

# FACTORES DE RETRODISPERSIÓN PARA FOTONES DE BAJA ENERGÍA EN FANTOMAS DE AGUA Y ACRÍLICO

Benavente, T. <sup>(1,2)</sup> [tbenavente@ipen.gob.pe](mailto:tbenavente@ipen.gob.pe); Márquez, J. <sup>(2)</sup>; Santa Cruz, J. <sup>(2)</sup>

(1) Departamento de Radioprotección y Dosimetría – IPEN / Lima, Perú

(2) Universidad Nacional Mayor de San Marcos / Lima, Perú

## RESUMEN

El presente estudio se ha determinado los coeficientes de conversión de exposición en aire a dosis equivalente, para fotones de rayos X entre 20 y 75 keV, y para las energías de <sup>137</sup>Cs y <sup>60</sup>Co. Los resultados permitirán efectuar la calibración de los dosímetros de vigilancia individual y ambiental, de acuerdo con las recomendaciones de la ICRU 47.

Las mediciones fueron realizadas en el Laboratorio de Calibraciones del Instituto Peruano de Energía Nuclear, empleando cámaras de ionización tipo lapicero y fantomas de agua y acrílico. Los valores de los factores de retrodispersión han sido determinados con incertidumbres menores que 6 % para ocho calidades de radiación sugeridas por el ANSI N° 13.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el ICRU 47 recomienda que, la dosis recibida por una persona sea expresada en términos de dosis equivalente personal,  $H_p(d)$ , definida como la dosis equivalente sobre tejido blando bajo un punto específico del cuerpo a una profundidad apropiada,  $d$ . Para radiación débilmente penetrante la profundidad es 0,07 mm y para radiación fuertemente penetrante es 10 mm. Comúnmente, éstas son denominadas, dosis equivalente personal superficial y dosis equivalente personal penetrante, respectivamente<sup>[1]</sup>.

Por tal motivo, los servicios de dosimetría personal deben calibrar sus sistemas en términos de estas magnitudes operacionales. Para cumplir con este objetivo, debe conocerse los coeficientes de conversión de exposición o kerma en aire a dosis equivalente personal. Una forma de obtener estos coeficientes es mediante el modelo propuesto por Will <sup>[2]</sup>, para lo cual es necesario determinar primero los factores de retrodispersión de los fantomas empleados en la calibración.

## 2. MEDIDAS

Para simular la retrodispersión del cuerpo se utilizaron dos fantomas, uno de agua de 30x30x30 cm<sup>3</sup> y otro de acrílico 20x20x15 cm<sup>3</sup>. Las medidas de exposición fueron realizadas con cámaras de ionización tipo lapicero, las cuales fueron caracterizadas con <sup>226</sup>Ra y calibradas con la energía del <sup>60</sup>Co.

Los factores de calibración de las cámaras se muestran en la Tabla 1, los valores entre paréntesis indican la incertidumbre en las lecturas.

**Tabla 1.** Calibración de los dosímetros con <sup>60</sup>Co a 160 mR.

Dosímetro	Lectura (u.a.)	f (mR/u.a.)
D1	157,333 ± 1,731 (1,10)	1,017
D2	156,333 ± 1,731 (1,11)	1,023

Las cámaras de ionización se irradiaron con haces de <sup>137</sup>Cs y <sup>60</sup>Co y seis calidades de haces de radiación x con voltajes de tubo entre 30 y 150 kVp, sugeridas por el ANSI N° 13<sup>[3]</sup>. Las calidades de los haces de rayos X fueron caracterizadas por el método de atenuación<sup>[4]</sup>.

Se tomaron medidas de exposición en aire,  $X$ , y en la superficie frontal del fantoma,  $X(0)$ , para determinar el factor de retrodispersión,  $B$ , por la siguiente relación.

$$B = \frac{X(0)}{X}$$

Las Tablas 2 y 3 muestran los valores de la exposición en aire libre y en la superficie frontal de los fantomas para las diferentes calidades de radiación.

**Tabla 2.** Valores medidos de exposición a 160 mR para <sup>137</sup>Cs y 59,73 mR para <sup>60</sup>Co.

<i>Calidad de haz</i>	<i>Dosímetro</i>	<i>Exposición en aire, X, (mR)</i>	<i>Exposición en fantoma, X(0), (mR)</i>	
			<i>Agua</i>	<i>Acrílico</i>
<sup>137</sup> Cs	D1	150,667 ± 2,121	154,500 ± 3,894	160,000 ± 1,836
<sup>137</sup> Cs	D2	150,000 ± 1,836	154,500 ± 3,894	160,500 ± 0,918
<sup>60</sup> Co	D1	56,667 ± 1,059	58,333 ± 1,059	57,667 ± 1,836
<sup>60</sup> Co	D2	57,667 ± 1,059	58,667 ± 1,059	59,333 ± 0,918

**Tabla 3.** Valores medidos de exposición para radiación X, a 0,5 mA.

<i>Voltaje (kV)</i>	<i>Tiempo (s)</i>	<i>Dosímetro</i>	<i>Exposición en aire, X, (mR)</i>	<i>Exposición en fantoma, X(0), (mR)</i>	
				<i>Agua</i>	<i>Acrílico</i>
30	30	D1	110,667 ± 2,805	119,000 ± 1,836	118,333 ± 2,121
		D2	110,667 ± 1,059	120,333 ± 1,059	120,000 ± 1,836
50	20	D1	58,330 ± 1,590	67,333 ± 2,121	66,880 ± 1,819
		D2	59,380 ± 1,682	70,000 ± 1,836	68,280 ± 0,896
60	30	D1	45,667 ± 3,822	55,333 ± 1,059	57,000 ± 3,180
		D2	46,667 ± 0,969	58,333 ± 1,059	58,333 ± 1,059
75	20	D1	81,333 ± 1,059	115,000 ± 1,836	108,333 ± 1,059
		D2	82,667 ± 3,822	119,000 ± 1,836	110,000 ± 1,836
100	20	D1	74,000 ± 2,249	100,333 ± 1,059	100,400 ± 2,093
		D2	77,800 ± 1,004	102,667 ± 2,121	102,000 ± 3,435
150	10	D1	51,600 ± 1,059	69,667 ± 1,059	68,400 ± 2,093
		D2	52,400 ± 1,006	70,667 ± 1,059	68,600 ± 1,641

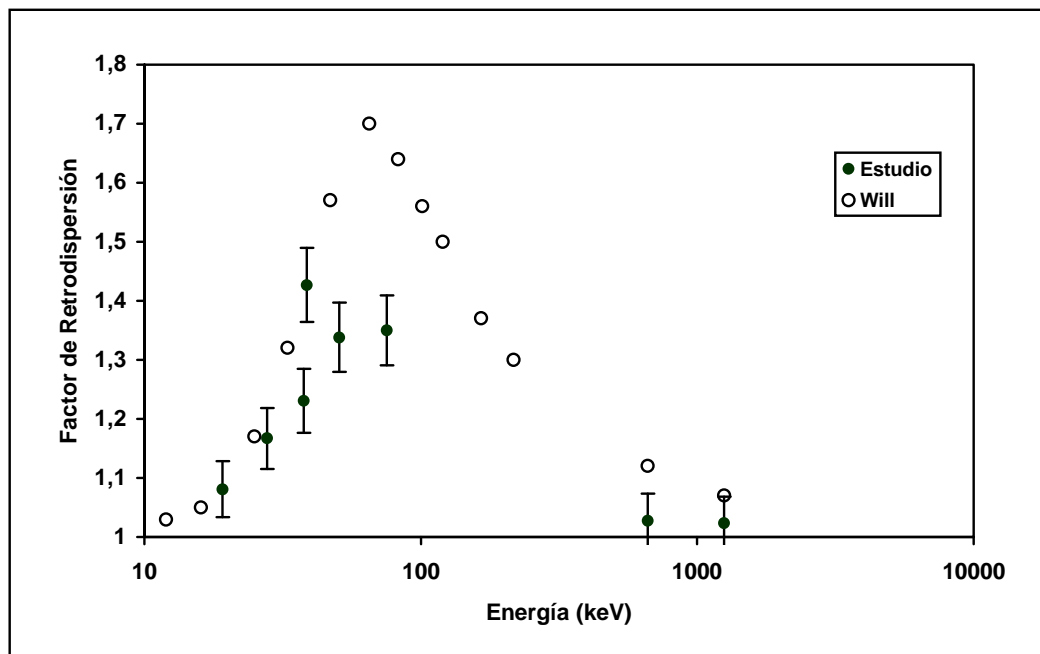
### 3. RESULTADOS

En la Tabla 4 se indican los valores de los factores de retrodispersión de los fantomas de agua y acrílico utilizados, para las diferentes calidades de radiación. Los valores entre paréntesis indican la incertidumbre en la determinación del factor B.

En la Figura 1 se muestran los factores de valores de retrodispersión hallados en este trabajo y los calculados por W. Will empleando dosímetros termoluminiscentes.

**Tabla 4.** Valores de los factores de retrodispersión para fantasmas de agua y acrílico.

Alto Voltaje (kV)	Energía Media (keV)	B	
		Agua	Acrílico
30	19,14	1,0813 ±0,0174 (1,61)	1,0768 ±0,0193 (1,79)
50	27,76	1,1666 ±0,0331 (2,83)	1,1654 ±0,0287 (2,46)
60	27,71	1,2308 ±0,0548 (4,45)	1,2490 ±0,0651 (5,21)
75	38,61	1,4267 ±0,0380 (2,66)	1,3313 ±0,0345 (2,59)
100	50,65	1,3377 ±0,0271 (2,03)	1,3339 ±0,0344 (2,58)
150	75,2	1,3493 ±0,0238 (1,77)	1,3173 ±0,0316 (2,40)
<sup>137</sup> Cs	662	1,0277 ±0,0207 (2,01)	1,0659 ±0,0120 (1,13)
<sup>60</sup> Co	1250	1,0234 ±0,0187 (1,02)	1,0233 ±0,0225 (2,20)



**Figura 1.** Factores de retrodispersión hallados con cámaras de ionización tipo lapicero (estudio) y con dosímetros termoluminiscentes (Will).

#### 4. CONCLUSIONES

El estudio ha permitido determinar los factores de retrodispersión de los fantasmas de agua y acrílico con incertidumbres menores que 6 % para haces de rayos X entre 30 y 150 kVp, y menores que 2% para fotones gamma del <sup>137</sup>Cs y <sup>60</sup>Co.

Debido a que las cámaras de ionización utilizadas absorben los fotones de baja energía, los valores de los factores de retrodispersión

hallados son menores a los hallados por W. Will mediante la técnica termoluminiscente.

La diferencia entre las exposiciones medidas en aire y en la superficie frontal de los fantasmas, que en promedio son del 7 % para las energías del <sup>137</sup>Cs y <sup>60</sup>Co; del 25 % para fotones X con energías entre 15 y 28 keV, y de 45 % para fotones X con energías entre 38 y 80 keV, muestran que es importante conocer los coeficientes de conversión

de los fantasmas y las calidades de radiación empleadas en la calibración de los dosímetros.

## 5. REFERENCIAS

- [1]. ICRU 47, Measurement of Dose Equivalents from External Photon and Electron Radiations, ICRU Report N° 47, USA, 1992.
- [2]. WILL, W., Measurement of Conversion Coefficients for Estimating for a Cuboid Water Phantom, Nuclear Safety and Radiation Protection Board of the GDR DDR-1157, Berlín, 1989.
- [3]. American National Standards Institute N° 13, American National Standard for Dosimetry Personnel - Dosimetry Performance - Criteria for Testing, 1983.
- [4]. BENAVENTE, T. A., Determinación del Espectro Continuo de Rayos x por Método de Absorción y Transformada de Laplace, UNMSM, Lima, 1992.