

# Diseño de una facilidad por activación neutrónica por espectrometría de gammas prontos \*

R. Oliver<sup>1</sup>, S. Benites<sup>2</sup>, Y. Ravello<sup>2</sup> y M. Montoya<sup>2</sup>

(1) Institut Laue-Langevin (ILL) 165X, 38042 Grenoble, Francia

(2) Instituto Peruano de Energía Nuclear, Apt. 1687, Lima.

*Presentado en el II Congreso Metropolitano de Física,  
Lima 16 - 19 de agosto de 1993*

## Abstract

We show the basic design of the facility of PGNAA that we will install in the hall of the peruvian reactor RP-10. The thermal neutron flux (without a gamma filter) will be  $2,0 \times 10^8$  n cm<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> at 10 MW of power. The ratio of gamma exposition without gamma filter will be 29 kR/h.

## Resumen

Se muestra el diseño básico que tendrá la facilidad de AAN- EGP que se instalará en la sala experimental del reactor nuclear peruano RP-10. El flujo de neutrones térmicos en la posición de la muestra (sin filtro gamma) será de  $2,0 \times 10^8$  n cm<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> a 10 MW de potencia. La tasa de exposición gamma sin filtro en la misma posición será de 29 kR/h.

## 1 Introducción

El reactor nuclear peruano RP-10 cuenta con seis conductos de irradiación (haces de neutrones) : dos tangenciales y cuatro radiales, de los cuales uno fue diseñado para realizar radiografía neutrónica (neutrografía) para ensayos no destructivos.

---

\*Este trabajo corresponde al proyecto PER 2/012, realizado por cooperación técnica del Organismo Internacional de Energía Atómica

El reactor RP-10 es un reactor de investigación del tipo piscina, con combustibles MTR, moderado con agua liviana. La potencia térmica de operación es de 10 MW, y el flujo neutrónico térmico máximo en el núcleo es de  $1,4 \times 10^{14} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

El reactor RP-10 es también utilizado para realizar análisis químico elemental, usando para esto la técnica de análisis por activación neutrónica (AAN), la cual consiste en irradiar una muestra pequeña en el núcleo del reactor por un tiempo generalmente corto (del orden de los minutos), utilizando para ello un sistema neumático de envío de muestras. Cuando la muestra sale del núcleo, esta sale activada (emite radiación nuclear), la cual con un detector adecuado, nos permite encontrar que elementos están presentes en la muestra.

La técnica de AAN presenta un inconveniente cuando la muestra presenta elementos con coeficientes de absorción neutrónica (sección eficaz) muy grande, pues produce una inestabilidad en la operación del reactor. Por otro lado, cuando la muestra presenta elementos cuya vida media es casi nula o demasiado pequeña, la técnica de AAN no puede aplicarse.

La técnica de análisis por activación neutrónica por espectrometría por gammas prontos (AAN-EGP) se presenta útil para los casos antes mencionados, pues la muestra es irradiada lejos del núcleo del reactor y por otro lado, las mediciones son in situ, no esperando que se active; de ahí su nombre.

El Grupo de Física del Instituto Peruano de Energía Nuclear que labora en el Centro Nuclear "RACSO", ha elaborado un proyecto para diseñar e implementar esta técnica de análisis. Para ello, se ha contado con la asesoría de un investigador del reactor nuclear de alto flujo, el ILL en Grenoble, Francia.

Para la realización de este proyecto, se ha planeado utilizar el conducto radial 4 del reactor RP-10 por presentar actualmente el mayor flujo neutrónico con respecto a los otros conductos radiales y por la no disponibilidad del conducto tangencial.

## 2 Estudio previo

Inicialmente se utilizó el código SABINE III para hacer las estimaciones del flujo neutrónico y dosis gamma a la salida del conducto. En este primer cálculo se sacaron las siguientes conclusiones:

- a) es necesario alargar el conducto hacia el núcleo o colocar grafito para disminuir la cantidad de agua presente entre el núcleo y el conducto;
- b) es necesario el uso un moderador neutrónico;
- c) es necesario el uso de un filtro gamma;
- d) se necesita otro obturador de haz;
- e) es recomendable llenar los conductos con gas helio, por presentar este menor pérdida de flujo neutrónico que el aire.

Con las primeras mediciones experimentales de flujo neutrónico y dosis gamma, se reajustaron algunas dimensiones y se redefinieron algunas partes de la facilidad. Por ejemplo, se ha concluido que ya no es necesario el otro obturador de haz y que se

colocarán elementos de grafito para disminuir la pérdida por absorción del agua entre el núcleo y la entrada del conducto.

Aunque todavía faltan más mediciones experimentales para reajustar el diseño final, en lo que sigue, se muestra el diseño actual de la facilidad.

### 3 Diseño de la facilidad de espectrometría por gammas prontos

En la figura 1 se muestra el diseño completo de la facilidad, cuyas partes son las siguientes:

- a) colimador neutrón-gamma;
- b) filtro para gammas y neutrones rápidos;
- c) sistema de gas helio;
- d) blindaje del recinto de irradiación;
- e) captor de haz (beam catcher);
- f) portamuestra y soportes;
- g) blindaje interno (para radiación dispersa);
- h) blindaje del detector;
- i) cadena de detección;

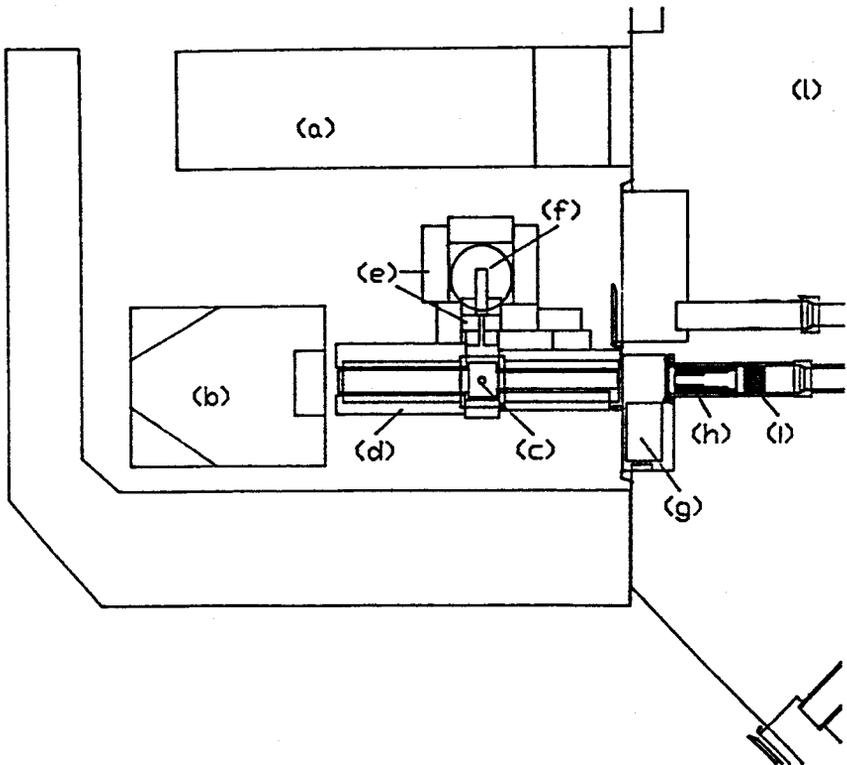
a continuación se describen cada una de estas partes:

- a) colimador neutrón-gamma: este colimador es del tipo convergente, y estará formado de anillos de plomo y parafina, colocados intercaladamente. El diámetro interno del conducto es de 22 cm, por lo que los anillos tendrán un diámetro de 21,5 cm. Los espesores de los anillos de plomo serán de 5 cm (esto con el fin de facilitar su manejo) y los de parafina de 10 cm. Los diámetros internos de los anillos de plomo serán de 15 cm; 8,90 cm y 4,20 cm; y los de parafina de 8,90 y 4,20 cm. Ver figura 1 (h).

El fin de este colimador es concentrar el flujo neutrónico para obtener un haz concentrado hacia la muestra; y también, para disminuir la radiación gamma dispersa a la salida del conducto. Se busca pues disminuir las dimensiones de los blindajes en el sentido perpendicular al haz.

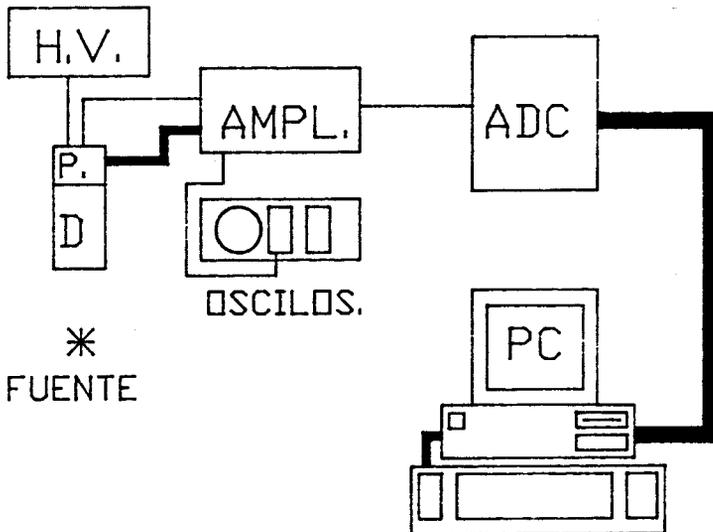
- b) filtro gamma: también para neutrones rápidos, estará hecho de bismuto policristalino. Aunque el mejor filtro es el monocristal de bismuto, este resulta ser muy costoso. El espesor de este filtro se determinará experimentalmente, optimizando la disminución del flujo neutrónico térmico y la tasa de dosis gamma presente en el haz. Este se ubicará antes del colimador, ver figura 1 (i).

- c) sistema de gas helio: consta de dos partes. La primera es el llenado del conducto interno con gas helio de alta pureza y la segunda es el llenado del conducto externo (el que se ubica dentro del blindaje del reactor); para esto se usará el sistema de aire que tiene instalado este conducto. El tipo de gas helio para esta última parte será de baja pureza.
- d) blindaje del recinto de irradiación: se viene realizando las pruebas con los bloques de la facilidad de neutrografía, ver figura 1 (a).
- e) captor de haz: este captor estará hecho de polietileno borado, agua liviana y concreto liviano. El fin de este dispositivo es atenuar principalmente la radiación neutrónica de haz y a su vez, también la radiación gamma. Actualmente se está utilizando el captor de haz de la facilidad de neutrografía.



*Fig. 1 Vista de la facilidad de espectrometría por gammas prontos. (a) blindaje del recinto; (b) captor de haz; (c) muestra; (d) blindaje interno; (e) blindaje del detector; (f) detector; (g) obturador de haz (shutter); (h) colimador; (i) filtro neutrón-gamma; (j) núcleo; (k) piscina del reactor; (l) blindaje del reactor.*

- f) portamuestra y soportes: el fin de este dispositivo es de servir de guía de neutrones hacia la muestra blanco. Estará lleno de gas helio, y está hecho principalmente de aluminio y de teflón. Como ventanas a la radiación neutrónica se usará láminas de zirconio, por su baja absorción neutrónica.
- g) blindaje interno: este blindaje tiene como objetivo atenuar la radiación gamma dispersa en el portamuestra. Estará hecho de 'ladrillos' de concreto de 10x20x38 cm. En la figura 1 (d) se muestra como será este blindaje.
- h) blindaje del detector: estará constituido de varios materiales: plomo, concreto, litio y polietileno borado. El fin de este es blindar al detector de los neutrones rápidos y de la radiación gamma provenientes del haz. El blindaje estará enfocado principalmente a absorber los neutrones rápidos y atenuar la radiación gamma de fondo. Este blindaje se muestra en la figura 1 (e).
- i) cadena de detección: el detector a usar es uno de germanio de alta pureza (HPGe) con preamplificador incorporado. La instrumentación electrónica consta de una fuente de alta tensión, un amplificador espectroscópico y una tarjeta ADCAM de 16K. Esta tarjeta será manejada por un computadora personal. En la figura 2 se muestra el conexionado de esta cadena.



*Fig. 2. Diagrama del conexionado de la cadena de medición para la facilidad de AAN-EGP.*

## 4 Agradecimientos

*Agradecemos al personal de operación del reactor, del Grupo de Cálculo del IPEN y del personal del Taller Mecánico de la PPR y del reactor en la preparación del colimador y filtro.*

### Referencias

- [1] R. Oliver, P. Vittoz, G. Vivier, S. Kerr y F. Hoyler, Proceeding of 6th Capture-Gamma-Ray Conference. 1988.
- [2] J. Jones, M. Ludington y W. Rigot, J. of Rad. Chem., **72**, No.1-2(1982) 287-294.
- [3] G. Ricabarra, Inf. Téc. PE01/06/99/0800/0001/FE/0/1, Proyecto Centro Atómico Perú.1979.
- [4] B. Brockhouse, Rev. of Scien. Instr., **30-2** (1959) 136.
- [5] J. Layfield, Thesis, Ames Laboratory, DOE, Iowa State University. Marzo 1980.
- [6] M. de Abreu, Pub. IEA Sao Paulo-Brasil, **125**, setiembre 1966.
- [7] B. Rustad, J. Als-Nielsen, A. Bahnsen, C. Christensen y A. Nielsen, Rev. of Scien. Instr., **36-1** (1965) 48.
- [8] M. Bang, M. de Ricabarra y G. Ricabarra, Inf. Téc. PE01/06/99/0801/0005/FG/0/0, Proyecto Centro Atómico Perú. 1981.