

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 3	AÑO 1969

02.69.14

EN-13/25

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

GERENCIA DE ENERGIA

DEPARTAMENTO DE RADIOISOTOPOS

DIVISION DESARROLLO Y PRODUCTOS ESPECIALES

DETERMINACIONES DEL FLUJO DE NEUTRONES
EN EL REACTOR RA-3

por

ALFREDO KARPELES

Buenos Aires

Octubre 1969

EN-13/25

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
GERENCIA DE ENERGIA
DEPARTAMENTO DE RADIOISOTOPOS
DIVISION DESARROLLO Y PRODUCTOS ESPECIALES

DETERMINACIONES DEL FLUJO DE NEUTRONES
EN EL REACTOR RA-3

por

ALFREDO KARPELES

Buenos Aires

Octubre 1969

INTRODUCCION

El reactor RA-3 opera regularmente desde fines de 1968. Su función específica es la producción rutinaria de radioisótopos; en consecuencia, fue necesario determinar previamente el flujo de neutrones en distintas posiciones de irradiación en el tanque, tubo neumático y en la facilidad central de la columna térmica.

Se utilizó el método de activación de sondas. Las determinaciones se efectuaron manteniendo la potencia del reactor en 2 MW y la configuración del núcleo constante (Fig. 1).

Se ha determinado que en reactores del tipo piscina, (swimming pool), moderados y refrigerados por H₂O el flujo de neutrones térmicos y epitérmicos decrece aproximadamente una potencia de 10 por cada 10 centímetros de distancia al núcleo⁽¹⁾. Por este motivo, se han realizado mediciones solo en algunas posiciones contiguas al reflector y en la columna térmica.

ACTIVACION DE SONDAS DE ORO

Para determinar el flujo total y la relación de cadmio, se han efectuado activaciones de folias de oro y de folias de oro enfundadas en cadmio (Fig. 2).

En reactores similares⁽¹⁾, se ha determinado la variación de la relación de cadmio f_{Cd} en función del espesor del mismo, observándose que ésta tiende a saturación, cuando el espesor de la cobertura de cadmio es del orden de los 2 milímetros (Fig. 3); en consecuencia, se han preparado sobre de cadmio cuyo espesor era de 2 milímetros.

Todas las activaciones se han hecho irradiando las muestras en cápsulas de aluminio (espesor de pared 1 mm).

Las cápsulas, previamente decapadas con soluciones diluidas de HNO₃ y NaOH, se sellaron por soldadura fría, aplicando una presión de aproximadamente 10 atmósferas. Pruebas de estanqueidad, utilizando helio, demostraron su hermeticidad.

Las sondas eran folias de oro cuadradas, de 25 mm² de superficie y 10 micrones de espesor.

Las actividades obtenidas fueron medidas en una cámara de ionización, modelo TCS-100, marca TECNIATOMIC, calibrada con patrones adecuados. El error de cada medición era ± 20 %.

En cada posición medida se determinó el flujo total (sondas sin recubrir) y el flujo epitérmico y rápido (sondas enfundadas en cadmio); para cada posición de irradiación se hicieron varias determinaciones a distintas alturas según el eje vertical (se supone que el flujo es isotrópico).

CONSIDERACIONES DE CALCULO

La sección eficaz de captura del Au-197 ($\sigma_c = 98,8$ b) es elevada; sin embargo, para el flujo del RA-3 y para los tiempos de irradiación utilizados (≤ 6 horas), se puede considerar que el número de núcleos del blanco permanece constante durante la irradiación.

$$N_t/N_0 = \exp(-\phi\sigma_c t) = \exp(-10^{13} \cdot 98,8 \cdot 10^{-24} \cdot 2,16 \cdot 10^4) > 0,999$$

Donde N_0 es el número de núcleos presentes en el blanco antes de la irradiación y N_t el número de núcleos después de un tiempo de irradiación t (en este caso 6 horas), siendo la vida media de un blanco de oro en este reactor de varios años.

$$\theta_{1/2} = \frac{\ln 2}{\sigma_c \cdot \phi} = \frac{0,693}{98,8 \cdot 10^{-24} \cdot 10^{13}} = 7 \cdot 10^8 \text{ segundos } (\approx 3 \text{ años})$$

El semiespesor de una folia de oro, considerando la sección eficaz de absorción, es mayor que 1 milímetro.

$$d_{1/2} = \ln 2 / \Sigma = \ln 2 \cdot \rho A t / w \cdot \sigma_c \cdot N_A v = 0,11 \text{ cm} = 1.100 \mu\text{m}$$

Dada la elevada sección eficaz del Au-198, ($\sigma_c = 25.800$ barn) se ha calculado la conversión a Au-199, utilizando las fórmulas propuestas por Sorantin⁽²⁾, considerando una irradiación de 6 horas y un flujo de neutrones de 10^{13} n/cm²seg. Del cálculo surge que la conversión de Au-198 por captura neutrónica a Au-199 no influye en forma apreciable en las mediciones de actividad efectuadas pues la relación

$$N_{\text{Au-199}} : N_{\text{Au-198}} \leq 0,2 \%$$

Además se supuso que la absorción de neutrones epitérmicos y rápidos en el cadmio era despreciable y que las sondas utilizadas eran lo suficientemente finas como para despreciar la variación del flujo en ellas (factor de autoapantallamiento $G = 0,985$), es decir, que el flujo en el interior de la folia se consideraba igual al que habría en esa posición, de no haber material absorbente en ella ⁽³⁾.

Tampoco se tuvo en cuenta el factor de autoabsorción de las folias, al medir la actividad en la cámara de ionización.

PARTE EXPERIMENTAL

La secuencia temporal de los experimentos fue la siguiente: estabilizado el reactor en 2 MW, se bajaba la potencia lentamente hasta 150-200 kW, se introducía la caja de muestras en el tanque y se ubicaba rápidamente en la posición

prevista, se levantaba potencia nuevamente y se la mantenía en 2 MW; se bajaba potencia y se extraía la caja de muestras; al día siguiente se abrían las cápsulas y se medía la actividad de las sondas.

El error en el tiempo de irradiación se trató de mantener menor al 2% para ello se irradiaba siempre 100 veces más tiempo que el necesitado en ubicar la muestra y volver a levantar potencia.

En la tabla 1 se presentan los valores de flujo y realación de cadmio obtenidos, que se grafican en la figura 4. La ecuación utilizada para el cálculo fue:

$$\phi_T = k \cdot \frac{(\Lambda_0)_{\text{Au-198}}}{w \cdot [1 - \exp(-\ln 2 \cdot t_1 / T_{1/2})]}$$

Si la actividad se expresa en [mCi] y el peso de la fo-
lia de oro en [mg] , la constante k será igual a $1,044 \cdot 10^{-11}$
neutrones/segundo, considerando el período de semidesintegra-
ción del Au-198 = 2,70 días.

BIBLIOGRAFIA

- (1) K. Krishnamurty, AEET/Isotopes/12,1966
- (2) H. Sorantin, Monatshefte für Chemie, 96:6,1754/65,1965
- (3) W. Pönitz, KFK-180,1963

TABLA I

Posición y altura #	$\phi \sigma \cdot 10^{-10}$	$\phi \sigma \cdot 10^{-10}$ bajo C_d	relación de $C_d = f_{C_d}$	ϕ total $\times 10^{13}$	ϕ térmico $\times 10^{13}$
A-5-2	8,86	1,46	6,1	0,87	0,73
A-5-5	8,38	1,89	4,4	0,83	0,79
A-5-7	6,27	1,37	4,5	0,62	0,49
C-3-2	19,02	6,50	2,9	1,88	1,24
C-3-4	24,08	10,22	2,4	2,39	1,38
C-3-7	18,34	4,38	3,9	1,81	1,36
D-8-2	6,89	1,94	3,6	0,68	0,49
D-8-4	7,69	2,55	3,1	0,76	0,51
D-8-7	5,00	2,64	3,8	0,49	0,23
Tubo neumát. "A"	9,84	1,41	6,9	0,99	0,85
Colum. térmica	$8,7 \cdot 10^4$	-	-	$\phi =$ $10^6 - 10^7$	$\phi =$ $10^6 - 10^7$

En esta columna se indica la posición de la caja de irradiación en la grilla del núcleo, estando la posición de la muestra dentro de ella indicada por el último número (existen 8 platos para colocar muestras, con capacidad de dos muestras por plato; éstos se numeran desde abajo hacia arriba).

APENDICE

Con posterioridad a las mediciones de flujo se han determinado los factores de producción $(\phi \sigma)_T$ para I-131 y para Na-24 respectivamente, irradiando telurio metálico de composición isotópica natural y chapitas de aluminio de alta pureza.

Los valores obtenidos se presentan en la TABLA II.

Las calibraciones de I-131 se realizaron por medición γ contra patrones calibrados, aproximadamente 10 días después del fin de la irradiación. El Na-24 se calibraba por medición en la cámara de ionización antes mencionada.

TABLA II

Reacción	Posición	$(\phi \sigma)_T$
$^{27}\text{Al} (n, \alpha) ^{24}\text{Na}$ Umbral = 3,3 MeV	C-3-3 C-4-4	$1,7 \cdot 10^{-15}$ $3,2 \cdot 10^{-15}$
$^{130}\text{Te} (n, \gamma) ^{131,131m}\text{Te}$ y posterior desintegración beta $^{131,131m}\text{Te} \xrightarrow{\beta^-} ^{131}\text{I}$	A-5-3 A-5-5 A-5-7 E-8-3 E-8-5 E-8-7 C-3-3 C-3-6	$2,1 \cdot 10^{-12}$ $2,6 \cdot 10^{-12}$ $1,6 \cdot 10^{-12}$ $2,0 \cdot 10^{-12}$ $3,9 \cdot 10^{-12}$ $2,0 \cdot 10^{-12}$ $1,3 \cdot 10^{-13}$ $8,9 \cdot 10^{-12}$

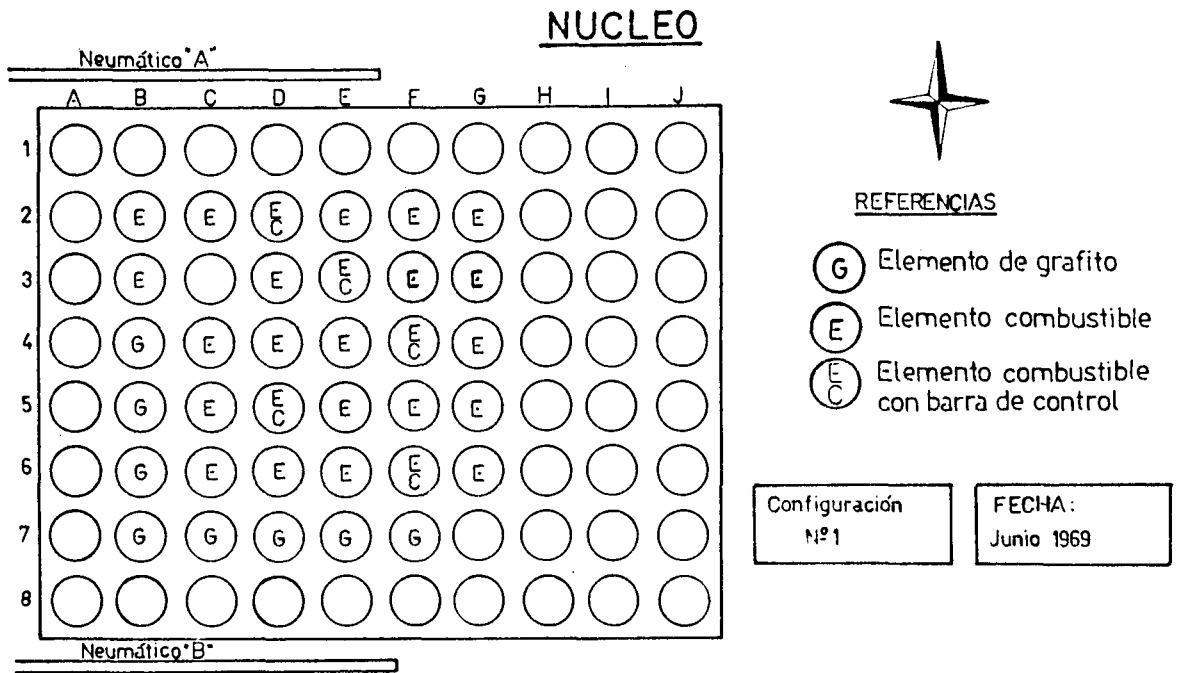


FIGURA 1 : Configuración del núcleo del reactor RA-3

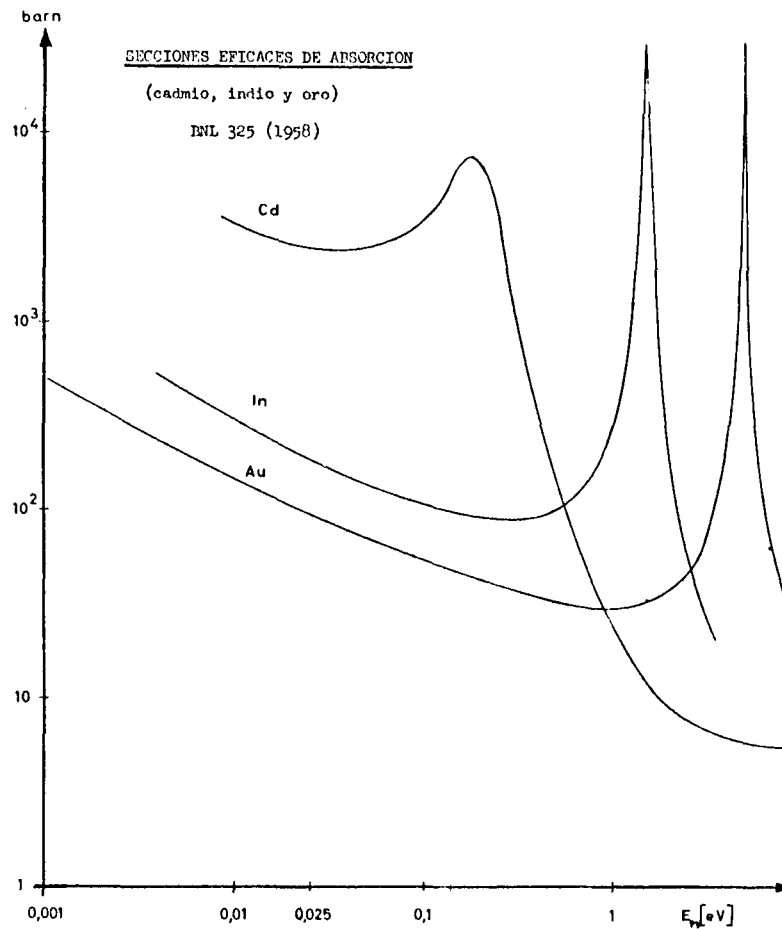


FIGURA 2 : Secciones eficaces

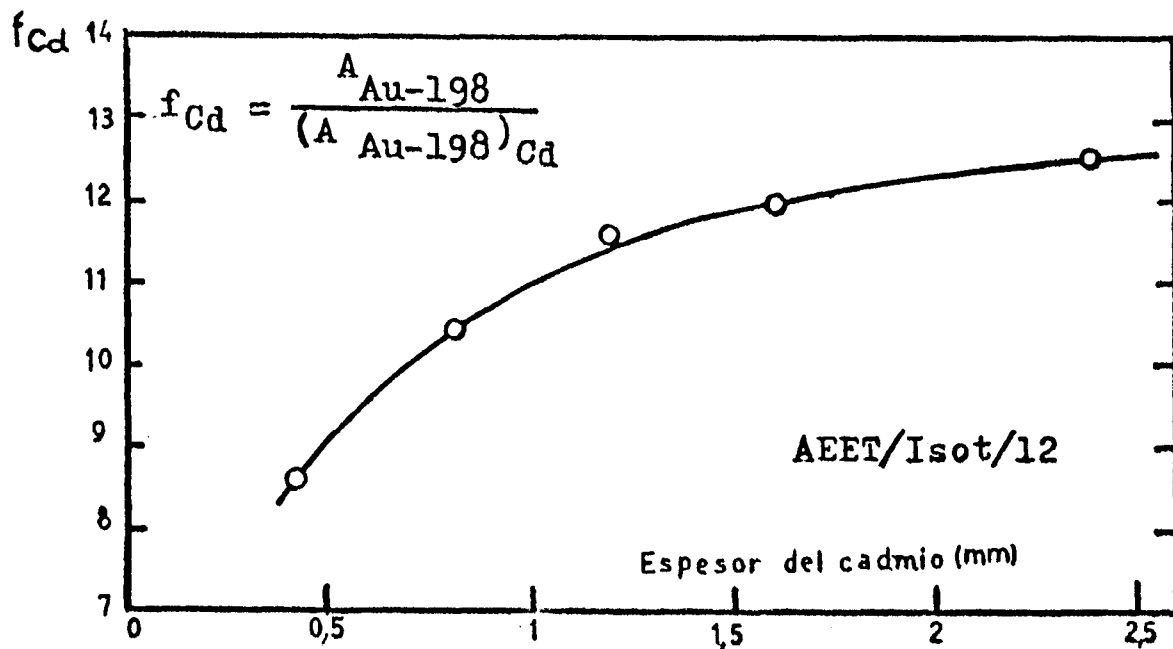


FIGURA 3 : Variación de la relación de cadmio en función del espesor

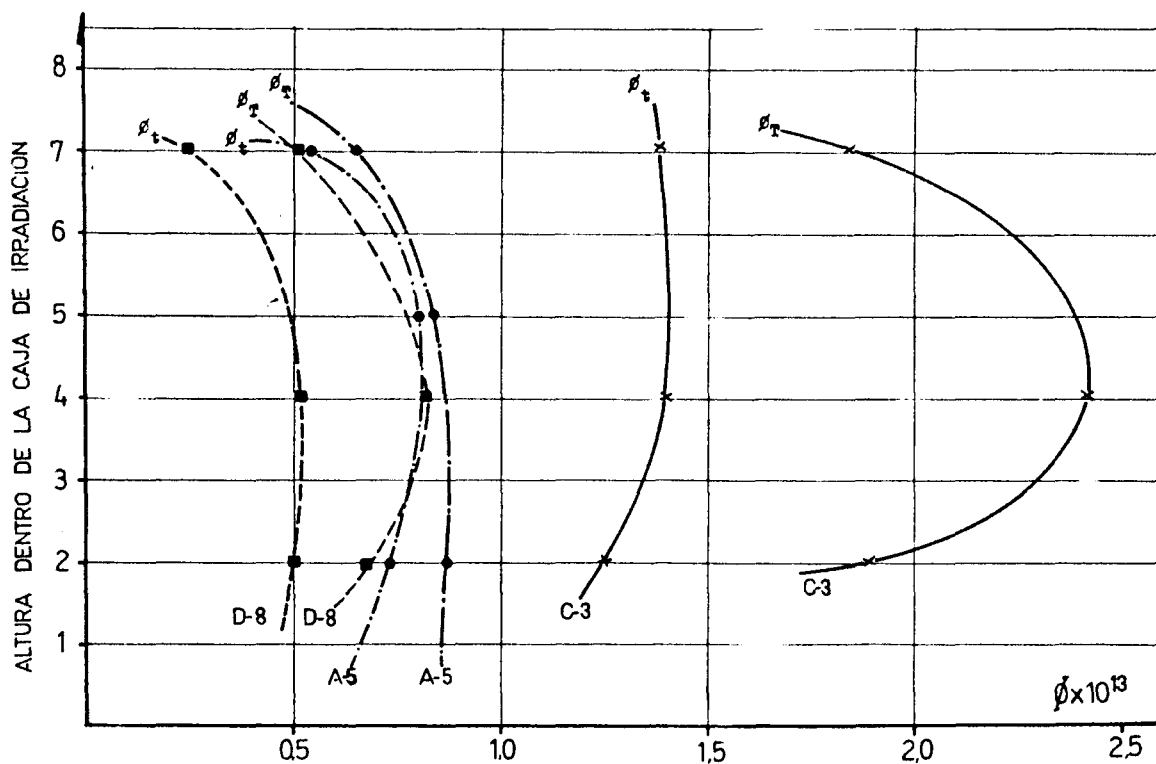


FIGURA 4 : Curvas de distribución de flujo térmico y rápido para distintas posiciones de irradiación.

ϕ_T : flujo total ϕ_t : flujo térmico