

## **PROGRAMA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DE LA PRÁCTICA DE MEDIDORES NUCLEARES EN EL CPHR**

**Niurka González Rodríguez<sup>11</sup>, Pedro Ibrahim Díaz Guerra<sup>2</sup>, Eduardo A. Capote Ferrera<sup>1</sup>, Milagros Derivet Zarzábal<sup>1</sup>, Jorge A. Carrazana González<sup>1</sup>, Isis Ma. Fernández Gómez<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones,  
<sup>2</sup>Centro Nacional de Seguridad Nuclear

### **RESUMEN**

El uso de medidores nucleares móviles con fuentes de radiación gamma y neutrónica, en condiciones de campo, para la determinación de densidad u otras propiedades de varios materiales sólidos, así como mediciones de nivel de líquidos, es una práctica comúnmente extendida a nivel internacional y su diseño, incluida la localización de la fuente dentro del dispositivo, puede variar entre otras razones, debido al uso al que el mismo está destinado así como a las características del medio en que serán utilizados.

En el CPHR se utilizan dos métodos de medición con estos dispositivos, el de transmisión directa para el caso de estudios de perfilaje gamma y el de retrodispersión para el caso de estudio de perfilaje neutrónico.

El trabajo presenta el Programa de Seguridad y Protección Radiológica desarrollado e implementado para esta práctica, como parte del proceso de obtención de su Licencia de Operación, requisito establecido en el marco regulador nacional cubano en materia de seguridad radiológica. El mismo incluye los elementos relacionados con sus sistemas de gestión, el control de las exposiciones, ocupacional y del público y el transporte de las fuentes radiactivas empleadas.

Se realizó además la evaluación de seguridad de la práctica aplicando la metodología de matrices de riesgo que incluyó la estimación de las dosis esperadas en condiciones normales de operación y en situaciones de emergencias radiológicas, para lo cual se identificaron los posibles sucesos iniciadores de secuencias accidentales, la descripción de sus consecuencias desde el punto de vista radiológico y de las barreras de seguridad para prevenir y mitigar situaciones de accidentes, así como una valoración de los riesgos asociados con su operación.

### **1. INTRODUCCIÓN**

El uso de medidores nucleares móviles con fuentes de radiación gamma y neutrónica, en condiciones de campo, para la determinación de densidad u otras propiedades de sólidos, concretos y otros materiales, es una práctica comúnmente extendida a nivel internacional y su diseño, incluida la localización de la fuente dentro del dispositivo, puede variar entre otras razones, debido al uso al que el mismo está destinado.

Existen dos métodos básicos de medición con medidores móviles: el de transmisión directa y el de retrodispersión. El primero de ellos es utilizado entre otros, con el objetivo de medir la densidad de sólidos y basa su funcionamiento en la medición de la radiación transmitida desde una fuente radiactiva hacia el detector a través de un material interpuesto, mientras que en el método de retrodispersión, la radiación es dirigida a la superficie del objeto de estudio, midiéndose la dispersada o reflejada hacia el detector.

---

<sup>1</sup> niurka@cphr.edu.cu

En el Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR), de Cuba, se utilizan ambos métodos de medición para realizar servicios de perfilaje; el de transmisión directa para el caso del perfilaje gamma y el de retrodispersión para el caso del perfilaje neutrónico, para lo cual las fuentes radiactivas son trasladadas hacia las instalaciones del cliente.

Como práctica que emplea radiaciones ionizantes, y en cumplimiento de la regulación nacional vigente en materia de seguridad radiológica, el empleo de medidores nucleares móviles debe contar con una Licencia de la Autoridad Reguladora Nacional para lo cual debe confeccionar un Expediente de Seguridad que incluye la Evaluación de Seguridad de la práctica. Este último proceso incluye la estimación de las dosis esperadas, tanto para TOE como para el público, en condiciones normales de operación y en situaciones de emergencias radiológicas.

Los riesgos radiológicos asociados a esta práctica son básicamente por exposición externa a radiación gamma y neutrónica.

## **2. DESARROLLO**

El CPHR realiza la práctica de medidores nucleares portátiles en la industria, la cual incluye la calibración, el montaje, la operación de los sistemas para la medición de parámetros de densidad, nivel, consistencia, obstrucciones, sedimentos e incrustaciones, por las técnicas de transmisión y retrodispersión gamma y neutrónica. Para ello cuenta con un inventario consistente en dos fuentes radiactivas, una de un emisor gamma (Cobalto-60) y otra de neutrones (Americio-241 – Berilio).

Las operaciones relacionadas con la práctica pueden agruparse en el almacenamiento de fuentes selladas, tanto en el CPHR como en las instalaciones donde se realizan los trabajos de perfilaje, el mantenimiento de los diferentes dispositivos, el empleo de fuentes radiactivas selladas y su transporte.

### **2.1. Programa de Protección Radiológica**

Para el desarrollo de la práctica de medidores nucleares móviles en el CPHR, en cumplimiento de la regulación nacional vigente, se desarrolló e implementó un Programa de Protección Radiológica (PPR) que fue evaluado y aprobado por la Autoridad Reguladora Nacional en materia de seguridad radiológica para el otorgamiento de la Licencia de Operación.

Este programa incluye dentro de sus elementos la descripción del Sistema de Gestión de la práctica el cual se inserta dentro del Sistema de Gestión del CPHR, que tiene un enfoque de proceso basado en la norma ISO NC 9001 que alcanza a todas sus actividades. Se definieron, dentro de la estructura organizativa de la entidad, las responsabilidades y funciones de todos los cargos con implicaciones en la protección radiológica y se desarrolló un programa de capacitación inicial y continuada para todo el personal.

Como parte del proceso se identificaron los dispositivos, sistemas y elementos importantes para la seguridad de la práctica, definiendo sus programas de mantenimiento y ensayos periódicos así como los servicios de soporte a la seguridad radiológica.

Dentro del control de la exposición ocupacional se realizó una evaluación de las dosis esperadas para los TOE, definiéndose las necesidades y métodos de vigilancia radiológica individual, la que incluye el control de las dosis efectivas y en algunos casos, de las dosis equivalentes en extremidades. Igualmente se desarrolló el programa de vigilancia radiológica de las instalaciones, que abarca el almacén donde se mantienen las fuentes radiactivas mientras no estén utilizando, los puestos de trabajo donde se realizan labores de mantenimiento de dispositivos y de trasvase de fuentes y el vehículo donde se transportan las fuentes hacia las instalaciones donde se realizan las labores de perfilaje.

El control de la exposición del público se basa fundamentalmente, además del programa de vigilancia radiológica, en la señalización y la limitación del acceso a las zonas donde se almacenan o se trabaja con las fuentes radiactivas además del cumplimiento del Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos (señalización y etiquetado de los bultos con las fuentes radiactivas, señalización del vehículo) vigente en el país.

El empleo de los medidores nucleares móviles se realiza sobre la base de procedimientos documentados y aprobados, que se revisan periódicamente y un sistema de registros que permite en todo momento conocer el desempeño de la práctica.

## **2.2. Evaluación de Seguridad**

Como parte integrante del Expediente de Seguridad de las prácticas, está establecida la realización de la Evaluación de Seguridad de las mismas. Este proceso, para el empleo de los medidores nucleares móviles, incluyó la estimación de las dosis esperadas para TOE y miembros del público en condiciones de operación normal y de accidente radiológico, se identificaron, por cada etapa de la práctica, los posibles sucesos iniciadores de secuencias accidentales, se describieron sus consecuencias desde el punto de vista radiológico y sus barreras de seguridad para prevenir y mitigar situaciones de accidentes, lo que permitió hacer una valoración de los riesgos asociados con su operación.

La estimación de las dosis esperadas en condiciones de operación normal se realizó a partir de los procedimientos de trabajo, teniendo en cuenta las cargas de trabajo previstas. Como resultado se obtuvo, que se esperan dosis anuales por exposición ocupacional y del público que cumplen con los niveles de restricción establecidos para esta práctica en la regulación nacional.

Igualmente se estimaron las dosis para el caso de las situaciones accidentales de interés, evaluando en cada caso los escenarios correspondientes descritos en el documento “Cantidades peligrosas de materiales radiactivos (valores D)” del OIEA.

La identificación de los sucesos iniciadores se realizó utilizando una técnica análoga al método de Análisis de Peligros y Operatividad (HAZOP, por sus siglas en inglés) y la evaluación de los sucesos se realizó utilizando la Metodología de Matrices de Riesgo, la cual tiene como

objetivo final clasificar el riesgo por niveles, la que se consideró suficiente para la toma de decisiones en relación con la seguridad de la práctica.

Fueron identificados en total 17 posibles sucesos iniciadores de secuencias accidentales, se identificaron las personas afectadas en cada caso, la frecuencia de ocurrencia del suceso ( $f$ ), las barreras de seguridad para cada uno y su probabilidad de falla ( $p$ ), y se evaluaron las consecuencias desde el punto de vista radiológico ( $C$ ). Todo ello permitió evaluar de forma cualitativa el riesgo en cada caso. Un resumen del resultado de este proceso se presenta en la Tabla No. 1.

**Tabla No. 1. Resumen de los valores asignados a las variables independientes  $f$ ,  $P$  y  $C$  y resultado de la aplicación de la matriz de riesgo para cada suceso iniciador identificado.**

Etapa	Suceso iniciador	Personas afectadas	Frecuencia	Probabilidad de falla de barrera(s)	Consecuencias	Riesgo
1.	1.1	Público	$f_{MB}$	$p_{MB}$	$C_B$	$R_B$
	1.2		$f_{MB}$	$p_{MB}$	$C_{MA}$	$R_M$
	1.3	TOEs y público	$f_{MB}$	$p_{MB}$	$C_B$	$R_B$
2.	2.1	Público	$f_B$	$p_B$	$C_M$	$R_B$
	2.2	TOEs y público	$f_B$	$p_B$	$C_B$	$R_B$
3.	3.1	TOEs y público	$f_{MB}$	$p_{MB}$	$C_M$	$R_B$
	3.2		$f_{MB}$	$p_{MB}$	$C_M$	$R_B$
	3.3		$f_{MB}$	$p_B$	$C_M$	$R_B$
	3.4	Público	$f_B$	$p_M$	$C_B$	$R_B$
	3.5		$f_{MB}$	$p_B$	$C_{MA}$	$R_M$
	3.6	TOEs y público	$f_{MB}$	$p_{MB}$	$C_M$	$R_B$
	3.7		$f_{MB}$	$p_{MB}$	$C_M$	$R_B$
	3.8		$f_B$	$p_B$	$C_B$	$R_B$
4.	4.1	Público	$f_{MB}$	$p_{MB}$	$C_{MA}$	$R_M$
	4.2	TOEs y público	$f_B$	$p_B$	$C_{MA}$	$R_M$
5.	5.1	TOEs y público	$f_B$	$p_{MB}$	$C_{MA}$	$R_M$
	5.2	TOEs y público	$f_M$	$p_B$	$C_B$	$R_B$

Como resultado se obtiene que no existen secuencias accidentales con alto riesgo para ninguno de los grupos de personas expuestas. Sin embargo, existen algunos sucesos iniciadores que pueden dar lugar a secuencias con un riesgo medio, en los cuales el grupo de personas afectadas es el público y son básicamente los relacionados con la pérdida de fuentes radiactivas. En todos los casos las consecuencias de estos sucesos pueden ser muy altas, lo que está dado por las dosis que pueden llegar a recibirse si tienen lugar determinados escenarios. Esto es indicador de la importancia del cumplimiento de los procedimientos de trabajo así como de las medidas de seguridad radiológica y física tanto en las instalaciones como durante el traslado de las fuentes de una entidad a otra.

### 3. CONCLUSIONES

Fue desarrollado e implementado un Programa de Protección Radiológica para la práctica de empleo de medidores nucleares móviles en la industria para trabajos de perfilaje gamma y neutrónico, que fue evaluado y aprobado por la Autoridad Reguladora nacional como parte del proceso de su licenciamiento.

Se realizó la Evaluación de Seguridad de la práctica, que dio como resultado que no existen sucesos iniciadores que den lugar a secuencias accidentales de riesgo alto, aun que sí algunas de riesgo medio de ahí la importancia del cumplimiento de los procedimientos de trabajo así como de las medidas de seguridad radiológica y física establecidas para cada etapa de la práctica. Las dosis de radiación esperadas en condiciones de operación normal, tanto del personal ocupacionalmente expuesto como para el público, cumplen con las restricciones establecidas en la regulación nacional.

### 4. REFERENCIAS

1. “Reglamento sobre Notificación y Autorización de prácticas y actividades asociadas al empleo de Fuentes de Radiaciones Ionizantes”. Resolución No. 334/2011 del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, CITMA. Cuba.
2. Guía “Evaluación de Seguridad de Prácticas y Actividades Asociadas al Empleo de Fuentes de Radiaciones Ionizantes”. Resolución No. 17/2012 del Centro Nacional de Seguridad Nuclear (CNSN). Cuba.
3. “Guía de seguridad para la práctica de Medidores Nucleares”. Resolución No. 15/2012 del Centro Nacional de Seguridad Nuclear (CNSN). Cuba.
4. “Cantidades peligrosas de materiales radiactivos (valores D)”. EPR-D – Values 2006. OIEA
5. Informe de Seguridad del Laboratorio de Vigilancia Radiológica Ambiental para la práctica de medidores nucleares en la industria. CPHR. 2012.
6. Manual del Curso Regional de Protección Radiológica y Seguridad de fuentes de radiación. Buenos Aires, Argentina. 2008.
7. Plan de Emergencias Radiológicas del CPHR. 2014.
8. Protección Radiológica en la aplicación de las técnicas nucleares. Colectivo de autores. CPHR y CNSN. 2002.