

## ANALISIS DE RIESGO POR ARGON-41 EN EL REACTOR DE INVESTIGACION RP-10

José Arenas Carrasco y Pablo Alarcón Velazco

*Instituto Peruano de Energía Nuclear*

*Apt. 1687 Lima 100, PERU*

*Received: August 15, 1986*

### Abstract

*An evaluation of the radiological risk during normal operations of the peruvian 10 MW research reactor was performed. The noble gas, Argón-41 produced from activation of Ar-40 from the air contained in the irradiation tubes, thermal column and coolant, is analyzed as the major source of risk.*

### Resumen

*Se ha desarrollado un modelo de cálculo teórico para la cuantificación del riesgo radiológico durante la operación normal del reactor de Investigación de 10 MW, debido al gas noble Argón-41 formado a partir de la activación del Argón-40 contenido en el aire de los ductos de irradiación, columna térmica y refrigerante.*

## 1 Introducción

Durante la operación normal del reactor de investigación de 10 MW, RP-10, el riesgo principal se deriva de la posible actividad que escape al interior del edificio de contención y a la atmósfera a través de la chimenea.

Esta actividad es producida por el Argón-41 formado a partir del Argón 40 del aire y los gases o elementos volátiles que provienen de la fisión o la activación de los productos de corrosión.

Los términos fuente del Argón-41 son, activación del aire que refrigera la columna térmica, los canales de irradiación y los tubos neumáticos cuando se emplean y el de activación del aire disuelto en el agua de la piscina.

## 2 Modelo de cálculo

En la determinación de la activación del Argón-40 en los canales de irradiación y columna térmica, se considera que el aire refrigerante de tales conductos pasa directamente a chimenea. El caudal de aire de gran volumen circulante no permite que el Argón-41 decaiga sustancialmente en los dispositivos experimentales.

La razón de generación de Ar-40 ( $n, \gamma$ ) Ar-41 y su producto se obtiene a partir de la siguiente expresión: [2].

$$Q(Ci/s) = \frac{\Sigma_a \phi}{3,7 \times 10^{10}} \text{ S.V. } (1 - e^{-\lambda r})$$

Siendo:

$$\Sigma_a = \sigma_a N$$

donde:

$\sigma_a$  : sección eficaz microscópica,  $0,53 \times 10^{-24} \text{ cm}^2$

$N$  : número de núcleos atómicos/cm<sup>3</sup>

$\phi$  : flujo neutrónico (n/cm<sup>2</sup> s)

$S$  : sección transversal del ducto (cm<sup>2</sup>)

$V$  : velocidad de paso del aire por el ducto (cm/s)

$r$  : tiempo transcurrido de paso (s)

$\lambda$  : constante de desintegración (s<sup>-1</sup>)

Los valores utilizados se presentan en la tabla 1, los resultados en la tabla 2.

Tabla 1: Valores utilizados en los cálculos

	Flujo Prom. (n/cm <sup>2</sup> s)	Vol de aire irradiad (m <sup>3</sup> ) *	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Observaciones
Columna térmica	10 <sup>12</sup>	6,24	100	
Canales de irradiac. Neutrog.	10 <sup>13</sup>	0,113	50	
Piscina del Reactor	-	-	1650m <sup>3</sup> H <sub>2</sub> O/h	T = 20 - 40°C P = 1 atmósfera 15,61 cm <sup>3</sup> aire/h H <sub>2</sub> O (l) 0,1448cm <sup>3</sup> Ar-40/l · H <sub>2</sub> O

\* Contiene 0,90/o de Argón en peso con 99,6/o abundancia isotópica.

Tabla 2: Resultados obtenidos

	Actividad	Resultado Obtenido	Observaciones
1 canal de irradiación	Ci/s	$2,859 \times 10^{-4}$	
3 canales de irradiac. y 1 canal de neutrografía	Ci/s	$1,149 \times 10^{-3}$	
Conducto tangencial	Ci/s	$5,347 \times 10^{-4}$	
Columna térmica	Ci/s	$1,6 \times 10^{-3}$	-Sección transversal Promedio $2,033 \text{m}^2$ -Velocidad de paso $0,0136 \text{m/s}$

En la determinación de la activación del aire disuelto en el agua de la piscina, se considera que de todo el Argón disuelto el único que se activa es el que pasa por el núcleo del reactor, o permanece en el volumen adyacente (zona de alto flujo). Se toman en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) El Argón-40 disuelto permanece constante y por lo tanto su sección eficaz macroscópica, también permanecerá constante.
- b) El reactor funcionará durante 5 días a potencia constante de 10 MW y permanecerá parado durante 2 días.
- c) No existe Argón-41 al principio del ciclo ya que el reactor está parado 2 días y el período de semidesintegración del Argón-41 es  $\sim 2$  horas.
- d) El Argón-41 una vez formado se disuelve en todo el volumen (v) de la piscina ( $230 \text{m}^3$ ).
- e) En el volumen que rodea al núcleo, entre su límite y la pared de la zona de alta potencia el flujo neutrónico decae desde un valor de  $0,45 \times 10^{13} \text{n/cm}^2 \text{s}$  hasta  $1 \times 10^9 \text{n/cm}^2 \text{s}$  en la pared.
- f) Existen 3 sumideros: el radiactivo ( $\lambda$  Ar-41), el de captura radiactiva ( $\sigma_a$ , Ar-41) y el de renovación de aire en la piscina.
- g) Encima de la superficie libre del tanque y pileta auxiliar existen unas ventanas por las que debe pasar o circular un caudal de aire de  $4500 \text{m}^3/\text{h}$ , que arrastra los contaminantes que salen de la piscina, directamente hasta la chimenea, sin pasar por la sala. Por tanto, no se considera el decaimiento radiactivo ni la constante de ventilación.
- h) El tiempo máximo de enfriamiento es el intervalo durante el cual el refrigerante se encuentra fuera del circuito.

Los datos del sistema primario del reactor son presentados en la tabla 3.

Los resultados obtenidos de las actividades se muestran en la tabla 4.

Considerando diversas renovaciones de todo el aire disuelto se obtienen los valores de actividad indicadas en la tabla 5.

Tabla 3: Datos del sistema primario

Velocidad, V	5,35 m/s.
Sección transversal, S	0,0856 m <sup>2</sup>
Tiempo de paso por el circuito	10 s.
Distancia extrapolada núcleo	77,5 cm
Tiempo de paso por núcleo	0,27 s.
Tiempo en tanques de decaimiento	150 s.
TIEMPO TOTAL	160 s.

Tabla 4: Actividades obtenidas

Actividad primer ciclo, A <sub>1,1</sub>	1,13 x 10 <sup>-14</sup> Ci/cm <sup>3</sup>
Actividad en el ciclo intermedio sistema en equilibrio, A <sub>1,∞</sub>	2,83 x 10 <sup>-10</sup> Ci/cm <sup>3</sup>
Actividad en el ciclo infinito A <sub>1,∞</sub>	6,76 x 10 <sup>-12</sup> Ci/cm <sup>3</sup>
ACTIVIDAD TOTAL	6,509 x 10 <sup>-2</sup> Ci/cm <sup>3</sup>

Tabla 5: Actividad obtenida para diversas renovaciones

RENOVACIONES	ACTIVIDAD (Ci/h)
1 vez por hora	6,5 x 10 <sup>-2</sup>
1 vez por día	2,7 x 10 <sup>-3</sup>
1 vez cada 5 días	5,4 x 10 <sup>-4</sup>
1 vez cada 20 días	1,4 x 10 <sup>-4</sup>

### 3 Resultados y discusión

Empleando el valor de coeficiente de dilución atmosférica para el emplazamiento ( $0,268 \times 10^{-5} \text{ s/m}^3$ ), se calcularon las actividades medias comprendidas a nivel de 10m de altura del suelo. En el caso más desfavorable en que los 3 conductos de irradiación, el de neutrografía y el conducto tangencial se encuentre operando, se obtiene una velocidad de liberación de actividad por la chimenea de Ar-41 igual a  $3,30 \times 10^3 \mu \text{ Ci/s}$ , equivalente a 11,87 Ci/h y una actividad específica en el aire externo al reactor igual a  $8,83 \times 10^{-4} \mu \text{ Ci/cm}^3$ .

Tanto la actividad específica del agua de la piscina, como la velocidad de liberación de actividad por la chimenea no varían con el tiempo debido a que el período de semi-desintegración del Ar-41 es pequeño ( $< 2$  h) comparado con los intervalos de 24 horas considerados. A las 24 horas de parado el reactor, la actividad específica y la velocidad de liberación son prácticamente nulas, por el mismo motivo.

La actividad del Ar-41 de los canales de irradiación es alrededor de 180 veces la actividad conjunta de Ar-41 del núcleo, zonas adyacentes y columna térmica. Nótese que la actividad en el exterior del reactor es alrededor del 2,2% de la concentración máxi-

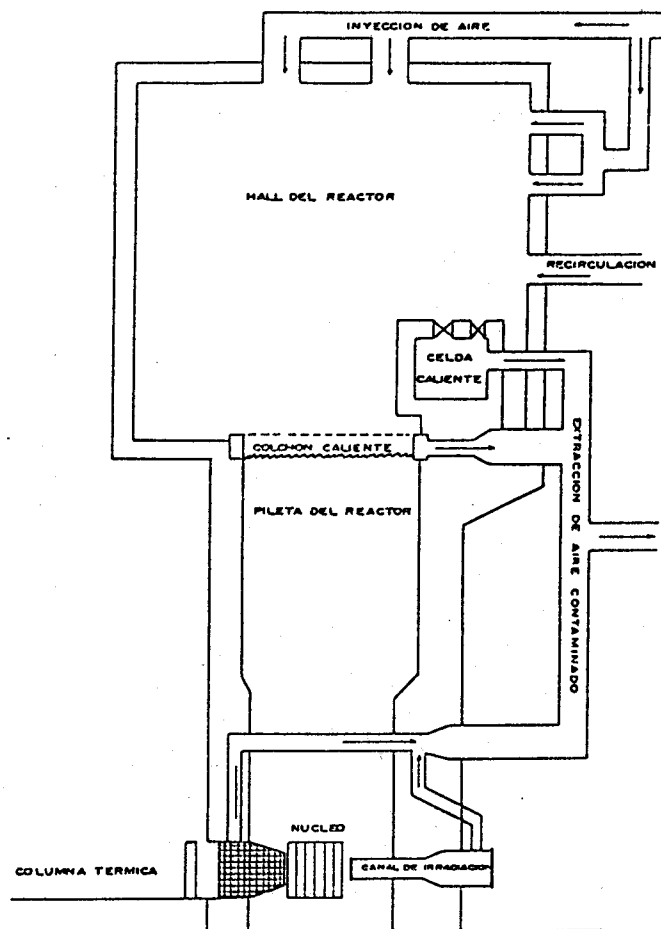


Fig. 1. Sistema de extracción de aire contaminado de un reactor experimental.

ma permisible para trabajadores ocupacionalmente expuestos y del 22% para miembros del público de acuerdo al ICRP-No. 2 [4] dichos límites se muestran en la tabla 6.

Tabla 6.

Radionucleido y tipo de decaimiento	Organo Crítico	Máximas concentraciones permisibles			
		Para 40 h/sem		Para 168 h/sem	
		(MPC) <sub>ω</sub> μ Ci/cm <sup>3</sup>	(MPC) <sub>a</sub> μ Ci/cm <sup>3</sup>	(MPC) <sub>ω</sub> μ Ci/cm <sup>3</sup>	(MPC) <sub>a</sub> μ Ci/cm <sup>3</sup>
Ar-41 β <sup>-</sup> γ	Cuerpo Entero	2 x 10 <sup>-6</sup>	—	4 x 10 <sup>-7</sup>	—

Comparando los valores de la tabla 6 con los valores de referencia (ICRP - 30), para el caso de inhalación del hombre estandar en un año de trabajo de 2000 horas (50 semanas a 40 horas/semana) bajo condiciones de actividad ligera, resultaría estar en el límite anual de incorporación por inhalación (ALI).

La concentración derivada en aire DAC (Bq/m<sup>3</sup>) para el Argón-41 en una nube infinita es de 10<sup>5</sup>Bq/m<sup>3</sup>, este valor de contraste, significó que se alcanzarían solamente el 0,32% de concentración derivada en aire de la parte externa del emplazamiento del reactor.

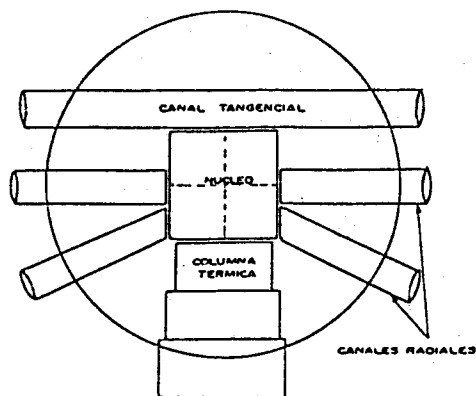


Fig. 2. Distribución de los canales de irradiación y columna térmica alrededor del núcleo.

## 4 Conclusiones

El riesgo radiológico por Ar-41 para el público durante la operación normal del RP-10 es mínimo debido a que las dosis no superan los máximos permisibles establecidos por normas del OIEA.

## 5 Referencias

- [1] Safety Analysis Report for Livermore Pooltype Reactor. University of California USA. TID 4500 sept 19, 1974.
- [2] Agustín Alonso, Introducción a la Seguridad Nuclear, España, Instituto de Estudios Nucleares JEN, 1979.
- [3] Informe Preliminar de Seguridad del Reactor RP-10 (2da versión) CNEA-IPEN. 1981
- [4] ICRP No. 2, Report of Committee II on Permissible Dose for Internal Radiation, Pergamón Press, 1967.

Análisis de riesgo por Argón-41 en el reactor de investigación RP-10  
por José Arenas, Pablo Alarcón se distribuye bajo una Licencia Creative  
Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.