) 49.-
- 3.- Carelis, E. and Russell, Jr., J.L., Nucl. Sci. Eng. 16 (1963) 263.-
- 4.- Mean-life determination by Pierls's Method, en "The Atomic Nucleus", Evans, R.D., Mc Graw-Hill (1955) 812.-
- 5.- Scott, S.A., Pulsed Neutron Research, IAEA, II (1965) 63.-
- 6.- Carelis, E., Nucl Sci. Eng. 15 (1964) 242.-