

Ciencias Agronómicas, Tecnología y Salud

Determinación de intensidades totales de radioisótopos de uso común para la estimación de contaminación radiactiva superficial en Nicaragua.

Determination of Total Intensities of Commonly Used Radioisotopes for the Estimation of Surface Radioactive Contamination in Nicaragua.

Yasser Alberto Meynard Valverde¹

Fernando José López González²

RESUMEN

Este trabajo tiene por objetivo obtener las intensidades de emisión totales partiendo de las intensidades parciales a través de las monografías del BIPM Vol3 y Vol5. Esto fue necesario porque los datos son útiles para estimar las actividades de materiales radiactivos presentes en equipos medidores nucleares o fuentes radiactivas con fines de investigación.

PALABRAS CLAVE: Contaminación, Decaimiento, Energía, Intensidad total, Radioisótopo.

ABSTRACT

The objective of this research is to obtain the total emission intensities starting from the partial intensities through the BIPM Vol3 and Vol5 monographs. This was necessary because the data is useful for estimating the activities of radioactive materials present in nuclear gauges or radioactive sources with research purposes.

KEYWORDS: Radioactive contamination, Decay, Energy, Total intensity, Radioisotope.

INTRODUCCIÓN

Para determinar la contaminación radiactiva en un ensayo por frotis, además de conocer el radioisótopo y el tipo de decaimiento radiactivo, es necesario obtener la intensidad total de emisión para cada radioisótopo. Esta intensidad estará en función del tipo de partícula, los niveles de energía y origen del tipo de radiación emitida. Estos valores de intensidades totales ya existen tabulados en bases de datos cuyo acceso es costoso para países en vías de desarrollo. La dificultad principal fue la limitación de los datos debido a la limitación de recursos por lo que una forma de mitigar esta dificultad fue la construcción de tablas correspondientes. El reto principal fue conocer la filosofía de construcción de estas dado que cada isótopo tiene distintos tipos de emisión. Todo esto está enmarcado en nuestro caso como país en función de los requisitos de la ley 156 "Ley Sobre el Uso de las Radiaciones Ionizantes y su decreto 24-90 correspondiente. Este último se basa en todas las publicaciones del Organismo Internacional de Energía Atómica.

1- Centro de Investigación de Física de Radiaciones CIF-RAM / UNAN-Managua. Correo ymeynard@unan.edu.ni. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1243-9905>

2- Centro de Investigación de Física de Radiaciones CIF-RAM / UNAN-Managua. Correo flopez@unan.edu.ni. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6023-6678>

Ciencias Agronómicas, Tecnología y Salud

El objetivo de este trabajo fue crear estas tablas para que otros científicos de la región latinoamericana puedan tener acceso a los factores de intensidades de los radioisótopos estudiados que son los más comunes en equipos nucleares o fuentes de investigación.

MATERIALES Y MÉTODO

La metrología de la radiactividad tiene como interés principal determinar la cantidad de material radiactivo presente en una muestra obtenida por frotis. A simple vista, sería una determinación por medición directa dado que algunos equipos están calibrados en unidades de [Bq/cm²]. Según la norma ISO 7503-3 (2016), para determinar la concentración superficial de radiactividad se debe seguir un algoritmo matemático el cual incluye la intensidad total de emisión del radioisótopo en estudio, entre otros factores. Una vez incluido dentro de la ecuación correspondiente es, es posible determinar la concentración. Esto implica ahora que los usuarios finales deban conocer dicho algoritmo y no depender exclusivamente de la lectura directa de su equipo de medición porque no se ha tomado en cuenta en dicha calibración el área efectiva donde se realiza la prueba de frotis y por ende la concentración que indica el equipo no está correlacionada con el área real muestreada.

Es importante aclarar que en algunos países las autoridades reguladoras tienen límites para la fuga de material radiactivo de los medidores nucleares o fuentes radiactivas selladas en valores de actividad [Bq], como lo indica la norma mexicana, NOM-002-NUCL-2015 específicamente indica 185Bq. Según lo que se está exponiendo en este artículo esto representa una variante porque cuando hablamos de transporte y en caso de equipos móviles, es importante resaltar que la actividad se refiera a un área donde fue tomada esta muestra y por tanto el valor no está referido a una superficie sino a la actividad neta encontrada. La norma ISO antes citada elimina esta ambigüedad al determinar la concentración superficial [Bqcm-2]. En este caso la norma de seguridad N° TS-R-1 Reglamento para el Transporte Seguro de Materiales Radiactivos del Organismo Internacional de Energía Atómica (1996Revisada), si especifica valores para la contaminación superficial en su párrafo 508 y 504 respectivamente.

Figura 1: Montaje de medición de frotis con detector



Ciencias Agronómicas, Tecnología y Salud

En la Figura 1, se observa que el equipo está midiendo una muestra de frotis y el modo de medición que está activado es el modo de tasa de conteo [CPS]. Esto fue debido a que se aplicó el algoritmo de la ISO 7503-parte 3 para un área determinada, aunque el equipo permita medir directamente [Bq/cm²].

En la siguiente figura se observa la estructura final de la tabla donde se determinan las intensidades totales para cada rango de energía y tipo de partícula sea esta alfa, gamma o beta.

Figura 2: Formato de la tabla en función del parámetro rango de energía

	Energías [keV] por tipo de radiación				
ε_i [keV]	Rango 1	Rango 2	Rango 3	...	Rango n
ε_1 [keV]	a	b	c	...	x
ε_2 [keV]	a'	b'	c'	...	x'
ε_3 [keV]	a''	b''	c''	...	x''
...
ε_n [keV]	a ⁿ	b ⁿ	c ⁿ	...	x ⁿ
$\sum \eta_{i,j}$	η_1	η_2	η_3	...	η_n

Para determinar las intensidades totales se consideraron los tipos de radiaciones emitidas por los radioisótopos. Dentro de ellos, están la emisión de Rayos X, electrones de Auger, captura electrónica y emisión alfa, beta y gamma (Figura 2). Una restricción matemática en cuanto a las intensidades individuales por rango energético fue que aquellas emisiones menores a 0,01 no fueron consideradas tal como se indica en la norma ISO antes mencionada. Esto se argumenta porque el porcentaje es tan pequeño que no afecta los cálculos aproximados. La forma de arreglar los rangos de energía se corresponde con los indicados en la tabla B.4 de la ISO 7503-2 (2016). En otros casos es necesario agregar la emisión como fue el caso del ²⁴¹Am que tiene emisiones alfa y gamma.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos se muestran resumidos en la siguiente figura

Ciencias Agronómicas, Tecnología y Salud

Figura 3: Intensidades totales en función del rango de energía para beta y gamma.

	Radiación α	Radiación β			
η_{Lc}	>5000 keV	40-70 keV	70 - 140 keV	140 - 400 keV	> 400 keV
¹³¹ I	0.000000	0.056000	0.084720	0.915930	0.000000
⁶³ Ni	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000
⁹⁰ Sr	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000
¹³⁷ Cs	0.000000	1.007600	0.000000	0.000000	0.184100
²³⁸ Pu	0.999950	0.000000	0.000937	0.000000	0.000000
²⁴¹ Am	1.000140	0.083300	0.002930	0.000000	0.000000
⁶⁰ Co	0.000000	0.000000	0.000000	0.998800	0.001466
²¹⁰ Po	0.999988	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
⁸⁸ Y	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.002662
Radiación γ					
η_{Lc}	5 - 15 keV	15 - 90 keV	90 - 300 keV	>300 keV	
¹³¹ I	0.000000	0.084580	0.063254	0.911012	
⁶³ Ni	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	
⁹⁰ Sr	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	
¹³⁷ Cs	0.009000	0.071270	0.000000	0.849900	
²³⁸ Pu	0.106300	0.039700	0.000000	0.000000	
²⁴¹ Am	0.376000	0.384279	0.000000	0.000000	
⁶⁰ Co	0.000000	0.000000	0.000000	1.998326	
²¹⁰ Po	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	

En el caso del I-131, el valor que no coincide con el de la Tabla B.4 de la ISO 7503-3 (2016) es el valor de intensidad de la energía para el rango 140-400 keV por no encontrarse declarado uno de los valores de energía correspondiente en la Monographie BIPM-5 Table of Radionuclides Vol.1. Los valores de intensidad se determinan a partir de las probabilidades de emisión en la región de energía para ello se tomaron los valores de las emisiones para cada isótopo de acuerdo con los valores publicados en la monografía número 5 del BIPM. Los restantes isótopos aquí abordados no están mencionados en la norma ISO 7503- 3 (2016) y constituyen nuevos valores para las determinaciones de concentración de estos radioisótopos presentes en frotis.

CONCLUSIONES

Se encontró que, siguiendo la metodología prescrita por la ISO 7503-3 (2016), se pueden construir las tablas para las intensidades en función de los tipos de desintegración tomando como fuente las monografías del BIPM. Las tablas compiladas se podrían obtener de otras fuentes directas pero su costo motivó este trabajo para resolver un problema técnico y científico de gran interés local.

Ciencias Agronómicas, Tecnología y Salud

Estas tablas resultan útiles para un laboratorio de metrología de la contaminación radiactiva que, siguiendo la metodología de la norma ISO, resuelve una necesidad regulatoria en dichos países.

Agradecimientos

Especial agradecimiento la Dirección de Normalización y Metrología Legal del Ministerio de Fomento, Industria y Comercio de la República de Nicaragua.

REFERENCIAS

BAAsamblea Nacional de la República de Nicaragua (1993) LEY N°. 156, LEY SOBRE RADIACIONES IONIZANTES. N° 73, 21 de abril de 1993. <http://legislacion.asamblea.gob.ni/>

BIPM(Bureau Internationale des Poids et Measure) 2006. Monographie BIPM-5 Table of Radionuclides. Vol3.

BIPM(Bureau Internationale des Poids et Measure) 2010. Monographie BIPM-5 Table of Radiunuclides. Vol5.

IAEA, Reglamento para el Transporte Seguro de Materiales Radiactivos, N° TS-R-1 (2002), Viena.

ISO (International Organization for Standardization) 2016. Measurement of Radioactivity-Part1-3

Krane,Kenenth S. 1988 Jhon Wely and Sons. Introductory Nuclear Physics. New York, 845p.

Secretaría de Energía (2015), NORMA Oficial Mexicana NOM-002-NUCL-2015, Pruebas de fuga y hermeticidad para fuentes selladas, 26 de octubre del 2015. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/122281/NOM-002-NUCL-2015.pdf>