

EVALUACIÓN DE LAS MAGNITUDES DE INFLUENCIA Y SUS LIMITACIONES TECNOLÓGICAS

*Fernando López**

Resumen:

Este trabajo se enfoca en el cálculo teórico de las incertidumbres asociadas a la dosimetría de fotones de una fuente ^{137}Cs la cual será utilizada en un Laboratorio Secundario de Calibración Dosimétrica (LSCD). De esta forma se aborda el reconocimiento de las magnitudes de influencia que aportan la mayor incertidumbre y la elección correcta de la resolución del equipo auxiliar para obtener incertidumbres pequeñas acorde con la naturaleza del laboratorio.

Palabras Claves: Dosimetría, Incertidumbre, corrección, resolución, distribución

Abstract:

This paper focuses on the theoretical calculation of the uncertainties associated with the dosimetry of photons from a ^{137}Cs source which will be used in a Secondary Standard Dosimetry Laboratory (SSDL). This deals with the recognition of the influence quantities that provide the greatest uncertainty and the correct choice of the resolution of auxiliary equipment for small uncertainties in harmony with nature's laboratory.

Key words: Dosimetry, uncertainty, correction, resolution, distribution

INTRODUCCIÓN

Antes de realizar calibraciones en un Laboratorio Secundario de Calibración Dosimétrica (LSCD), se debe realizar en primer lugar en la dosimetría del haz a utilizar [1]. En este caso el haz corresponde a una fuente de ^{137}Cs , con una actividad de 20 Ci para fines de calibración de dosímetros de área y personales. En América Latina existen varios LSCD establecidos por cooperación del OIEA y la OMS [3] y actualmente se iniciara un servicio más en esta área en Nicaragua, Centro América. Tomando como base toda la experiencia de otros laboratorios como por ejemplo el LNMRI de Brasil, que cuenta con una larga trayectoria en implementación de

la norma ISO 17025, surge este trabajo con el propósito de determinar previo a la instalación las resoluciones más factibles para la reducción de la incertidumbre. Es a través de un sistema de gestión de la calidad y de la implementación de la norma ISO 17025 que se logra establecer la documentación escrita que describe gran cantidad de procedimientos[1], requisito sin equanon que garantiza la trazabilidad de otros laboratorios más recientes como el LSCD del Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones CPHR de Cuba, quienes en 2011 iniciaron las calibraciones en el área de radiodiagnóstico [2] aunque en áreas un tanto diferente la idea básica es la misma la definición del mensurando y establecimiento del método y procedimiento correcto para

* Profesor de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Departamento de Física. UNAN- Managua.

garantizar repetibilidad y reproducibilidad. Estos dos ejemplos demuestran que cada LSCD, tendrá sus propias características sin embargo en cuanto a trazabilidad deberá ser trazable a un laboratorio primario. Para lograr esto no basta solo en calibrar el equipo necesario sino conocer el sistema completo del laboratorio, esto incluye la climatización, sistema de posicionamiento, protección radiológica, pruebas y ensayos equipamiento principal y auxiliar con las resoluciones apropiadas para obtener incertidumbres en la medida de lo posible inferior a 5% sin dejar de mencionar que debe existir un sistema de gestión de la calidad y de la información que permita el estándar más alto de calidad para la satisfacción del cliente. Esta finalidad motiva una cuidadosa estrategia para dar como producto final un certificado de calibración con un valor del mensurando y su incertidumbre asociada.

DOSIMETRÍA DEL HAZ DE FOTONES

Definición del mensurando

El mensurando es la tasa de kerma en aire en un punto de interés (test point) en un volumen de una cámara de ionización en condiciones de referencia y considerando el tiempo de salida y entrada de la fuente[4], el efecto del posicionamiento de la misma y la capa necesaria de la cámara para reproducir la magnitud tasa de Kerma en aire.

La ecuación que representa nuestro modelo de la medición es:

$$\dot{K}(1m) = \left(\frac{\bar{Q}}{T} - \frac{Q_f}{T_f} \right) \varphi(\vartheta, P) N_K f_e K_Q C_f \quad (1)$$

Donde Q representa la lectura efectuada con el electrómetro, φ es el factor de corrección por presión y temperatura, N_K es el factor de calibración de la cámara de ionización, f_e es el factor del

electrómetro, K_Q factor de calidad de radiación y C_f es un factor de conversión equivalente al producto de 3600 X 1000 para que las unidades sean mGy/h.

Magnitudes de influencia

Corrección por presión y temperatura

El factor φ representa la corrección de las condiciones ambientales en la cámara la cual depende de la humedad relativa, de la temperatura y presión barométrica del lugar. La expresión para esta corrección es:

$$\varphi(\vartheta, P) = \left(\frac{a+\vartheta}{b} \right) \left(\frac{P_0}{P} \right) \quad (3)$$

Donde $a + \theta$ es la temperatura termodinámica expresando θ en grados centígrados, P es la presión barométrica de la sala, P_0 es la presión atmosférica, el factor a es 273,15 y b es 293,15

Corrección por el tiempo de tránsito de la fuente

El tiempo de tránsito de la fuente [dado por la expresión:

$$\Delta T = T \frac{(K_n - K_1)}{(nK_1 - K_n)} \quad (4)$$

Dónde: ΔT representa el tiempo que tarda la fuente en retornar a su posición segura, k_n es el kerma determinado para n irradiaciones, k_1 es el kerma para una irradiación, T el tiempo que dura una irradiación.

Corrección por fuga del electrómetro

La corriente de fuga va a afectar la lectura del electrómetro como se puede observar en (1), se representa por Q_f dividida por el tiempo T_f el incremento de la lectura por la corriente de fuga de la cámara, esta corrección debe ser hecha cada vez que al medir la corriente de fuga sea significativa en las lecturas del electrómetro.

Corrección por posicionamiento de la cámara

Este punto es crucial dado que las normas pertinentes indican que la cámara debe ser colocada de acuerdo a las especificaciones del fabricante [4],[5] en cuanto a la geometría de la misma, por tanto debe ser tomado en cuenta. Sin embargo otro punto es la posición en el riel o telémetro en este caso un punto de mucho interés es la posición a 1m una vez conseguido esto debe de registrarse un punto de referencia con el sistema luminoso de esta forma cualquier desviación será determinada en función de dicho punto este detalle no está escrito en la norma sin embargo es muy importante saber cómo se puede establecer condiciones de referencia en el posicionamiento.

Tomando en cuenta una resolución de 1mm en cuanto al posicionamiento desde la fuente al punto de interés si estimamos el error relativo porcentual obtendríamos como valor máximo $\pm 0.2\%$ para calibraciones en equipos de protección radiológica es muy pequeño.

Tabla 1. Distribuciones de probabilidades, sus medias y desviaciones estándar.

Distribución	Media y Desviación estándar
Rectangular	μ y $U(x_i) = \frac{a}{\sqrt{3}}$ donde a es el semi intervalo de la distribución
Triangular	μ y $U(x_i) = \frac{a}{\sqrt{6}}$ a es la base del triangulo
Normal	μ la media aritmética $\bar{X} = \left(\frac{\sum_i x_i}{n} \right)$ σ su varianza su estimador es $s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$ La incertidumbre es $s = \frac{(x_i)}{\sqrt{n}}$

Determinación de la incertidumbre

Combinada de la tasa de kerma en aire a 1m

Para determinar la incertidumbre asociada a nuestra medición debemos reconocer las fuentes de nuestras incertidumbres, efectuar las correcciones pertinentes y determinar la incertidumbre que estos efectos aportan a la misma. Muy importante es reconocer cual es la distribución de nuestra variables independiente de nuestro mensurando. Para dar una idea de estas distribuciones se muestra la tabla 1 la cual muestra la media y la desviación estándar correspondiente.

Una vez reconocida cada variable y su distribución se determina la incertidumbre estándar combinada asociada a nuestro mensurando [6] para ello hacemos uso de:

$$U(y)_c = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial y}{\partial x_i} \right)^2 U(x_i)^2} \quad (5)$$

de y representa el valor medio del mensurando y x_i los valores estimados de la variable de entrada. Una expresión alternativa asumiendo un mensurando en la forma:

$$Y = c X_1^{P_1} X_2^{P_2} \dots X_N^{P_N} \quad (6)$$

Viene dado por

$$\left(\frac{U_c(y)}{y} \right)^2 = \sum_{i=1}^N \left[P_i \frac{U(x_i)}{x_i} \right]^2 \quad (7)$$

Como podemos observar finalmente se puede expresar en unidades relativas es decir en porcentaje, sin embargo debe mencionarse que en (1) realmente las variables no todas tienen exactamente esta forma observe (3) sin embargo para los que si el cálculo es correcto y para los demás se calcula según (5) sin embargo al expresar la incertidumbre combinada dividida el mensurando las incertidumbres estándar

quedarán expresadas en unidades relativas y los coeficientes relativos de sensibilidad serán 1. La expresión que nos permite calcular la incertidumbre combinada relativa está dada por:

$$U_{c_{rel}} = (8) \sqrt{\left[\frac{U(L)}{L}\right]^2 + \left[\frac{U(T)}{T}\right]^2 + \left[\frac{U(P)}{P}\right]^2 + \left[\frac{U(\vartheta)}{a+\vartheta}\right]^2 + \left[\frac{U(f_e)}{f_e}\right]^2 + \left[\frac{U(N_K K_Q)}{N_K K_Q}\right]^2}$$

El factor N_K multiplicado por K_Q se debe a la relación que guardan dichos factores y su incertidumbre asociada.

CONCLUSIONES

Podemos observar que para obtener por ejemplo una incertidumbre menor o igual a 5% el termómetro debe tener una resolución de 0,01°C, el tiempo en el orden de 0,01 s o mejor, y para tiempos pequeños sería mejor del orden de milisegundos en el caso de la humedad importante es mantener las condiciones de calibración de la cámara y las condiciones ambientales dentro de las condiciones de referencias [2]. Es importante evaluar los efectos de la humedad y la uniformidad del campo de radiación.

Agradecimiento al Organismo Internacional de Energía Atómica, quien auspició mi estadía en Rio de Janeiro, Brasil y haber permitido la realización de este artículo. Al director del LNRMI Sr. Jose Ubiratan Delgado y a la Maestra Tânia Schrin por la aceptación de mi presencia en su laboratorio; al Dr. José Guilherme Pereira Peixoto por la dirección de este trabajo.

Referencias

- [1] Dosimetría das fontes radioativas de radioproteção, Código: PE2B-002, revisão 03, P 1, Instituto de Radiproteção e Dosimetria, Comssão Nacional de Energia Nuclear, Rio de Janeiro, 2003
- [2] Walwin-Salas Gonzalo, Martínez G. Alina, González Rodríguez Niurka, Vergara Gil Alex, Gutiérrez Lores Stefan, Establecimiento y disseminación en Cuba de patrones dosimétricos aplicados a radiología diagnostica. BCT INIMED No 1 de 2011, La Habana, Cuba
- [3] Einselhor Horst, Red de laboratorios de dosimetría con patrones secundarios, OIEA Boletín 19 No. 2.
- [4] ISO 4037 Part 2, X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and doseratemeters and for determining their response as a function of photon energy — Part 2: Dosimetry for radiation protection over the energy ranges 8 keV to 1,3 MeV and 4 MeV to 9 MeV
- [5] ISO 4037 part 3, X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and doserate 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. P 35.
- [6] Guia para a expressão da incerteza de medição, 3ra Edição revisada, INMETRO, agosto 2003
- [7] Spiegel M. Estadísticas y probabilidades, New York 1978.