

Distribución de flujos de neutrones térmicos, epitérmicos y rápidos en la columna térmica del reactor RP-10

Claudia Aparicio⁽¹⁾ claphys@gmail.com; José Gómez⁽¹⁾ jjqb76@yahoo.com; Héctor Miranda⁽¹⁾ hmc Miranda@hotmail.com; Gerardo Lázaro⁽¹⁾ glazaro@ipen.gob.pe

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

Resumen

Con la finalidad de conocer la distribución del flujo neutrónico a lo largo de la columna térmica del reactor RP-10, se ha medido experimentalmente los componentes de dicho flujo (térmico, epitérmico, rápido) utilizando la técnica de activación de hojuelas (oro y níquel). Los valores de flujos térmicos y epitérmicos se obtuvieron utilizando el formalismo de Westcott. Los valores de flujo neutrónico total varían de 1.46×10^8 n/cm²s hasta 1.29×10^4 n/cm²s en una longitud de 188 cm en el conducto exterior de la columna térmica.

1. Introducción

De los métodos existentes para la medición de flujos neutrónicos el de uso más extendido es el activación de hojuelas [1, 2, 3]; la cual aprovecha la propiedad de algunos elementos de poder activarse mediante reacciones nucleares de captura neutrónica (n, γ) para de este modo poder obtener un espectro de energía del elemento activado y con el área del fotopico más representativo y los formulismos adecuados calcular las componentes del flujo neutrónico [4, 5, 6].

La columna térmica es una de las facilidades de irradiación del RP-10, para la cual el conocimiento de los flujos neutrónicos es parte de su completa caracterización.

Las reacciones nucleares utilizadas para detectar los flujos neutrónicos son:

Térmico y epitérmico: $^{197}\text{Au}(n,\gamma)^{198}\text{Au}$
Rápido: $^{58}\text{Ni}(n,p)^{57}\text{Co}$

Esta diferenciación de energías en estas tres regiones se debe a las diferentes secciones eficaces de éstos materiales (Fig.1), además de la separación de la región epitérmica cubriendo el monitor de oro con Cadmio (Cd) cuya energía de corte es 0.52 eV, es decir absorbe neutrones cuya energía esté por debajo de la mencionada.

Se suele cubrir los monitores de níquel con Cd para evitar las reacciones de captura que se produzcan con los neutrones térmicos, aunque la activación producida corresponde a bajas energías.

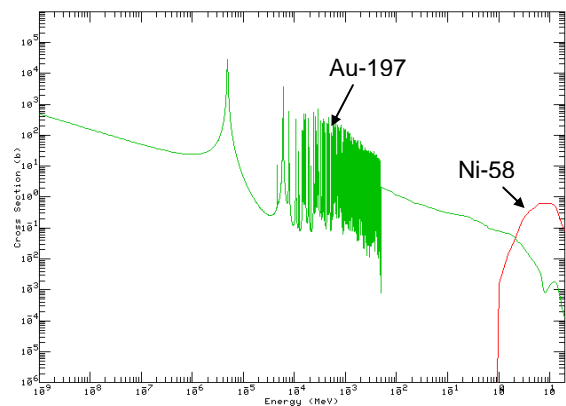


Figura 1. Secciones eficaces para el Au-197 y el Ni-58.

2. Método Experimental

Se utilizaron hojuelas de Au-197 con y sin cobertores de cadmio como monitores de flujo de neutrones térmicos y epitérmicos, y hojuelas de Ni-58 cubiertas con cadmio como monitores de flujo rápido a lo largo de la columna térmica tomando como referencia la parte exterior al tanque del reactor. Ésta disposición se muestra en la figura 2. El tiempo de irradiación fue de 9 horas a una corriente de 0.28×10^{-4} A (10 MW). Para la medición de las actividades gamma inducidas por las reacciones con los neutrones, se utilizó una cadena de espectrometría gamma asociada a una computadora con tarjeta multicanal (Genie) y a un detector de centelleo NaI (Bicron). Para el cálculo de los flujos térmico y epitérmico se utilizó el formalismo de Westcott y para el

cálculo de flujo rápido se utilizó la formulación descrita en TRS-107 [1].

$$R^2 = 0.9544$$

Finalmente se obtiene que el porcentaje de flujo térmico promedio en la columna térmica es de $(97.2 \pm 2.0)\%$

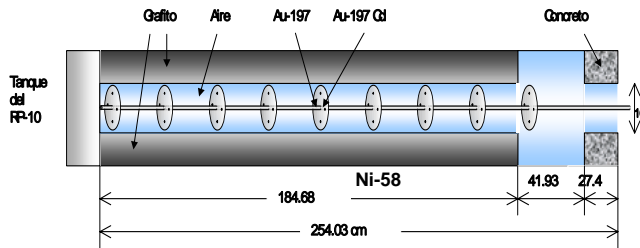


Figura 2. Arreglo experimental para la medición de flujos neutrónicos.

3. Resultados

El flujo neutrónico total (sumatoria de las tres componentes del flujo neutrónico) varía de 1.46×10^8 n/cm²s hasta 1.29×10^4 n/cm²s al inicio y final de la columna térmica, respectivamente.

En la figura 3, se observa la tendencia exponencial de estos flujos; notándose que la mayor contribución esta dada por el flujo térmico, el cual representa el 94.6% del flujo total a lo largo de la columna térmica.

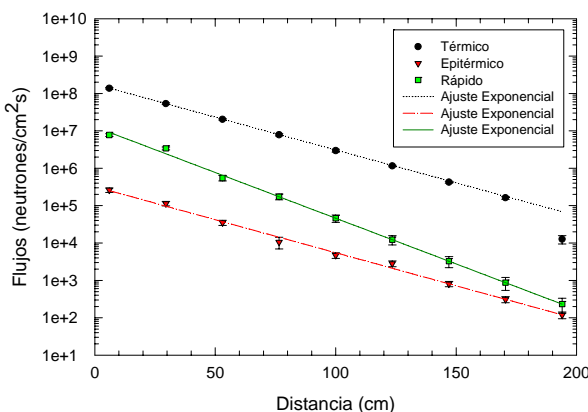


Figura 3. Distribución de los flujos neutrónicos a lo largo de la columna térmica a 10 MW.

Dado que no se pudo obtener valores de flujos neutrónicos epitérmico y rápido en las posiciones más alejadas del núcleo del reactor al interior de la columna térmica se realizó un ajuste de datos para obtener los valores restantes. Los datos fueron ajustados a una función exponencial del tipo $a \cdot \text{EXP}(-b \cdot x)$, tal como se indica:

Flujo epitérmico: $a = 3,20\text{E}+05 \pm 2,18\text{E}+04$
 $b = 0,0407 \pm 0,0010$
 $R^2 = 0,9859$

Flujo rápido: $a = 1,28\text{E}+07 \pm 7,21\text{E}+05$
 $b = 0,0563 \pm 0,0022$

4. Discusión

De la figura 3, se observa que la mayor contribución es de flujo térmico, mientras que el flujo epitérmico difícilmente llega al 1%. Se observa también que el flujo rápido en un inicio tiene alrededor del 5% del flujo total, pero a la salida de la columna térmica éste disminuye hasta menos del 2% lo que indica que los neutrones rápidos por interacciones con el material adyacentes a la columna térmica (grafito) pierde energía e incrementa el porcentaje de neutrones epitérmicos y a su vez éste se termaliza, por lo que la variación de flujo epitérmico es mínima.

5. Conclusiones

En la cavidad exterior de la columna térmica, también existe flujo epitérmico y rápido además del térmico. De los cuales la mayor componente es el flujo de neutrones térmicos. Estos flujos como era de esperarse siguen una distribución exponencial a lo largo de la columna térmica. El conocer las distribuciones de flujo en el interior de la columna térmica permitirá darle usos específicos a ésta facilidad, tal como dosimetría biológica.

Bibliografía

1. International Atomic Energy Agency (IAEA). Neutron and Fluence Measurements. Technical Report Series N° 107, Viena – Austria, 1970.
2. K. Igor, N. Waldemar, S. Ewald, Nuclear Energy in Central Europe 99, Slovenia: Determination of the neutron flux characteristics and personal dose equivalent in the Thermal Column of the SAR Graz, 1999.
3. R. Paucar, O. Avalo, G. Lázaro, IPEN, Medición de neutrones y fotones en la cavidad central de la Columna Térmica. 1998.

4. A. Travesí. Análisis por Activación Neutrónica. JEN. Madrid, 1976.
5. C. Westcott, W. Walker and T. Alexander. Effective Cross Sections and Cadmium Ratios for the Neutron Spectra of Thermal Reactors. International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy N° 201-25. Tomo V. 1958.
6. K. Beckurts and K. Wirtz. Neutron Physics. Springer Verlag, Berlin, 1964.