



Experiencia en Cuba en el licenciamiento durante la importación, puesta en servicio y operación de un irradiador isogamma llco

Yamil López Forteza; Yolanda Pérez Reyes; José R. Quevedo García, Igor I. Sarabia Molina, Leonel Omarovich González y Omar Cruz Zubiaur

Centro Nacional de Seguridad Nuclear (CNSN)
Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA)
Calle 28, N° 504, entre 5ta y 7ma Av. Playa
La Habana. Cuba

yamil@oraseen.co.cu; yolanda@oraseen.co.cu; quevedo@oraseen.co.cu

RESUMEN

El Centro Nacional de Seguridad Nuclear (CNSN) en calidad de órgano regulador cubano ha prestado especial atención a la verificación del cumplimiento de los requerimientos de seguridad durante el licenciamiento de prácticas de categoría 1 (extremadamente peligrosas) asociadas al empleo de radiaciones ionizantes.

En el trabajo se exponen las experiencias adquiridas durante el proceso de licenciamiento de un irradiador modelo ISOGAMMA LLC_o, conforme a las recomendaciones del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). Se detallan los aspectos relacionados con la evaluación de seguridad, así como el control y verificación de los requisitos de seguridad radiológica y física en las diferentes etapas del proceso (importación, transportación, instalación del irradiador, carga de las fuentes de ⁶⁰Co, puesta en servicio y operación) del irradiador recientemente instalado en Cuba.

Los resultados de la evaluación realizada constituyen una fuente de referencia y de consulta necesaria para el trabajo del órgano regulador a tener en cuenta para procesos similares que se avecinan en otras instalaciones de irradiación.

1. INTRODUCCIÓN

En Cuba, en el Reglamento “Normas Básicas de Seguridad Radiológica” [1] prescriben los requisitos básicos para la protección contra los riesgos inherentes a la exposición a la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación. La aplicación de las NBSR se fundamenta en que exista una autoridad reguladora que desempeñe sus responsabilidades en materia de protección y seguridad radiológicas.

El logro y el mantenimiento de un nivel elevado de seguridad en la utilización de las fuentes de radiación se deriva de la existencia del Centro Nacional de Seguridad Nuclear (CNSN) como órgano regulador nacional que establece y aplica un sistema autorizaciones con miras al control de las fuentes de radiación. El examen y evaluación de la documentación presentada y otorgamiento de las solicitudes de autorización (en forma de permiso o una licencia) resultan partes integrantes de este mecanismo.

El proceso de autorización del irradiador ISOGAMMA LLC, se extendió por seis meses y en el mismo participaron un total de 11 especialistas (4 del órgano regulador, 5 del Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear-CEADEN como usuario final, y 2 de la Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas- ENIA-INVESCONS como expertos consultados). Las operaciones de montaje y carga del irradiador fueron realizadas por 4 expertos del Instituto de Isótopo Co., Ltd de Hungría; participando además 3 especialistas del órgano regulador y 2 del CEADEN para verificar el cumplimiento de los requisitos de seguridad radiológica y física establecidos en la autorización vigente.

La aprobación en 2011 de la Resolución No. 334 del CITMA “Reglamento sobre Notificación y Autorización de prácticas y actividades asociadas al empleo de fuentes de radiaciones ionizantes” ha posibilitado profundizar en la regulación el proceso de autorizaciones, a partir de las normas y las recomendaciones internacionales [2], [3]. Este documento ha permitido atemperar el proceso a las actuales condiciones del país y fortalecer el control de las fuentes de radiaciones ionizantes, en

aras de garantizar su uso seguro en beneficio de la sociedad, sin riesgos indebidos para las personas, bienes y el medio ambiente.

En el proceso de licenciamiento del irradiador ISOGAMMA LLCO involucró 4 solicitudes de autorización, otorgándose las siguientes: *Permiso de Importación; Certificado de Aprobación para la Expedición de Materiales Radiactivos para bulto Tipo B(U) con fuente de Co-60; Permiso de Modificación y Licencia Institucional de Operación.*

En el presente trabajo se exponen las experiencias adquiridas durante el proceso de autorización de un irradiador modelo ISOGAMMA LLCo, garantizando el cumplimiento de los requisitos de seguridad radiológica y física durante las etapas de importación, transportación, montaje, carga, puesta en servicio y operación de este irradiador.

2. IMPORTACIÓN Y TRASPORTE DEL IRRADIADOR

2.1. Generalidades

Al caracterizar el proceso de autorización para la importación de fuentes radiactivas del irradiador ISOGAMMA LLCo en Cuba, es necesario tomar en consideración que además del acto de importación se realiza el transporte el material radiactivo (bulto Tipo B(U) con fuentes de Co-60) desde el puerto de entrada (Terminal de Contenedores Puerto Habana (TCH)) al usuario final (CEADEN)). En tal sentido deberá ser cumplido por el transportista (Empresa de Donativos-EMED) los requisitos de seguridad radiológica y física de la actividad importada hasta el usuario definitivo.

EL CNSN prestó especial interés al cumplimiento de los requisitos de seguridad (radiológica y física) para el otorgamiento de un Permiso de Importación, y fue sometido a análisis como parte de la evaluación, las consiguientes operaciones de transporte que se realizarían en el territorio nacional para el otorgamiento de un Certificado de Aprobación para la Expedición de Materiales Radiactivos para el bulto Tipo B(U) con fuente de Co-60 .

Con esta finalidad, estableció una estrategia consecuente basada en exigencias complementarias a las ya recogidas en el Reglamento vigente [4]. A continuación se exponen de forma detallada los aspectos relativos a estas etapas del proceso de importación y transporte.

2.2. Requerimientos para la importación (*Permiso de Importación*)

Para la importación del irradiador ISOGAMMA LL Co se concedió a la Empresa importadora EMED el correspondiente “*Permiso de Importación*”. Los requisitos de documentación establecidos para evaluar la concesión de la autorización incluyeron: la presentación de un documento legal que demuestre que la entidad importadora está autorizada a realizar la importación de fuentes radiactivas, la partida arancelaria, los datos de las fuentes a importar: características físicas, radio-nucleido, actividad y su fecha de referencia, número de series de las fuentes, modelo, fabricante y categoría de la fuentes); el certificado de fabricación y clasificación según la ISO 2919; el certificado de verificación de la hermeticidad (en correspondencia con la ISO 9978); el certificado de aprobación del diseño del bulto radiactivo para la transportación de bultos Tipo B(U) según el reglamento para el transporte de materiales radiactivo [4], [5]; el destinatario final de la importación (incluido su consentimiento para recibir el irradiador y las fuentes radiactivas), la terminal marítima prevista para el arribo de las fuentes y la fecha prevista de recepción, así como además y declaración expresa del usuario con su compromiso de concertación de contrato, u otra garantía, para la devolución al fabricante de las fuentes radiactivas gastadas o declaradas en desuso por cualquier causa.

La evaluación de la documentación presentada coexistió con la emisión por separado de un *Permiso de Importación* y de un *Certificado de Aprobación* de expedición para su transporte desde el punto de recepción hasta el usuario final según se establece en [4]. El *Permiso de Importación* concedido incluyó, en sus condiciones de vigencia, aspectos relativos al transporte del material radiactivo como son: el bulto se transportará siguiendo la ruta aprobada por la Dirección de Protección del Ministerio del Interior (MININT) y el destinatario final deberá corroborar el valor del Índice de Transporte mediante la medición directa al momento de la recepción del bulto.

Como parte de las evaluaciones previas a la importación de las fuentes, se realizó el análisis y evaluación del lugar donde sería instalado el irradiador ISOGAMMA LLCo. El local destinado a este equipo ha albergado con anterioridad dos irradiadores de investigación de fabricación rusa, uno tipo PX-Gamma-25M (que en el año 2010 fue desmantelado y gestionado como fuente en desuso) y otro tipo PX-Gamma-30 que aún permanece en operación.

A fin de evaluar las características técnicas del mencionado local, incluido el blindaje, se estableció como requerimiento invalidante de la importación el disponer con antelación de la documentación técnica del irradiador ISOGAMMA LLCo (manual técnico y manual de servicio y mantenimiento, incluidos sus planos constructivos) y su presentación al órgano regulador de conjunto con un Informe de Seguridad que evaluara su instalación en el local específicamente destinado a ello. Este informe debería incluir, entre otros aspectos, los relativos a la evaluación del blindaje, en correspondencia con las condiciones constructivas del local; las estimaciones de dosis para el personal y público; la descripción de los elementos, sistemas y componentes importantes para la seguridad; y el manual de seguridad radiológica con las reglas locales para su operación. Esta documentación permitiría evaluar el cumplimiento de los requisitos de seguridad aplicables al posterior montaje y operación de la instalación. Resultó relevante la evaluación de la estructura del piso por incremento de la carga a 10 toneladas al instalar el nuevo irradiador, aspecto este que demostró la importancia del establecimiento de coordinaciones con otros organismos sobre las cuestiones relativas a la seguridad radiológica. La Tabla 1 resume, para el caso de la importación del irradiador ISOGAMMA LLCo la cooperación establecida entre el CNSN y otras instituciones nacionales.

Tabla 1. Organismos con los cuales el CNSN estableció un enlace sobre cuestiones relativas a la seguridad radiológica

<i>Organismo</i>	<i>Cuestiones relativas a la seguridad radiológica</i>
Aduana General de la República	– Control de la importación del Bulto(U) con fuente radiactivas Co-60, actividad total 907.06TBq
Departamento de Protección de Sustancias Peligrosas. MININT	– Aprobación de las rutas para el transporte del Bulto(U) – Certificación del estado técnico y los medios de extinción de incendios del vehículo de transporte
Policía Nacional Revolucionaria. MININT	– Escolta policial durante el traslado del bulto Tipo B(U) del irradiador desde la Terminal Marítima de la Habana, hasta el CEADEN.
Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas (IVESCONS), Unidad de Investigación La Habana. Ministerio de la Construcción	Evaluación estructural de la losa donde será instalado el irradiador ISOGAMMA LLCo.

Las coordinaciones CNSN-Aduana General de la República (AGR) facilitaron la realización de la inspección de seguridad radiológica (visual, documental, monitoreo de contaminación superficial e identificación de radionúclidos) del bulto Tipo B(U) en el buque, como se muestra en la Fig. 1, antes de proceder a su descarga, verificándose la consistencia con las declaraciones y autorizaciones emitidas.



Figura 1. Verificación por CNSN de las condiciones de seguridad radiológica del bulto radiactivo al arribo del buque en la terminal marítima

En la Tabla 2 se observan los resultados de las mediciones realizadas al contenedor en el buque de transporte. Los resultados del monitoreo realizado confirman el cumplimiento de las condiciones de seguridad. Las mediciones realizadas muestran que el nivel de radiación, en las condiciones de transporte rutinario no exceda de 2 mSv/h en ningún punto de la superficie externa del medio de transporte, ni de 0,1 mSv/h a 2 m de distancia de la superficie externa del medio de transporte y los valores de contaminación superficial.

Tabla 2. Resultados de las mediciones realizadas al contenedor conteniendo el bulto Tipo B(U) con fuente Co-60 en el buque.

Puntos de medición		Resultados					
		(1) $\mu\text{Sv/h}$		(2) $\mu\text{Sv/h}$		(3) CPS	
Fondo		0.05		0.04		6.5	
1	A Lateral izquierdo, delante	2.96	1.02			6.5	
2	Lateral izquierdo, al centro	0.23	0.20				
3	Lateral izquierdo, atrás	0.16	0.15			7.6	
4	Lateral derecho, atrás	0.54	0.42				
5	Lateral derecho, al centro	1.13	0.80				
6	Lateral derecho, delante	5.83	1.97				
7	B Frente del contenedor	6.49	2.50	6.57	1.29	6.6	6.6*
	C Compuesta 6 y 7					7.6	

(*) *Frota seca.*

(1) *Equipos de medición Eberline FH40F2.*

(2) *Identificador de radionúclidos IdentiFINDER.*

(3) *Medidor de contaminación superficial Berthold LB-122.*

Las gestiones conexas AGR-EMED (importador y transportista) para la recepción y entrega de bulto Tipo B(U) (conteniendo fuentes de ^{60}Co , material radiactivo en forma especial) por la Aduana, se realizó sobre la base de la presentación previa de la autorización de importación y transportación. La descarga del bulto, como se muestra en la Fig.2, se realizó de forma directa, desde el barco al vehículo autorizado para el transporte.



Figura 2. Descarga del contenedor con el bulto Tipo B(U) del buque y al medio de transporte.

2.3. Requerimientos para el transporte (*Certificado de Aprobación para la Expedición de Materiales Radiactivos*)

Para el otorgamiento del “Certificado de Aprobación de Expedición de Material Radiactivo” de un bulto Tipo B(U) con fuente de Co-60 del irradiador ISOGAMMA LLCo en correspondencia a la Resolución [4], se estableció como requerimiento la presentación de los aspectos siguientes: características de la remesa a transportar (señalando tipo de material, categoría e índice de transporte del bulto, forma física y química del contenido; masa del bulto en kg, actividad total; marca de identificación del bulto acorde al Certificado de Aprobación de la autoridad competente, aplicable a la remesa); procedimientos correspondientes para la carga, acarreo y descarga de los bulto radiactivo; medidas a tomar en caso de ocurrencia de accidentes durante el traslado del bulto; preparación del personal (conductor, ayudante y oficial de protección radiológica encargado de las operaciones de transporte); la modalidad del transporte; ruta aprobada para la transportación; y datos generales del medio de transporte (tipo de vehículo, matrícula; certificación vigente del buen estado técnico, medios de extinción de incendios, medios para fijación del bulto, señalización o rótulos a fijarse directamente en la estructura que soporta la carga; elementos de descargas de corrientes parasitas; documento de aprobación de la participación de una escolta policial encargada de reducir la posibilidad de ocurrencia de accidentes de tránsito; generales del especialista en protección radiológica del usuario responsabilizado con la protección radiológica durante las operaciones de transporte.

Parte esencial resultó la verificación por el órgano regulador del cumplimiento de las condiciones de seguridad del vehículo para el transporte antes de proceder a la carga del bulto radiactivo. Se

realizó una inspección visual, documental y un monitoreo de contaminación superficial al mismo antes y después de realizar el traslado del bulto radiactivo desde la Terminal Marítima hasta el CEADEN comprobándose la no existencia de contaminación removible en el vehículo y en la superficie externa del bulto, como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultado de las mediciones al vehículo antes de la carga y traslado al destino final del bulto radiactivo Tipo Bulto (U).

Esquema		Puntos de medición *	Resultados (CPS)	
			(1)	(2)
Fondo			7	3
1	6	1 Lateral izquierdo, parte delantera	6.5	3
2	5	2 Lateral izquierdo, parte central	6.5	3
		3 Lateral izquierdo, parte final	6.5	3
		4 Lateral derecho, parte final	8	3
		5 Lateral derecho, parte central	8	3
		6 Lateral derecho, parte delantera	8	3

(*). Respecto a la posición que adoptaría el contenedor en la cama de la rastra

Antes de iniciar el transporte a su destino final, se verificó que al estibar el bulto en el vehículo se asegurara que la posición del mismo no pudiese cambiar durante el transporte en condiciones rutinarias, y la existencia de la señalización requerida para el transporte. También se realizó un monitoreo de zona (en la superficie, a 1 metro del bulto y en la cabina del conductor), y se verificó el completamiento de la documentación acompañante para el transporte del bulto radiactivo, así como también el estado físico del embalaje.

El traslado de la carga se realizó bajo la modalidad de monta directa, con custodia policial y por el itinerario establecido en la autorización vigente. De forma complementaria, inspectores del CNSN realizaron el acompañamiento del transporte hasta su destino final, a fin de asegurar en todo momento la toma de las medidas de protección radiológica requeridas.

3. PUESTA EN SERVICIO

3.1. Requerimientos para el montaje, carga y pruebas de aceptación del irradiador ISO-GAMMA LLCo (*Permiso de Modificación*)

Las operaciones de montaje y carga (por el fabricante) y puesta en servicio del irradiador mostradas en la Fig.2 fueron también sometidas a análisis y evaluación para el otorgamiento de la autorización *Permiso de Modificación* por el CNSN, estableciéndose como requerimientos los siguientes: cronograma de trabajo para estas actividades (indicándose personal participante y responsabilidades); certificación del personal del suministrador encargado del montaje del irradiador, por parte del fabricante y la autoridad reguladora de Hungría para el montaje, carga y operación del irradiador; procedimientos e instrucciones (paso a paso) para las actividades de carga y puesta en servicio del irradiador; instrucciones para garantizar la seguridad radiológica y física; monitoreo zonal (certificados de verificación de los equipos empleados y establecimiento de los puntos de monitoreo), identificación del personal de la entidad (CEADEN) que participa en las operaciones; procedimientos de respuesta en casos de accidentes en la carga; certificación de la grúa empleada para el izaje durante las operaciones de carga; programación, identificación y distribución de las fuentes radiactivas en el irradiador; estimación y restricciones de dosis para el personal que participa en las operaciones de carga; control dosimétrico individual (cuerpo entero, extremidades, lectura directa) y rotación del personal para las operaciones; clasificación de zonas desde el punto de vista radiológico para las operaciones, instrumentos y medios para las operaciones, y las medidas previstas por el usuario para garantizar la seguridad durante las operaciones de carga del irradiador.



Figura 3. Operaciones de carga, montaje del irradiador ISO-GAMMA LLCo. Verificación de las tasas de dosis

Tabla 3. Resultados del cálculo de las tasa de dosis en el local de los irradiadores PX-Gamma 30 e ISOGAMMA LLCo. Suceso haz de irradiación sobre el techo y retrodispersión.

Punto de medición	PX-Gamma 30		ISOGAMMA LLCo
	CEADEN	CNSN	CNSN
Techo	2.5 μ Sv/h	3 μ Sv/h	12.4 μ Sv/h
Retrodispersión (interior del local)	2.99 mSv/h	4.45 mSv/h	16.4 mSv/h
Cuarto de siembra	42.6 μ Sv/h		170.4 μ Sv/h
Laboratorio Co-60	718 μ Sv/h		2.8 mSv/h
Calle lateral	57.4 μ Sv/h		228 μ Sv/h
Local del registro eléctrico	46 μ Sv/h		184 μ Sv/h

3.2. Requerimientos para la operación (*Licencia Institución de Operación*)

La operación del irradiador requirió de la concesión de una Licencia Institucional de Operación. Para la evaluación de su otorgamiento, el CNSN requirió de la presentación de los documentos siguientes: manual de seguridad radiológica (incluye los procedimientos de explotación y mantenimiento actualizados que se seguirán); Informe de Seguridad, y plan de emergencia radiológica. Asimismo se incluyeron los resultados y experiencias de las pruebas de aceptación realizadas a la instalación durante la puesta en servicio; la certificación por el fabricante de los resultados de capacitación al personal entrenados como operadores y para la actividad de mantenimiento al personal del CEADEN. Por último se requirió de la actualización de los procedimientos para la operación y mantenimiento y del sistema de registros de operación e incidentes o fallas.

En el marco del proceso de autorización para la operación, inspectores del CNSN realizaron una inspección de seguridad radiológica al irradiador ISOGAMMA LLCo a fin de verificar el funcionamiento de los sistemas de seguridad siguientes: sistema neumático; sistema de movimiento del portamuestra; sistema de seguridad de la hélice; ubicación segura del cilindro para colocar las

muestras; suministro de aire comprimido de reserva; sistema de alimentación de reserva por baterías de la unidad de control; movimiento de los contrapesos; interruptor de contacto y pasador de la puerta de acceso al portamuestra; sistema de control y operación en el panel del irradiador.

Además se realizaron pruebas de frotamiento del irradiador para evaluar la presencia de contaminación removible después de las operaciones de montaje y se ejecutó el control radiológico zonal alrededor del irradiador. En todos los controles realizados se determinó el cumplimiento de los límites y condiciones de seguridad de diseño establecidas por el fabricante, los cuales fueron aceptados por el órgano regulador cubano.

4. CONCLUSIONES

Los autores coinciden en que la importancia, para el órgano regulador cubano, del proceso de licenciamiento realizado a la instalación Irradiador ISOGAMMA LLC se refleja en los aspectos siguientes:

- a) El proceso abarcó la evaluación de la seguridad radiológica desde su importación hasta la operación del irradiador confirmando la validación de los nuevos requisitos administrativos y de seguridad plasmados en la nueva Resolución 334 “Reglamento sobre Notificación y Autorización de prácticas y actividades asociadas al empleo de Fuentes de Radiaciones Ionizantes” que entró en vigor en el 2012.
- b) El proceso de licenciamiento realizado forma parte del esfuerzo nacional dirigido a garantizar la seguridad durante las diferentes etapas del proceso (montaje, carga, puesta en servicio y operación) de la instalación del irradiador de investigación recientemente adquirido en Cuba; el cual se corresponde con los aspectos reguladores y de evaluación de seguridad de las prácticas de Categoría I de riesgo recomendados por el OIEA.
- c) Incuestionablemente, este proceso de licenciamiento será una fuente de consulta necesaria para el trabajo del CNSN y la experiencia adquirida puede ser generalizada o extrapolada a otras instalaciones de irradiación existentes en el país para las cuales se prevé su remodelación, carga y operación en un futuro cercano.

- d) Este proceso contó con la participación de un grupo multidisciplinario y multi-institucional de especialistas, lo que confiere un valor importante en cuanto al intercambio de confrontación técnica y al conocimiento incorporado en las evaluaciones de seguridad radiológica y física. El equipo de trabajo, estuvo integrado por especialista en seguridad radiológica, emergencias radiológica, transporte de materiales radiactivos, en el área de investigaciones en la construcción, especialistas del propio usuario y los expertos húngaros representantes del fabricante del irradiador.
- e) Este proceso de licenciamiento brindó resultados interesantes en cuanto al empleo de técnicas para la evaluación de la seguridad radiológica, las estimaciones de dosis de irradiación para casos de situaciones de emergencias que pudieran presentarse durante la realización de las diferentes operaciones (transporte, carga del irradiador, puesta en servicio y operación) y a la elaboración de diferentes documentos y procedimientos técnicos los cuales constituyen una herramienta valiosa para la preparación del personal.
- f) La documentación generada en el proceso de licenciamiento (Informe de Seguridad, Manual de Seguridad, Plan de Emergencia, procedimientos operacionales para el transporte, carga y puesta en servicio de la instalación) integra información sobre este tipo de irradiador. Las experiencias y conocimientos de este proceso permiten al órgano regulador la toma de decisiones y acciones futuras en materia de seguridad a ser implementadas en instalaciones de irradiación similares.

REFERENCIAS

1. *Resolución Conjunta CITMA-MINSAP, Reglas Básicas de Seguridad*, Gaceta Oficial de la República de Cuba, La Habana, Enero (2002).
2. *Organismo Internacional de Energía Atómica, Control reglamentario de las fuentes de radiación, Colección de Normas de Seguridad del OIEA, No GS-G-1.5*, OIEA, Viena (2009).
3. *Organismo Internacional de Energía Atómica, Notificación y autorización para utilizar fuentes de radiación*, IAEA-TECDOC-1525, OIEA, Viena, Octubre (20109).
4. *Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos*, Resolución No. 121/2000, Gaceta Oficial de la República de Cuba No. 93, Diciembre (2000).

5. *Organismo Internacional de Energía Atómica, Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos*, Colección de Normas de Seguridad del OIEA No TS-R-1 (Edición de 2005 (Corregida)), OIEA, Viena (2010).
6. *Organismo Internacional de Energía Atómica, Normas Básicas de Internaciones de Seguridad para la Protección contra la Radiación Ionizante y para la Seguridad de las Fuentes de Radiación*, Colección Seguridad No. 115, OIEA, Viena (1997).