

Moderación de neutrones térmicos con polietileno y parafina

Claudia Aparicio⁽¹⁾ caparicio@scientist.com; Héctor Miranda⁽¹⁾ hmc Miranda@hotmail.com;
José Gómez⁽¹⁾ jigb76@yahoo.com; Gerardo Lázaro⁽¹⁾ glazaro@ipen.gob.pe

(1) IPEN, Cálculo Análisis y Seguridad (CASE), Av. Canadá 1470, Lima 41, Perú

Resumen

Se presenta el uso de los detectores de estado sólido CR-39 para determinar las distribuciones de flujos neutrónicos térmicos, en fuentes de neutrones mediante la reacción nuclear (n,p). Se realizaron mediciones de flujo térmico en una fuente de Am-Be con moderadores de polietileno y parafina, las huellas nucleares producidas en el CR-39 fueron observadas mediante un microscopio óptico de aumento 160X con NaOH 6.25 N, 70° C y 6 horas. Se obtuvo como resultado los perfiles de flujo y que el mejor moderador para ésta fuente es el polietileno.

1. Introducción

En la actualidad, el CR-39 es usado para la detección de neutrones desde térmicos hasta rápidos[1] y recientemente aplicado para la detección de radón, es usado en Europa y parte de América. En reactores y fuentes de neutrones portátiles se emplea, para la medición de flujos neutrónicos se cuenta con la técnica de monitores activables (indio, oro) por activación neutrónica. Esta técnica es bastante eficiente para altos flujos neutrónicos, pero al disminuir éstos es muy difícil obtener valores confiables; dada esta dificultad se utiliza la técnica de huellas nucleares con CR-39 para la medición de flujo neutrónico en la posición en la que éste es bajo.

El principio de detección de neutrones utilizando el CR-39 una reacción nuclear, en este caso $^{14}\text{N}(n,p)^{14}\text{C}$ [2]. Las trazas producidas en el detector se forman debido a la ruptura de los enlaces del polímero por acción de los protones, el daño producido depende de la energía del protón incidente [3].

2. Método Experimental

La fuente de neutrones Am-Be (intensidad $1.1 \times 10^7 \text{ s}^{-1}$, actividad 5 Ci) se moderó según dos configuraciones; una con parafina de espesor constante y la otra con polietileno de espesor variable. En cada una de ellas se midió flujo de neutrones térmicos con los detectores polímeros CR-39 (Fig. 1).

2.1 Configuración del detector CR-39

La configuración del detector CR-39 (500 μm , 1 cm^2), es como se muestra en la figura

2. El espesor de aire es donde se llevan a cabo las reacciones (n,p), y el aluminio para evitar huellas procedentes de partículas alfa del ambiente o excesivo ruido de fondo.

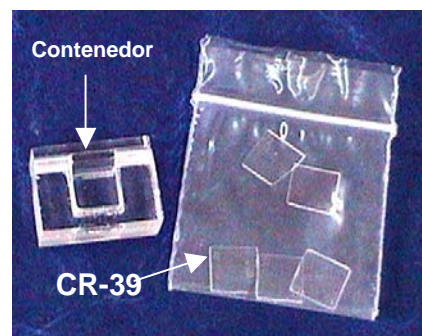


Figura 1. Fotografía del CR-39 y su contenedor de acrílico.

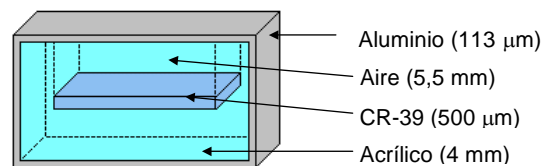


Figura 2. Esquema de la configuración del detector.

2.2 Medición de flujo de neutrones térmico con espesor de parafina constante

La fuente de neutrones fue puesta dentro de un blindaje cilíndrico de parafina (moderador); los detectores CR-39 se dispusieron tal como se aprecia en la figura 3, a diferentes distancias desde la superficie de la fuente de neutrones (32 cm, 52 cm, 72

cm, 92 cm y 112 cm) de tal manera que su cara frontal este perpendicular a la superficie del moderador. El tiempo de irradiación fue de 117 horas.

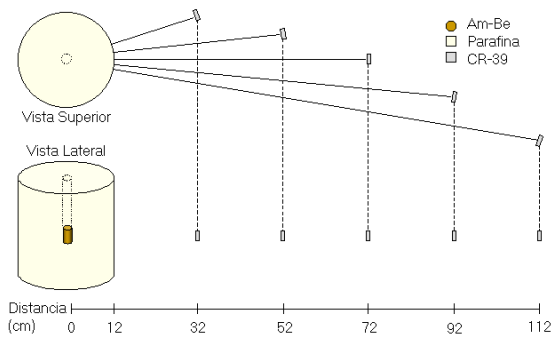


Figura 3. Ubicación de los detectores CR-39 alrededor de la fuente de neutrones.

2.3 Medición de flujo de neutrones térmicos con espesor de polietileno variable

Se utilizaron bloques de polietileno de alta densidad de diferentes espesores (6, 8, 10, 12, 14 y 16 centímetros). El arreglo experimental empleado se muestra en la figura 4. El tiempo de irradiación fue de 2 horas.

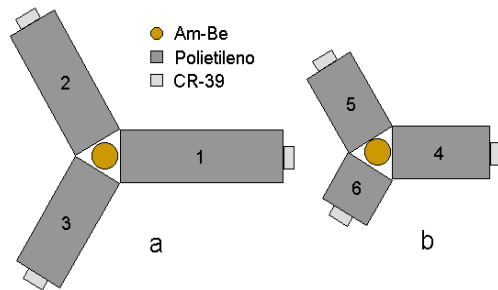


Figura 4. Ubicación del CR-39 y los bloques de polietileno alrededor de la fuente de neutrones. a) 1: 16 cm, 2: 14 cm, 3: 12 cm; b) 4: 10 cm, 5: 8 cm, 6: 6 cm.

2.4 Tratamiento post-irradiación de los detectores CR-39

El revelado de los detectores CR-39 se llevó a cabo utilizando un procedimiento químico, para ello se utilizó una solución de NaOH 6.25 N a una temperatura de 70°C, en ésta se introdujeron los detectores CR-39 por espacio de 6 h. Al terminar el revelado químico se procedió al conteo de las trazas, se utilizó para ello un microscopio óptico Carl Zeiss a 160X (Fig. 5).

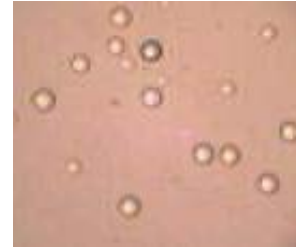


Figura 5. Vista de las huellas nucleares producidas por protones a 400X.

3. Resultados

Las distribuciones de flujos térmicos, para ambas configuraciones, el ajuste y extrapolación de los datos experimentales se muestran en la figura 6. El gráfico realizado en escala logarítmica muestra dos rectas, lo que indica que existe decrecimiento exponencial; las rectas de diferentes pendientes indican el grado de moderación de neutrones, en este caso al extrapolar ambas rectas de ajuste se nota claramente que para distancias mayores a 40 cm el polietileno presenta flujos neutrónicos térmicos menores que la parafina, lo que lo hace un mejor moderador.

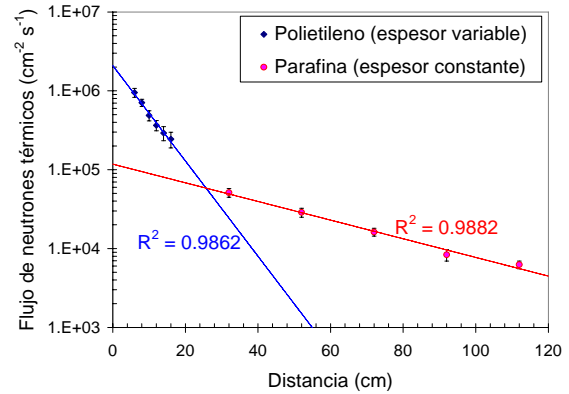


Figura 6. Comparación de perfiles de flujos térmicos con polietileno y parafina.

4. Discusión

En los flujos térmicos hallados los errores porcentuales para ambas configuraciones son alrededor de 12% y 15% en promedio, esto se debe a los diferentes tiempos de irradiación para cada configuración de moderador (parafina: 117h, polietileno: 2h). La diferencia de estos tiempos es porque los detectores están a diferentes distancias, mientras más lejos esté de la fuente el tiempo de irradiación debe ser mayor para

compensar la cantidad de huellas nucleares producidas, de otro modo las huellas para distancias mayores a 50 cm podrían confundirse con radiación de fondo.

El mayor poder de moderación del polietileno se debe a que presenta un mayor porcentaje de hidrógeno que la parafina (polietileno: 0.57% H, parafina: 0.13% H), otra ventaja es su fácil maquinabilidad y mayor resistencia.

5. Conclusiones

La mayor pendiente de la recta obtenida para polietileno permite concluir que el polietileno es un moderador más eficiente que la parafina para fuentes de neutrones como el Am-Be. Por lo que es recomendable utilizar polietileno como blindaje para fuentes de neutrones y salida de haces de neutrones.

Bibliografía

1. A. Fietchner, C. Wernli. Radiat. Prot. Dosim. 85(1–4) (1999) p.35.
2. T. Bouassoule. Contribución a la dosimetría de neutrones por detectores sólidos de trazas. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona. Bellaterra, 1998.
3. S. Durrani, R. Bull. Solid State Nuclear Track Detection: Principles, Methods and Applications. Ed. Pergamon Press. Oxford, 1987.