

## Método de calibración de barras de seguridad por comparación con barras de control calibradas

Rolando Arrieta\*, Agustín Urcia, Alberto Salazar, José Félix, Dionisio Canaza, Emilio Veramendi, Edgar Ovalle, Roberto Giol, Luis Zapata, Fernando Ramos, Mariano Vela

Instituto Peruano de Energía Nuclear. Departamento de Operación de Reactores  
Av. Canadá 1470, Lima 41, Perú

### Resumen

Se presenta el método de calibración de las barras de seguridad del reactor RP-10 basado en la comparación con la curva de reactividad integral de las barras de control, las cuales han sido calibradas previamente mediante el método del tiempo de doblaje. El procedimiento consiste en llevar el reactor al estado de criticidad a baja potencia (200W) con tres barras de seguridad 100 % extraídas, una barra de control 0 % extraída y la otra barra de control parcialmente extraída; luego, se propicia la caída libre de la barra de seguridad a calibrar (SCRAM parcial), se repone el estado de criticidad del reactor con la barra de control que estaba en 0 % extraída, quedando finalmente ésta en una determinada posición (X %). En la curva de reactividad de la barra de control calibrada se lee el valor X, se intercepta la curva y el valor de la proyección sobre el eje de reactividad representa la reactividad equivalente de la barra de seguridad a calibrar, recurriendo a la segunda barra de control en caso necesario. Los resultados obtenidos tienen una buena aproximación: menores al 2 % a los obtenidos mediante el método del tiempo de doblaje.

### Abstract

We present the calibration method of the safety rods of RP-10 reactor based on a comparison with the reactivity integral curve of the control rods, which have been previously calibrated by the method of doubling time. The procedure is to bring the reactor to the state of criticality at low power (200 W) with three bars of 100% extra security, a control rod removed 0% and the other partially extracted control bar, then, who are encouraged to drop free from the safety bar to calibrate (SCRAM partial), recovers the state of criticality of the reactor with the control bar to 0 % was extracted, finally leaving it in a certain position (X%). In the curve of reactivity of the control bar calibrated value X is read, it intercepts the curve and the value of the projection on the axis represents the equivalent reactivity of the safety bar to calibrate, going to the second control bar if it is necessary. The results are in a good approximation: 2 % lower than those obtained by the method of doubling time.

### 1. Introducción

El control del reactor RP-10 se realiza por introducción de elementos de alta sección eficaz de captura (cadmio) de neutrones, mediante seis barras absorbentes, las mismas que por su función en el núcleo se dividen en: tres barras de seguridad, dos barras de control o ajuste y una barra ajuste fino [1].

La calibración tradicional de las barras se realiza utilizando el método del tiempo de doblaje, que consiste en disponer el reactor en estado estable y luego se extrae una primera barra a un determinado porcentaje y se mide el tiempo para el cual se duplica la población neutrónica. Finalmente, se introduce una segunda barra hasta alcanzar nuevamente el estado inicial estable del reactor [2]. Este procedimiento se repite en

forma secuencial hasta completar todo el recorrido de las barras.

La aplicación de este método implica tomar varios puntos para determinar la reactividad de cada barra y es necesario para las barras de control con la finalidad de determinar variaciones temporales en función a diversas perturbaciones ocasionadas por el consumo de combustible, generación de venenos, coeficientes de realimentación, ingreso de muestras, experiencias, etc. [3].

Para el caso de las barras de seguridad, que trabajan siempre totalmente extraídas, el método se hace innecesariamente tedioso, porque para estas barras solo es necesario conocer su valor total y con ello verificar si

\* Correspondencia autor: rarieta@ipen.gob.pe

cumple con valores que nos garanticen el apagado del reactor en cualquier circunstancia [4]; esta situación nos llevó a buscar un método alternativo de comparación teniendo como referencia la distribución de reactividad de las barras de control.

## 2. Metodología

El método consiste en comparar la reactividad negativa generado por una barra de seguridad, objeto de estudio, con la reactividad positiva generado por una de las barras de control previamente calibrada.

Para el procedimiento se lleva el reactor al estado estable a baja potencia con tres barras de seguridad al 100% extraídos, una barra de control 0 % extraída y la otra barra de control parcialmente extraída (X %).

Estando el reactor en estado crítico se hace SCRAM parcial con la barra de seguridad a calibrar, luego se repone el estado estable con la barra de control que estaba 0 % extraída quedando finalmente está en la posición Y %. Si esta llega al 100 % se completa con la segunda barra de control que se desplazará de X % a Z %.

En la curva de reactividad de las barras de control se lee el valor Y % y si es necesario (Z - X) %, con ellas se intercepta la (s) curva(s) y el valor de la proyección sobre el eje de reactividades nos representará la(s) reactividad(es) equivalente de la barra de seguridad involucrada.

Este procedimiento se repite con cada una de las barras de seguridad.

Nota: para este experimento no se utilizó la barra de control.

## 3. Infraestructura y equipo experimental

### 3.1 Infraestructura y recursos humanos

- Reactor en condiciones normales de operación.
- Instrumentación nuclear, convencional y sistema de adquisición de datos habilitado.
- Tres cronómetros digitales con precisión de  $\pm 0,01$  segundo.
- Supervisor de turno, un operador, un oficial de radioprotección.

Nota. La participación del personal de operación y oficial de Radioprotección debe ser de exclusividad por cuanto la seguridad del reactor es prioritaria [5].

### 3.2 Desarrollo Experimental

- Se calibró las barras de control por el método del tiempo de doblaje y se determinó sus respectivas curvas de reactividad versus porcentaje de extracción [6]. La curva de reactividad de las barras de control se muestra en las siguientes gráficas.

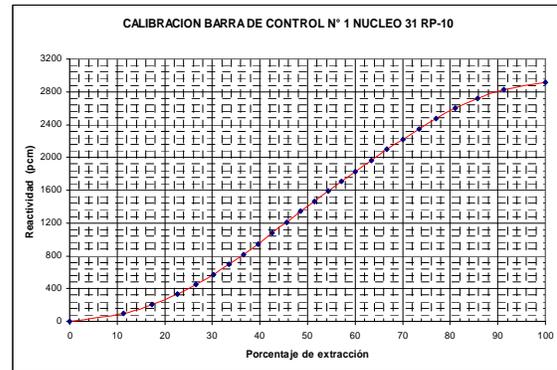


Figura 1. Curva de reactividad de la barra de control N° 1.

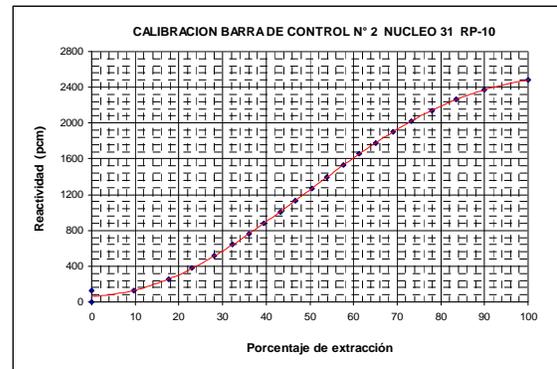


Figura 2. Curva de reactividad de la barra de control N° 2.

- Se puso a crítico el reactor para una corriente de  $0,6 \times 10^{-9}$  en la cámara de marcha N° 4. La posición de las barras de seguridad y control fue la siguiente:

BS1 = BS2 = BS3 = BCf = 100%, BC1 = 0%, BC2 = 15,8 %.

Luego de cinco minutos de estabilizado el reactor se realizó un SCRAM parcial con la barra de seguridad N° 3.

- Se llevó a crítico el reactor con una barra de control N° 1, quedando extraída en un 76,4 %.

- Con el valor de 76,4 % nos dirigimos a la curva de reactividad de la barra de control N° 1 y se determinó la reactividad equivalente para la barra de seguridad N° 1. Por un procedimiento similar se determinó la reactividad de las otras barras de seguridad.

#### 4. Resultados

Según procedimiento [7] se desenergizó las tres barras de seguridad y se compararon con el valor en reactividad del 100 % introducida con el peso de BC1. En el caso de BS3 se complementó con parte de BC2.

**Tabla 1.** Reactividad de las barras de seguridad determinados por comparación.

<i>Barra de Seguridad</i>	<i>(%) de BC1</i>	<i>(%) de BC2</i>	<i>Reactividad (pcm)</i>
BS1	76.4	0	2826,30
BS2	91.1	0	2449,91
BS3	100	de 49,9 a 58,2	2916,91 + 265,42
Peso total Barras de Seguridad	---	---	8503,10

**Tabla 2.** Resumen de la reactividad de las barras de seguridad y barras de control.

<i>Barra de Seguridad/Control</i>	<i>Reactividad (pcm)</i>
BC1	2916,91
BC2	2484,24
BS1	2826,30
BS2	2449,47
BS3	3227,33
Peso total del banco de barras	13904,250
Máximo exceso de reactividad actual (desde posiciones iniciales)	3893,03

#### 5. Conclusiones

Este método de calibración “por comparación”, de simple ejecución es preciso y rápido, nos permite determinar la reactividad de las barras de seguridad y poder examinar el comportamiento de los elementos de control respecto a las especificaciones técnicas.

De los resultados concluimos que el núcleo en estudio (configuración N° 30) cumple con lo especificado en el capítulo XVII del informe de seguridad:

- Peso del banco de barras > 125 % del máximo exceso de reactividad.
- Peso de cada barra de seguridad > 780 pcm (1\$).

#### 6. Referencias

- [1] Glasstone Samuel. Ingeniería de reactores nucleares. Barcelona: Ed. Reverté; 1975.
- [2] Zúñiga A. Métodos experimentales de medición de reactividad. IPEN. [Informe Interno]; 1982.
- [3] Zúñiga A. Parámetros para calibración de barras de control en un reactor experimental. IPEN. [Informe Interno]; 1992.
- [4] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Informe de Seguridad del reactor RP-10. Capítulo XVII: Especificaciones técnicas. [Informe Interno]; 2008.
- [5] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Informe de Seguridad del reactor RP-10. Capítulo VII: Características de seguridad e ingeniería. [Informe Interno]; 2008.
- [6] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Método de calibración de barras de seguridad y control. Departamento de Operación. [Informe Interno]; 2008.
- [7] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Manual de operación. Departamento de Operación. [Informe Interno]; 2001.