

## Calibración de patrón terciario en calidades N-ISO para radioprotección y dosimetría personal

Enrique Rojas<sup>1,\*</sup>, Lizet Seminario<sup>2</sup>

<sup>1</sup> División de Metrología y Dosimetría de Radiaciones del Instituto Peruano de Energía Nuclear, Av. Canadá 1470, Lima 41, Perú

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Piura. Av. Ramón Mugica 13, Piura, Perú

### Resumen

La calibración dosimétrica de los monitores de radiación y dosímetros personales en las distintas magnitudes radiológicas se realizan con el objetivo de obtener medidas exactas y confiables, por este motivo el Laboratorio Secundario de Calibraciones Dosimétricas (LSCD) calcula el factor de calibración dosimétrica y su incertidumbre asociada para cada rango de uso. El factor de calibración se realiza empleando el método de campos de radiación conocidos y su incertidumbre es calculada siguiendo las recomendaciones de la ISO. El LSCD calcula la incertidumbre expandida (U), con un factor de cobertura que brinda un nivel de confianza no menor al 95 %.

### Abstract

Dosimetric calibration of radiation monitors and personal dosimeters in different radiological quantities are performed in order to obtain accurate measurements, for this reason the SSDL calculates the dosimetry calibration factor and its associated uncertainty, for each range of use. The calibration factor is performed using the Known Radiation Field method and its uncertainty is calculated according to the ISO recommendations. The SSDL calculates the expanded uncertainty (U<sub>e</sub>) with a coverage factor that provides a level of not less than 95 % of confidence.

### 1. Introducción

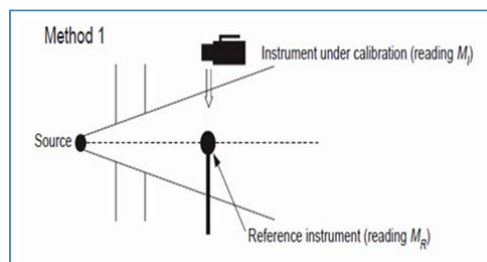
El LSCD/IPEN es un laboratorio de metrología y dosimetría de radiaciones ionizantes, encargado de establecer los estándares de medida, mantener su integridad, trazabilidad y disseminar sus unidades. Entre sus funciones está la calibración dosimétrica de los monitores de radiación (cámaras de ionización, Geiger Muller, Contador Proporcional, etc.) usados en protección radiológica a nivel nacional, con la finalidad de que los operadores de estos equipos realicen mediciones exactas de la magnitud radiológica empleada y mantengan su trazabilidad.

En el presente trabajo se describe el proceso de calibración de una cámara de ionización en calidades de radiación N-ISO (las normas ISO establecen el valor de la energía y la capa hemireductora en aluminio, para haces de rayos X, las que se llaman “calidades N, establecidas para espectros de longitud estrecho o narrow en inglés”) para ser utilizada como patrón terciario, pues presenta una buena calidad metroológica, a pesar de sus más de tres décadas de fabricación y poca información de su respuesta a las diferentes

calidades de radiación.

### 2. Método de calibración

El método de calibración utilizado es el de sustitución [1] (Figura 1), que consiste en medir el kerma de referencia con el patrón secundario (LS01) y bajo las mismas condiciones medir con el patrón terciario.



**Figura 1.** Calibración de cámaras de ionización por método de “sustitución”[1].

### 3. Patrón de referencia

El patrón de referencia considerado para este trabajo está compuesto por una cámara de ionización de 1000 cm<sup>3</sup> (Figura 2) y un electrómetro [2] calibrados en el Laboratorio

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

del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), el cual mantiene su trazabilidad al BIPM. Esta calibración fue realizada en el año 2011, en la magnitud kerma en aire y con una incertidumbre de  $\pm 0,8\%$  para un factor de cobertura  $k=2$ .



**Figura 2.** Posicionamiento de patrón de referencia en el haz de radiación.

Con los datos del certificado de calibración (Tabla 1) se caracterizan los haces de radiación gamma suministrado por el irradiador OB6 y X suministrado por el equipo de potencial constante ISOVOLT 225 implementado con calidades de uso en radioprotección [3].



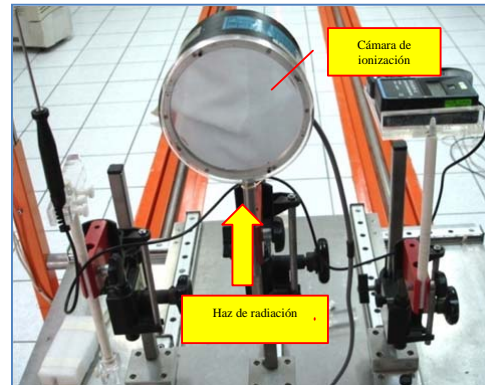
**Figura 3.** Los haces de radiación son proporcionados por los irradiadores de  $^{137}\text{Cesio}$ , Modelo OB6, Marca STS y de rayos X, Modelo ISOVOLT 225, Marca Pantak Seifert.

## 4. Calibración de patrón terciario

### 4.1 Facilidades de posicionamiento

El banco de calibración móvil tiene la función de fijar el equipo en las posiciones requeridas, garantiza la repetibilidad y exactitud en las mediciones, se utilizaron

soportes móviles con tres grados de libertad para el alineamiento de la cámara de ionización en el eje longitudinal del campo de radiación (Figura 4).



**Figura 4.** Posicionamiento del patrón terciario en el haz de radiación.

**Tabla 1.** Datos extraídos de los certificados de calibración PER/2001/4 y PER/2001/5, en donde se ha calibrado el patrón de referencia en términos de kerma en aire para calidades de radioprotección.

Calidad de radiación	$N_k$ ( $\mu\text{Gy}/\text{scaleunit}$ )	$U$ ( $k=2$ )
$^{137}\text{Cs}$ gamma-rays	25,3	0,2
N40	26,4	0,3
N60	24,3	0,3

### 4.2 Condiciones de calibración

El patrón terciario que se ha calibrado está compuesto por una cámara de ionización de  $600\text{ cm}^3$  marca: Nuclear Enterprises, modelo: 2530/1 y serie: 403 [4] (Figura 5) y un electrómetro marca: NE Technology, modelo: 2570/1 y serie 814[5].



**Figura 5.** Cámara de ionización de  $600\text{ cm}^3$  Marca Nuclear Enterprises modelo 2535/1 y serie 403.

#### 4.2.1 Procedimiento

- Voltaje de suministro de energía: 9.75 V.
- Voltaje de polarización: 124,25.
- El selector en 600 cc, modo CHARGE
- Rango: High.
- Caperuza de equilibrio para radiación gamma tipo B.
- Caperuza de equilibrio tipo A para rayos X.

#### 4.2.2 Irradiación

- Distancia fuente-punto efectivo de cámara de ionización: 1,5 m.
- Registro de lecturas considerando condiciones ambientales.

### 5. Calibración en calidades ISO

Para calcular el factor de calibración en términos de kerma en aire usamos las siguientes expresiones:

$$(M_1 - M_0)_u \cdot N_{kairp} = (M_1 - M_0)_u \cdot N_{kairu} \quad (1)$$

$$\frac{(M_1 - M_0)_u \cdot N_{kairp}}{(M_1 - M_0)_u} = N_{kairu} \quad (2)$$

Donde:

$M_1$  = lecturas en campo de radiación

$M_0$  = lecturas de fondo

$N_{kairp}$  = Factor de calibración en términos de kerma en aire del patrón secundario (0.0253 (mGy/nC))

$N_{ku}$  = Factor de calibración en términos de kerma en aire del patrón terciario.

### 6. Resultados

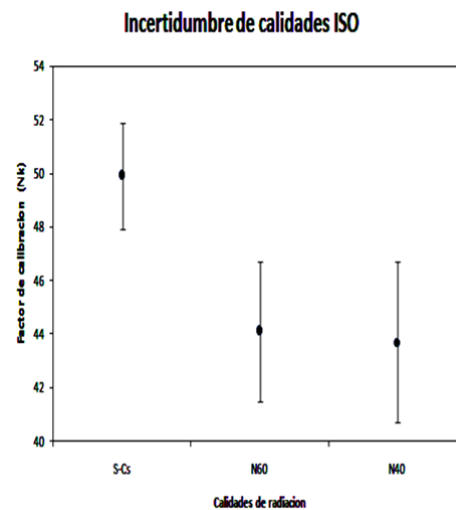
En la Tabla 2 se muestra los factores de calibración en términos de kerma en aire y sus respectivas incertidumbres las cuales están por debajo del  $\pm 5,0\%$ , resultado que permite calificar como patrón de referencia a la cámara de ionización. Los equipos normalmente utilizados para realizar mediciones de campo y que no son considerados de referencia, presentan incertidumbres superiores a  $\pm 10,0\%$ . Asimismo, se observa que la cámara de ionización si es sensible a kilo voltajes de rayos X de 40 y 60, respectivamente.

Cuando la energía del haz de radiación está

por debajo de 662 keV (energía para calidad S-Cs, la incertidumbre es mayor que 2,0%, esto se debe a la sensibilidad del electrómetro utilizado para esta calibración (Figura 6), en donde la desviación estándar de las lecturas para calidades N40 y N60 son más grandes que para la calidad de S-Cs.

**Tabla 2.** Factores de calibración de calidades ISO en términos de kerma en aire y sus respectivas incertidumbres.

Calidad	$N_k$ (Gy/nC)	U (%)
S-Cs	49,9	2.0
N40	43,7	3.0
N60	44,1	2.6



**Figura 6.** Factores de calibración y sus incertidumbres.

### 7. Conclusiones

Los patrones de radioprotección deben tener la sensibilidad para registrar lecturas cuando se exponen a haces de radiación con valores de energía entre 33 a 662 keV (calidades N40 a S-Cs, respectivamente).

Se obtienen resultados favorables (factores de calibración) al hacer funcionar la cámara de ionización de 600 cm<sup>3</sup>, con haces de radiación gamma y X. Como se trata de una tecnología de más de treinta años, no se cuenta con información del fabricante respecto de su respuesta. Actualmente, se viene implementando como un patrón terciario para mediciones de radiación gamma y X.

## **8. Bibliografía**

- [1].International Atomic Energy Agency. Calibration of radiation protection monitoring instruments. Safety Reports Series 16. Vienna: Austria; 2000.
- [2].International Atomic Energy Agency. Certificado de calibración No.PER/2011/4 – IAEA 2011-08-15.
- [3].International Organization for Standardization (ISO).ISO 4037. Part 3. X and gamma reference radiations for calibrating dosimeter and dose rate meters and for determining their response as a function of photon energy. Part 3: calibration of area and personal dosimeters and the measurement of their response as a function of energy and angle of incidence. Genève, Suiza; 1999.
- [4] Nuclear Enterprises Technology. Instruction Manual for 2575 600 cc thin window ionization chamber and 2576 stability check source.
- [5] Nuclear Enterprises Technology. Instructions Manual for Farmer Dosimeter Type 2570/1 A&B.