

# PRIMERAS PRUEBAS REALIZADAS A UN DOSIMETRO PERSONAL DE NEUTRONES BASADO EN DETECTORES SOLIDOS DE TRAZAS NUCLEARES



MX0100337

M.E. Camacho, L. Tavera y M. Balcázar,  
Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares  
Apdo. Postal 18-1027, México D.F. 11801, México.

## 1. INTRODUCCION

Debido al incremento en el uso de la radiación neutrónica se diseñó y construyó un dosímetro personal de neutrones basado en detectores sólidos de trazas nucleares (DSTN). Entre las principales características que requiere un dosímetro personal es que sea ligero además que su forma y dimensiones sean fáciles de portar y que no se active al irradiarlo. Los detectores plásticos de trazas son materiales ligeros y se pueden fabricar de diversos tamaños, no se activan al irradiarlos y no requieren electrónica asociada durante la medición, todo esto les permite ser utilizados como dosímetros personales. En este trabajo se presentan las primeras pruebas realizadas al dosímetro.

## 2. DESARROLLO

El diseño del dosímetro personal consta de 3 arreglos. El primero consiste de un detector plástico de trazas nucleares (LR115 o CR39) en contacto con una pastilla de LiF, para registrar en el detector las partículas resultado de las reacciones nucleares inducidas por neutrones en la pastilla. Las pastillas de LiF son sinterizadas para evitar que se rompan por algún posible impacto mecánico. El segundo arreglo es el mismo arreglo anterior, pero colocado en medio de dos pastillas de cadmio con objeto de eliminar la componente térmica, mediante la gran sección de absorción de neutrones térmicos. El tercer arreglo consta del detector solo sin convertidor ni absorbedor de neutrones. Los tres arreglos se colocan en un portadetector de plástico cerrado herméticamente para evitar el fondo producido por radón ambiental, al cual ambos detectores LR115 y CR39 son sensibles.

Para diseñar el dosímetro y sus componentes se realizaron diversos estudios. Uno de ellos fue encontrar las condiciones óptimas de sinterizado de las pastillas de LiF para tener máxima resistencia mecánica además de una buena producción de partículas alfa<sup>(1)</sup>. Para medir la resistencia mecánica de las pastillas se realizaron pruebas de compresión en el Departamento de Tecnología de Materiales del ININ y para determinar la mayor eficiencia de detección en cada pastilla, estas se irradiaron en contacto con detectores LR115 en el Reactor Triga Mark III del ININ. La máxima resistencia mecánica se obtuvo cuando las pastillas se sinterizan a una temperatura entre 600 y 700°C y la máxima eficiencia de detección se encontró en pastillas compactadas con una presión de 11 T y sinterizadas a 650°C durante 1 hora.

Para encontrar el DSTN mas apropiado se consideraron dos tipos de detectores y se calcularon las eficiencias de detección de cada uno en base a propiedades básicas nucleares<sup>(2)</sup>. Los detectores estudiados fueron: un nitrato de celulosa llamado LR115 cuya fórmula es  $(C_6H_8O_9N_2)_n$  y un policarbonato llamado CR39 cuya fórmula es  $(C_{12}H_{18}O_7)_n$ .

Para este estudio se ensamblaron dosímetros con LR115 y con CR39 y se irradiaron a diferentes distancias fuente-detector en la sala de neutrones del Laboratorio Secundario de Metrología de Radiaciones Ionizantes del ININ, con una fuente de Am-Be en medio de una esfera de parafina, la fuente tenía un flujo de  $7.391 \times 10^6$  n/s  $\pm$  6% en  $4\pi$ . En las figuras 1 y 2 se presenta la respuesta del detector LR115 y del CR39 respectivamente al irradiarlos a diferentes distancias fuente-detector.

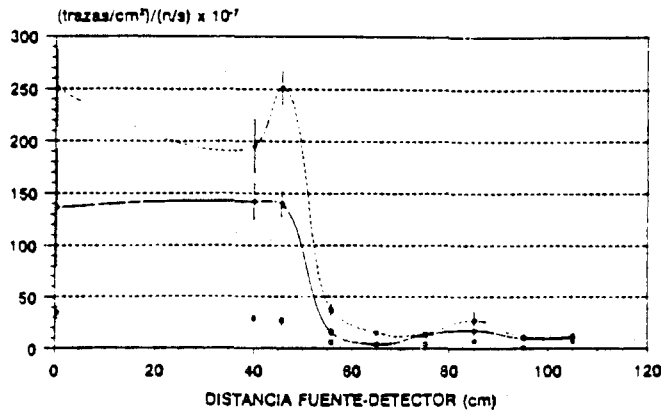


Figura 1. Número de trazas leídas automáticamente en el detector LR115 al irradiarlo a diferentes distancias de la fuente. La curva superior corresponde a LIF, la central a LiF+Cd y la inferior al detector solo.

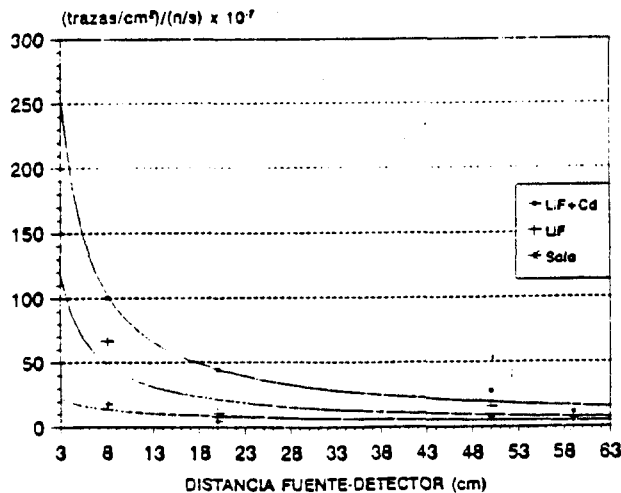


Figura 2. Número de trazas grabadas electroquímicamente en el detector CR39 al irradiarlo a diferentes distancias de la fuente.

Los procesos de revelado de los detectores LR115 y CR39 después de ser irradiados son diferentes. En el caso del LR115, este se graba químicamente y el número de trazas se evalúa utilizando un contador de chispa, este contador evalúa detectores con espesores menores a 8.5 micras. El CR39 tiene un espesor de 300 micras, su revelado se realiza mediante la técnica de grabado electroquímico y el número de trazas se evalúa con un Analizador de Imágenes.

Para utilizar el analizador de imágenes fue necesario calibrarlo para la medición de daños en DSTN<sup>(3)</sup>, esta calibración consistió en realizar mediciones de una muestra patrón para compararlos con datos ya conocidos de la muestra. La muestra patrón es un DSTN que ha sido irradiado, grabado electroquímicamente y evaluado en la densidad de daños y en la dimensiones de estos por un medio óptico<sup>(4)</sup>. En este caso se utilizó como muestra patrón un plástico CR39 de 300 micras de espesor, irradiado con partículas alfa monoenergéticas con 10 energías provenientes de una fuente de <sup>241</sup>Am, las energías menores a 5.5 MeV se obtuvieron por degradación, interponiendo plásticos delgados al haz de partículas alfa.

La evaluación de la muestra patrón se realizó por dos métodos diferentes. El primero determinando ópticamente en un microscopio la densidad de daños en el detector y midiendo el diámetro de los daños con un micrómetro acoplado al microscopio. El segundo se realizó con un analizador de imágenes Leitz Taz-Plus mediante un programa la muestra fue mapeada automáticamente obteniendo la densidad de trazas y el diámetro promedio para cada una de las diez energías.

Para calibrar el analizador de imágenes LECO 2001, la muestra patrón se colocó en un microscopio y se capturó la imagen digitalizada para después mediante un programa obtener el diámetro de los daños y la densidad de daños para cada energía. El equipo ejecuta el programa sobre n campos mediante una platina automatizada y un sistema de autoenfoco hasta mapear completamente la zona correspondiente a cada energía.

En la figura 3 se presenta la gráfica del diámetro promedio vs la energía de la partícula incidente para los tres métodos de medición utilizados. En la figura 4 se presenta la variación de la densidad de trazas como función de la energía para los tres métodos de medición. En estas dos últimas gráficas se observa que la tendencia de las curvas es muy similar, las diferencias se deben a que los daños que se analizan no son exactamente circulares y al realizar las mediciones con analizadores de imágenes el equipo calcula diámetros promedio, mientras que al medir ópticamente solo se toma una medida del diámetro del daño, el cual es generalmente el mayor, ya que realizar más mediciones requiere de mucho tiempo. Lo que demuestra que para trazas grabadas electroquímicamente el analizador de imágenes es muy conveniente.

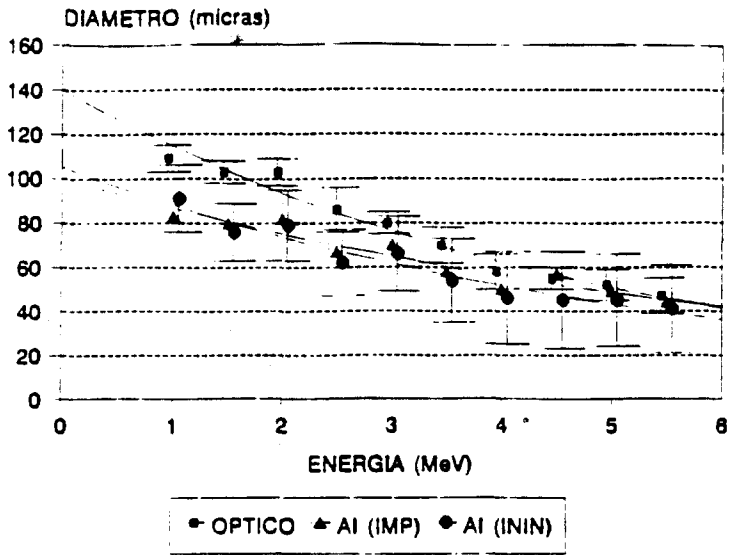


Figura 3. Diámetro promedio de daños de partículas alfa grabadas electroquímicamente.

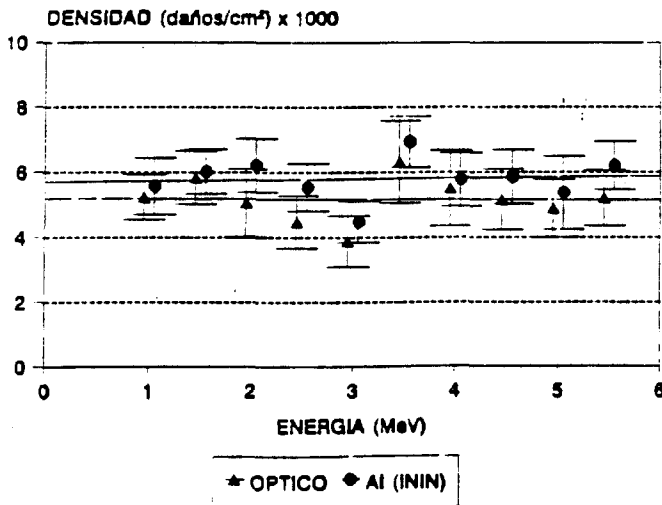


Figura 4. Densidad de daños grabados electroquímicamente para diferentes energías.

La técnica del grabado electroquímico con la que se revelan los detectores CR39 consta de dos pasos: primero un pregrabado químico y posteriormente un grabado electroquímico. Para tener una mayor eficiencia de detección del dosímetro personal se realizaron estudios para encontrar el tiempo óptimo de pregrabado químico<sup>(5)</sup>. Para este experimento se irradiaron dosímetros de neutrones en la sala de neutrones del Centro de Metrología de Radiaciones Ionizantes del ININ con una fuente de  $^{252}\text{Cf}$ . Después de irradiados los detectores se pregrabaron químicamente variando el tiempo de pregrabado, después se grabaron electroquímicamente y con el analizador de imágenes se cuantificó la densidad de árboles y el diámetro. En la figura 5 se presenta la variación del número de daños al variar el tiempo de pregrabado para los tres arreglos del dosímetro personal, se observa que entre 4 y 5 horas de pregrabado el número de daños presenta un máximo para los tres casos.

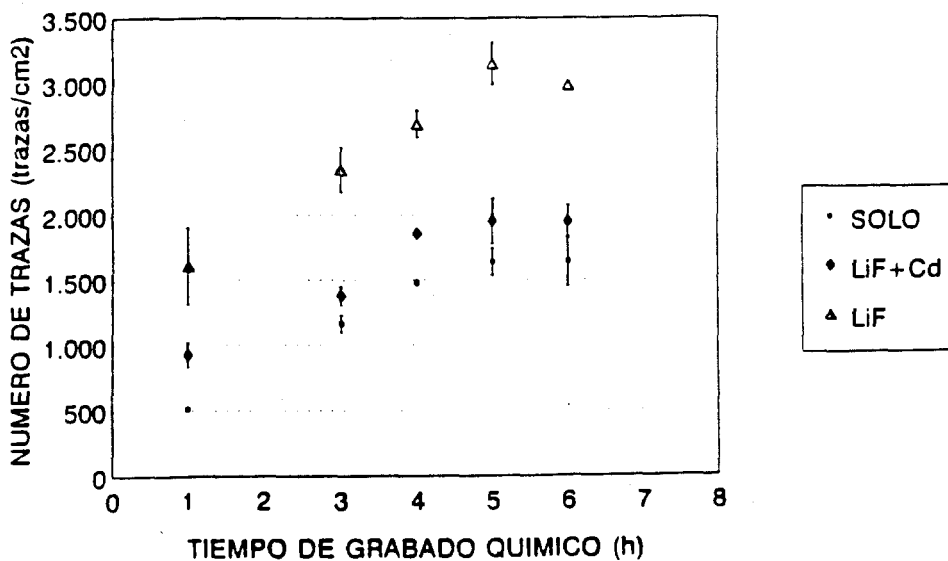


Figura 5. Densidad de trazas grabadas EQ en función del tiempo de pregrabado químico.

### 3. CONCLUSIONES

A partir de las pruebas realizadas al dosímetro personal de neutrones se decidió utilizar como detector el plástico CR39 pregrabándolo químicamente de 4 a 5 horas.

También se utilizará como método de evaluación para el detector CR39 el analizador de imágenes. Ya que la evaluación de DSTN utilizando un analizador de imágenes presenta muchas ventajas sobre los otros métodos, pues se elimina el error humano y se reduce considerablemente el tiempo de análisis.

Finalmente cabe mencionar que dentro de las diferentes técnicas para medir neutrones con energías abajo de 10 MeV, la que utiliza DSTN tiene la ventaja de ser completamente insensible al campo de radiación gamma asociado a flujos de neutrones.

### 4. BIBLIOGRAFIA

1. M.E. Camacho, L. Tavera y M. Balcázar, *Características de Pastillas de LiF para Detección de Neutrones Térmicos con Detectores Plásticos.*, XXXIII Congreso Nacional de Física, Ensenada B.C., México, Octubre 90.
2. M.E. Camacho, L. Tavera, M. Balcázar y J. Velázquez, *Consideraciones Preliminares de un Dosímetro Personal de Neutrones.*, VI Congreso Internacional Anual de la Sociedad Nuclear Mexicana, Huatulco Oaxaca, México, Septiembre 95.
3. M.E. Camacho, L. Tavera y M. Balcázar, *Calibración de un Analizador de Imágenes para Evaluación de Dosímetros Pasivos de Neutrones*, VII Congreso Anual de la Sociedad Nuclear Mexicana, Veracruz Ver., México, Noviembre 96.
4. M. Balcázar, M.E. Camacho, L. Tavera and C. Andrade, *Automatic Alfa-Spot-Diameter Measurements of Large ECE CR39 Detectors.*, Nuclear Tracks and Radiation Measurements, Vol. 19, Nos 1-4, pp 239-240, 1991.
5. M.E. Camacho, L. Tavera, M.A. Salazar y M. Balcázar, *Determinación de parámetros de grabado electroquímico para un dosímetro de neutrones en base a resultados de una intercomparación.*, VII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Seguridad Radiológica, Guadalajara Jal., México, Abril 97.