



Ajuste Y Puesta En Marcha En El Centro De Aplicaciones Tecnológicas Y Desarrollo Nuclear De Un Irradiador Autoblindado Modelo Isogamma Ll.Co.

Dania Soguero González¹, Armando Chávez Ardanza¹

¹ Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear
Calle 30 No. 502 e/ ave 5^{ta} y 7^{ma}, Miramar, Playa, La Habana, Cuba
sdania@ceaden.edu.cu

RESUMEN

En el presente trabajo se describe el proceso de instalación de un irradiador autoblindado de categoría I, modelo ISOGAMMA LL.Co de ⁶⁰Co, con una actividad nominal de 25 kCi, tasa de dosis absorbida 8 kG/h y volumen de trabajo de 5 L. Se describe paso a paso las diferentes etapas: importación, el trámite aduanal que incluyó la entrevista con el capitán del buque transportador, la supervisión de todo el proceso por el responsable de protección radiológica del centro importador, el control de los niveles de contaminación superficial del contenedor de transporte de las fuentes antes de la extracción de la nave, la supervisión de la autoridad regulatoria nacional y la transportación hacia el destino final.

Se exponen los detalles de los pasos de montaje de la instalación y la apertura del contenedor de transporte de las fuentes. Se presenta el plan de medidas elaborado previamente para el caso de ocurrencia de sucesos radiológicos, se detalla la etapa de la carga de las fuentes radiactivas por los especialistas de la empresa vendedora de la instalación (IZOTOP). Finalmente se describe el ajuste y puesta en marcha de la instalación y el procedimiento de licenciamiento para su explotación.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años el empleo de las tecnologías de irradiación ha alcanzado un gran desarrollo e impacto económico, donde los irradiadores gamma son de gran uso por sus diversas aplicaciones como la esterilización de fármacos, dispositivos y material biológico para uso médico; por lo cual,

es de gran importancia el establecimiento de procedimientos seguros para el ajuste, puesta en marcha y explotación de estas instalaciones.

Las radiaciones ionizantes, tales como los aceleradores de electrones y la radiación gamma, provocan numerosos cambios químicos y físicos a su paso a través de cualquier material, así como inducen cambios biológicos si actúan sobre organismos vivos, siendo ampliamente reconocidos sus efectos desinfectante, desinfectante y esterilizante. Es por ello que en los últimos años el empleo de las tecnologías de irradiación ha alcanzado un gran desarrollo e impacto económico a nivel internacional.

Para la ejecución del proceso de irradiación son empleados instalaciones de laboratorio e industriales.

Las instalaciones de laboratorio son utilizadas generalmente, para investigaciones y como etapa previa al escalado industrial de un proceso, aunque pueden brindar servicios de irradiación a pequeña escala.

En estas instalaciones con fuentes radioisotópicas emisoras de radiaciones gamma el radionúclido más utilizado es el ^{60}Co el cual posee un período de semidesintegración de 5,26 años y una energía de emisión promedio de 1,25 MeV y tienen una actividad muy elevada. Es por esta razón que se producen dosis extremadamente altas, por lo que las características de diseño y construcción de dichas instalaciones deben prever las condiciones de seguridad requeridas para garantizar la instalación, el ajuste y la puesta en marcha de estas instalaciones.

1.1 Desarrollo de la tecnología de irradiación gamma en Cuba

Ya en el año 1958 nuestro país contaba con el irradiador Knopp Cobalt Source, ubicado en el Banco de Tejidos del actual hospital “Frank País”, siendo Cuba el primer país en América Latina que introduce esta tecnología con estos fines. Esta instalación, clausurada definitivamente, estaba destinada a garantizar la esterilidad del tejido óseo producido por el Banco.

En el año 1971, en el Instituto de Investigaciones Nucleares (ININ) de Managua, se instaló el irradiador de laboratorio MRX- γ -25M de fabricación rusa. Al desaparecer esta institución y trasladarse sus actividades para el actual Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear (CEADEN), en el año 1987 esta instalación fue reubicada en el Departamento de Radiobiología de ese Centro.

Con una actividad inicial de 16 kCi y una capacidad en su cámara de irradiación de 1,15 litros, el irradiador MRX- γ -25M se dedicó durante sus 23 años de explotación, fundamentalmente, a investigaciones relacionadas con la Radiobiología, siendo clausurado en 1994 y desmantelado en el año 2010.

El año 1985, en las áreas del Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), se creó el Laboratorio de Técnicas de Irradiación (LTI), instalándose en el mismo un irradiador autoblandado de fabricación canadiense, tipo Gammacell-500, con una actividad nominal de 1,5 PBq y una capacidad de irradiación hasta 80 litros de producto. La finalidad de esta instalación era desarrollar investigaciones en el campo de los procesos de irradiación y aplicación de este proceso en forma de servicios a escala piloto. Esta instalación fue clausurada en el 2008.

También, durante la segunda mitad de la década de los años 80 del siglo pasado, fue instalada en el Instituto de Investigaciones de la Industria Alimentaria (IIIA) la Planta de Irradiación de Alimentos "Producto I".

La actividad inicial de esta instalación fue de 67,5 kCi y en la misma, antes de su parada en el año 1999 con el objetivo de su modificación y recarga, fueron procesados una amplia variedad de productos con fines tales como la inhibición de la germinación en papa, cebolla y ajo, higienización de ajonjolí, aletas de tiburón y nuez moscada y la descontaminación de cocoa en polvo, granos, miel de abeja, especias (pimienta negra, jengibre, cilantro, orégano, pimentón rojo y nuez moscada), suplementos nutricionales (polén de abeja, cartílago de tiburón, spirulina platensis, Trofin (líquido y polvo), Dietal, placenta en polvo, PV-2 y Noni), productos farmacéuticos (Mafenida

en crema, Bariopac en polvo, Sulfadiazina de plata, Clotimazol, Ranitidina, Facdermin, Amikacina, Acitan y Tiofilina), hierbas medicinales (Calendula officinalis, Passiflora incarnata y Matricaria Recutita), esterilización de materiales médicos (catéteres, jeringuillas, utensilios para transfusiones, agujas, frascos, placas), oxigenadores de corazón, tejidos óseos, membrana amniótica, hidroxiapatita, piel de cerdo y productos biológicos (suero fetal de ternero y suero humano liofilizado), inactivación de productos biológicos (cultivo de células y sangre para transfusión y complejo plaquetario).

En 1994, en el Departamento de Radiobiología del CEADEN, fue instalado el irradiador de laboratorio PX- γ -30. Con una actividad de 10,46 kCi y una tasa de dosis media global inicial de 5,676 kGy/h y un volumen en su cámara de irradiación de 4,4 litros, actualmente en explotación.

Posteriormente en el año 2012 en el CEADEN se decidió acometer la instalación de un nuevo irradiador modelo ISOGAMMA LLC de fabricación húngara. Ésta es una instalación clasificada como irradiador categoría I según requisitos de protección radiológica. La fuente sellada del irradiador está completamente encerrada en un contenedor seco construido de materiales sólidos y está blindada todo el tiempo. El acceso humano a la fuente sellada y al volumen que se irradia no es físicamente posible en la configuración de diseño. El blindaje del irradiador es de plomo.

El irradiador es multipropósito, para ser utilizado principalmente en la irradiación de productos médicos (sangre, etc.) u otros productos de investigación con un volumen máximo de 5 litros. La instalación puede operarse automáticamente con un sistema controlado por computadora.

Parámetros técnicos de la instalación

Dimensiones: 100 x 140,4 x 323,3 cm

Peso total: 10 toneladas

Requerimientos de voltaje eléctrico: 220V 50 Hz 10A

Dimensiones de muestra a irradiar: Máx. ϕ 150 mm y 270 mm altura

Volumen de irradiación: 5 litros

Tasa de dosis: 8 kGy/ h

Uniformidad de dosis: máx. 20%

Material de la fuente de radiación: Co-60 encapsulado en cápsula de acero inoxidable

Tipo de fuente: CoS-44 HH, $\text{Æ}11 \times 220 \text{mm}$, con doble encapsulado

Tipo de sostén de fuentes: cilíndrico

Capacidad del sostén de fuentes: 48 unidades

Tipo de almacenamiento: Almacenamiento seco

Actividad del irradiador por diseño básico del blindaje hasta: 888 TBq (24 kCi) de ^{60}Co

Tasa de dosis permitida en la superficie externa del irradiador: máx. 50 mSv/h (5 mR/h)

2. MATERIALES Y MÉTODOS

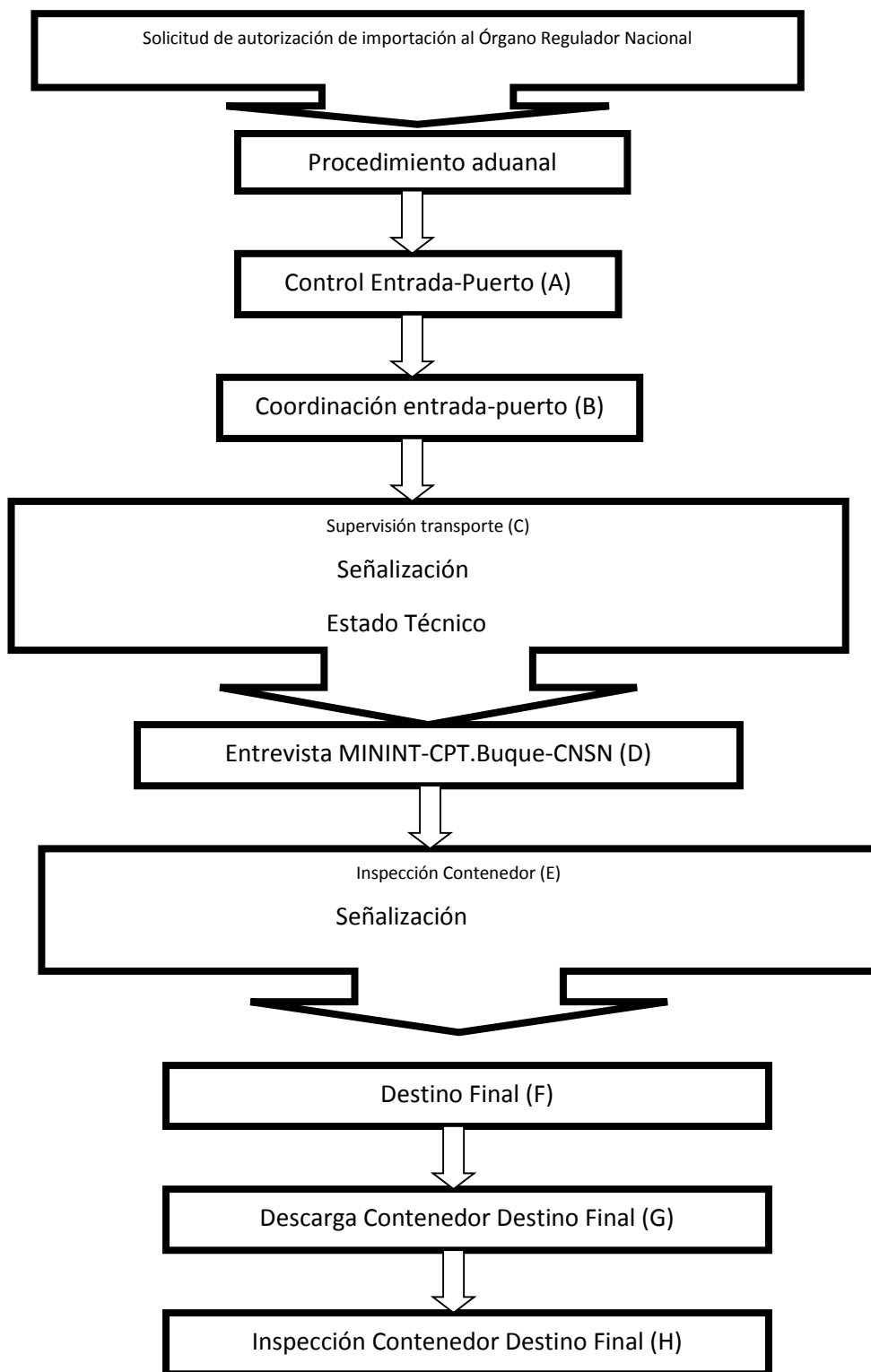
En el marco regulador según las regulaciones nacionales^{1,2} para el uso pacífico de la energía nuclear, la instalación, el ajuste y puesta en marcha de una instalación de irradiación comprende un conjunto de acciones, procesos administrativos y técnicos que son aprobados por el órgano regulador nacional. La empresa vendedora es la responsable de la instalación, ajuste y puesta en marcha del irradiador, así como del destino final de las fuentes radiactivas una vez que lleguen al final de su vida útil.

Se desarrolló el proceso por etapas:

1. Importación
2. Instalación
3. Ajuste y puesta en marcha

2.1. Importación

La importación se realizó cumpliendo con las regulaciones nacionales 334/2011 según el esquema siguiente (fig.1):



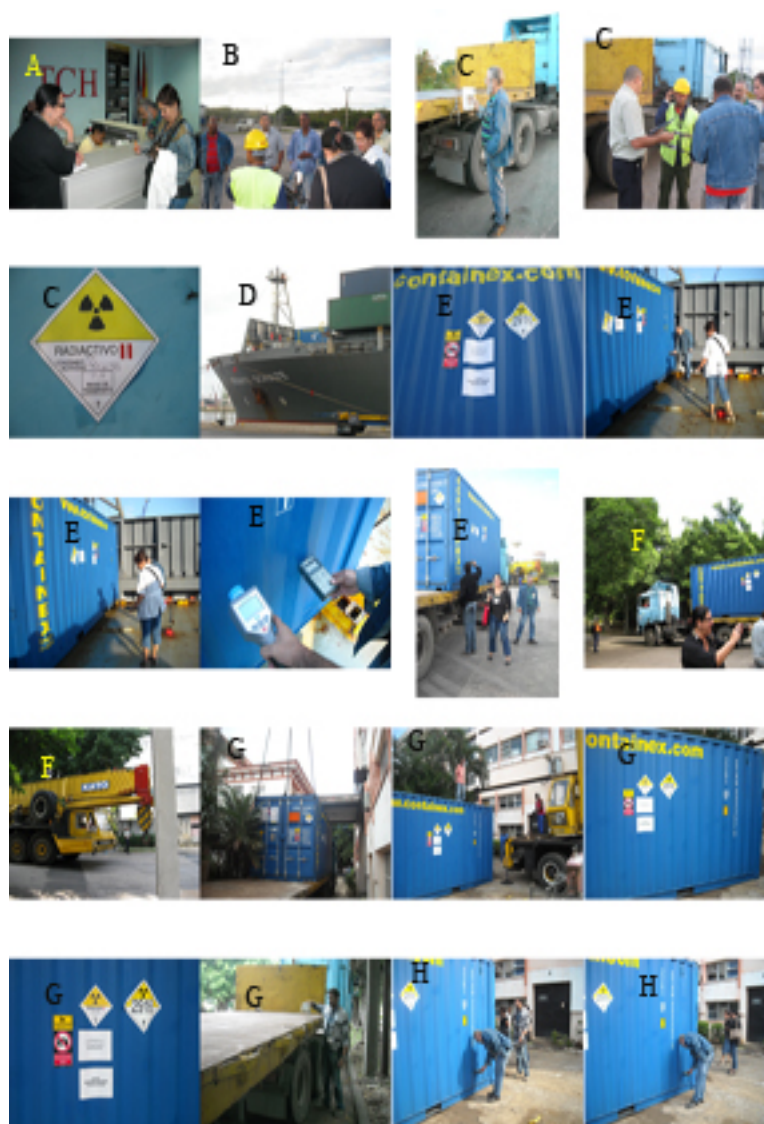


Fig. 1. *Pasos de importación*

2.2. Instalación

Antes de iniciar la instalación del irradiador se procedió en conjunto con los especialistas de la empresa vendedora (IZOTOP, Hungría) al control de tasa de dosis en la superficie del contenedor para establecer la ubicación del contenedor con las fuentes radiactivas. Una vez que se delimitó el

área de mayor tasa de dosis, se procedió a la rotura de los sellos y apertura del contenedor donde se encontraban las partes integrantes del irradiador.

Los componentes de dicha instalación fueron extraídos y colocados en orden lógico en las cercanías del local previsto para la instalación del irradiador.

Componentes

- Fuentes
- Contenedor con las fuentes radiactivas
- Portamuestra
- Sistema de movimiento
- Blindaje
- Parte principal
- Sistemas de canales
- PLC
- Compresor

La primera pieza que se colocó fue la base seguida de la parte principal, que comprende el blindaje de plomo donde van colocadas las fuentes radiactivas y las puerta de acceso a la zona donde se coloca el portamuestra para iniciar el proceso de irradiación, posteriormente se colocan las fuentes (pasos que se describen en el epígrafe siguiente), después se colocan las guías de los contrapesos y los mismos que se conectan con cadenas (fig. 2).



Fig. 2. *Pasos del ensamblaje*

2.3. Carga del irradiador

El proceso de carga fue supervisado por el Órgano Regulador Nacional (CNSN), y la responsabilidad de los posibles sucesos potenciales durante el proceso fue asumido por los especialistas de la empresa vendedora (IZOTOP) de la instalación. El RPR del CEADEN en conjunto con los especialistas del CNSN, monitoreó el proceso de carga al igual que los especialistas húngaros.

Medidas tomadas por la parte cubana

1. Se evacuaron las áreas colindantes.
2. El proceso se realizó en horarios no laborables.
3. Se delimitó el área.
4. Se preparó un puesto de mando donde se desplazaron los equipos para el control de la tasa de dosis durante el proceso.

5. Se registraron las mediciones zonales y la dosis efectiva recibida por el personal directamente involucrado (especialistas entidad vendedora).

2.3.1. Esquema

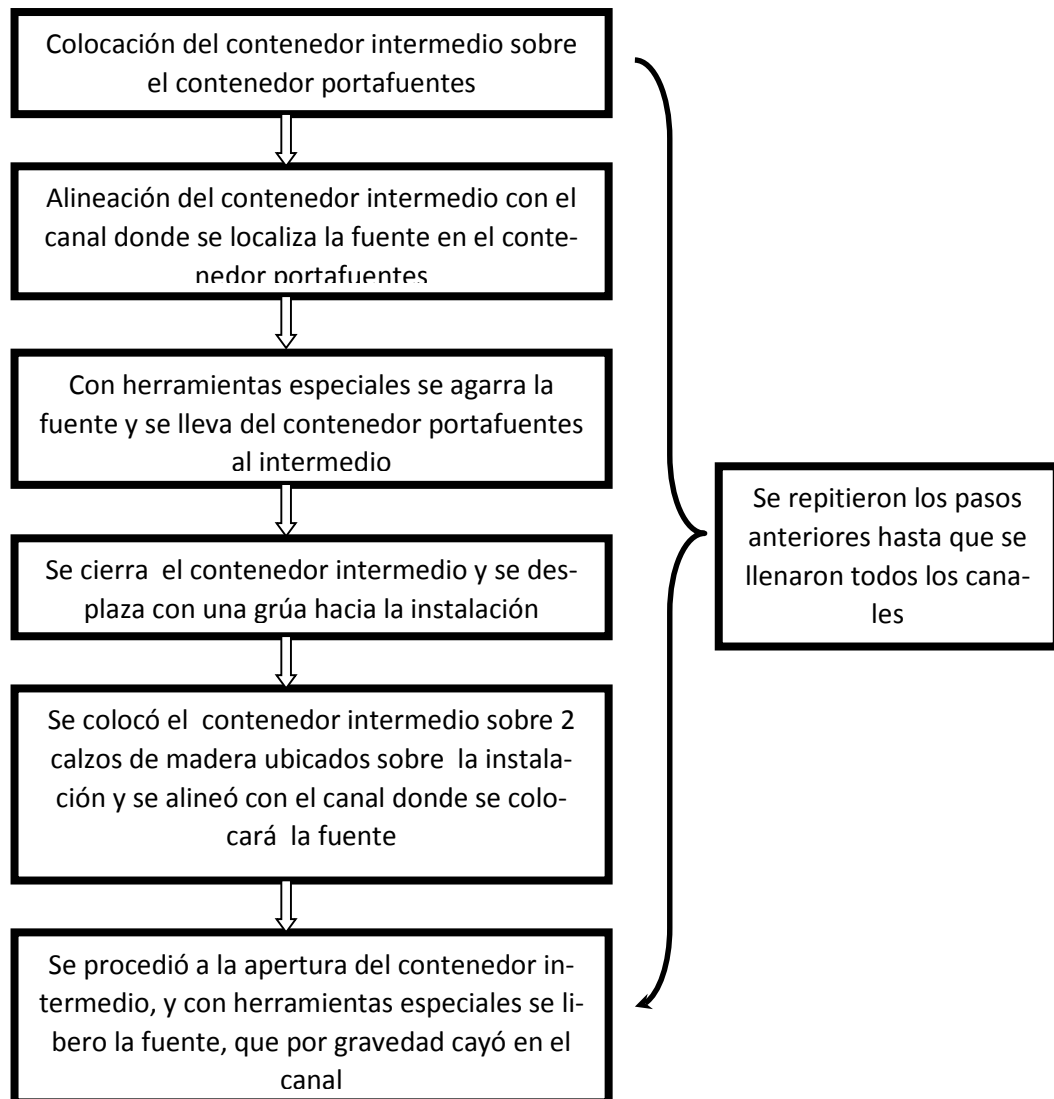




Fig. 3. *Pasos de la carga del irradiador*

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La etapa de carga de fuentes se efectuó en tres días. Esta es la de mayor riesgo radiológico en todo el proceso de instalación.

En la figura 4 se observa cómo se comportaron los registros tomados de tasa de dosis ambiental en todo el proceso de carga de la instalación. La tasa de dosis registrada en el equipo de medición se mantuvo en el orden de los $\mu\text{Sv/h}$, esto se debió a las medidas de seguridad tomadas por los especialistas encargados del éxito de este proceso.

En las figuras 5,6 y 7 se presenta las dosis efectivas recibidas por el personal involucrado directamente en la etapa de carga. Estas dosis se encuentran en el orden de los μSv . Cada gráfico corresponde a los días empleados en el proceso de carga de las fuentes.

El período donde los niveles de dosis efectiva son mayores fue en el segundo día, porque se cargaron un mayor número de fuentes.

Los niveles de tasa de dosis y dosis efectivas más elevados corresponden a las fuentes de mayor actividad (M140, M169, M164, M163, M162, M138, M170, M168, M165, M166 y M139).

En todo el proceso no se produjeron sucesos radiológicos.

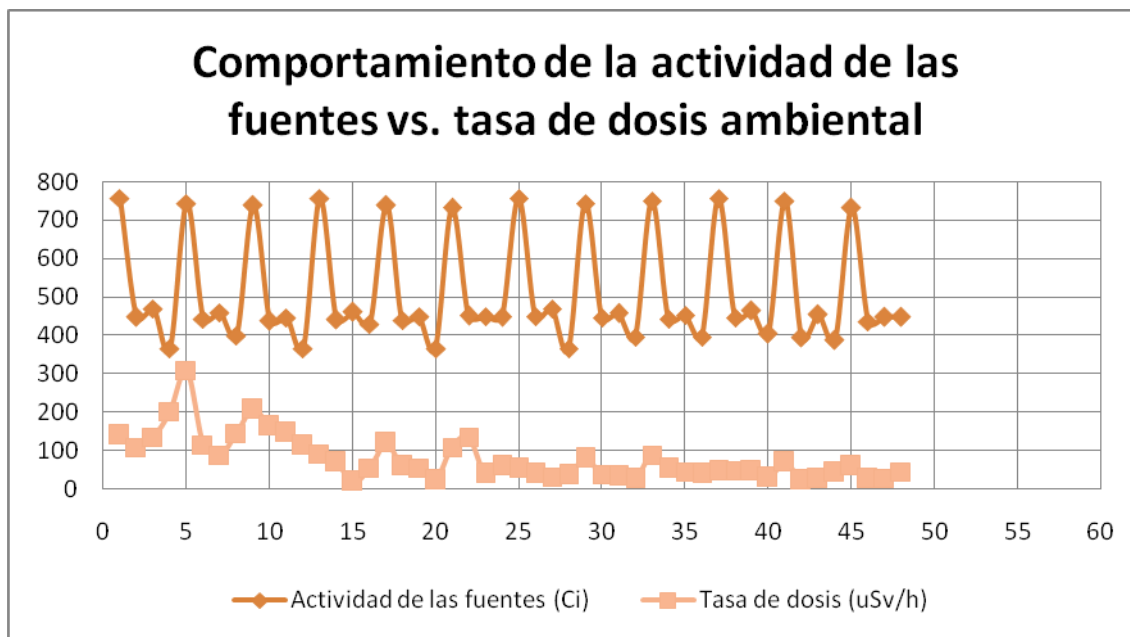


Fig.4. Comportamiento de la tasas de dosis ambientales vs. Actividad de las fuentes durante el proceso de carga del irradiador.

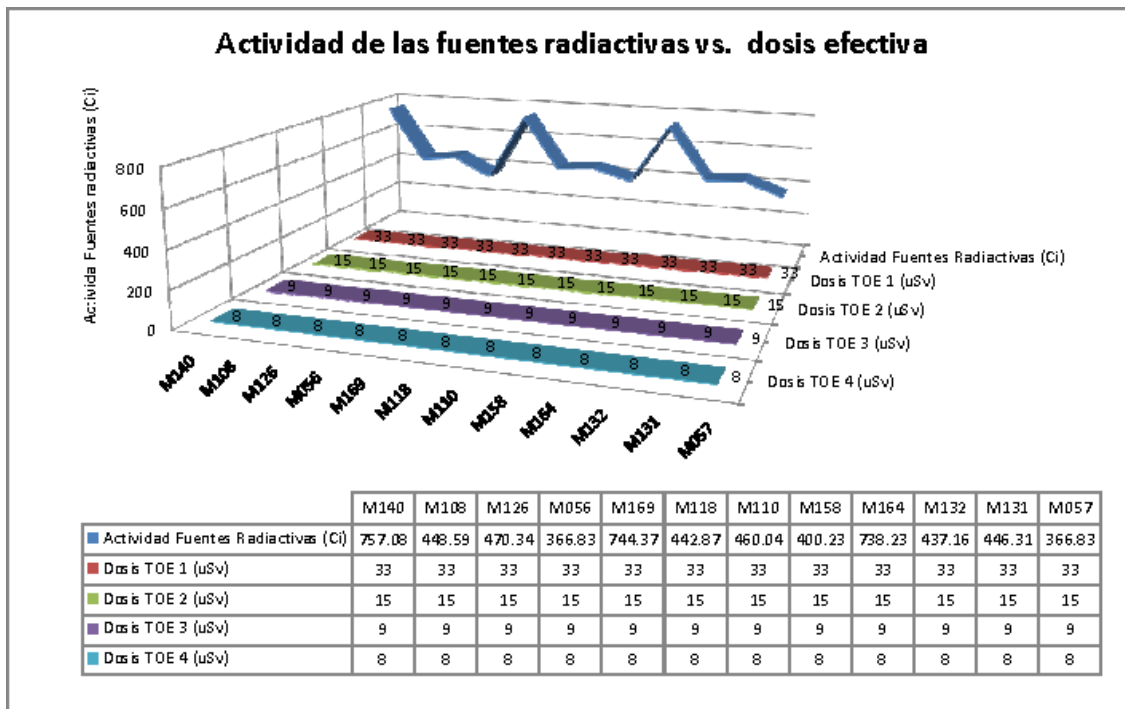


Fig. 5. Comportamiento de las dosis efectivas vs. Actividad de las fuentes cargadas (primer día)

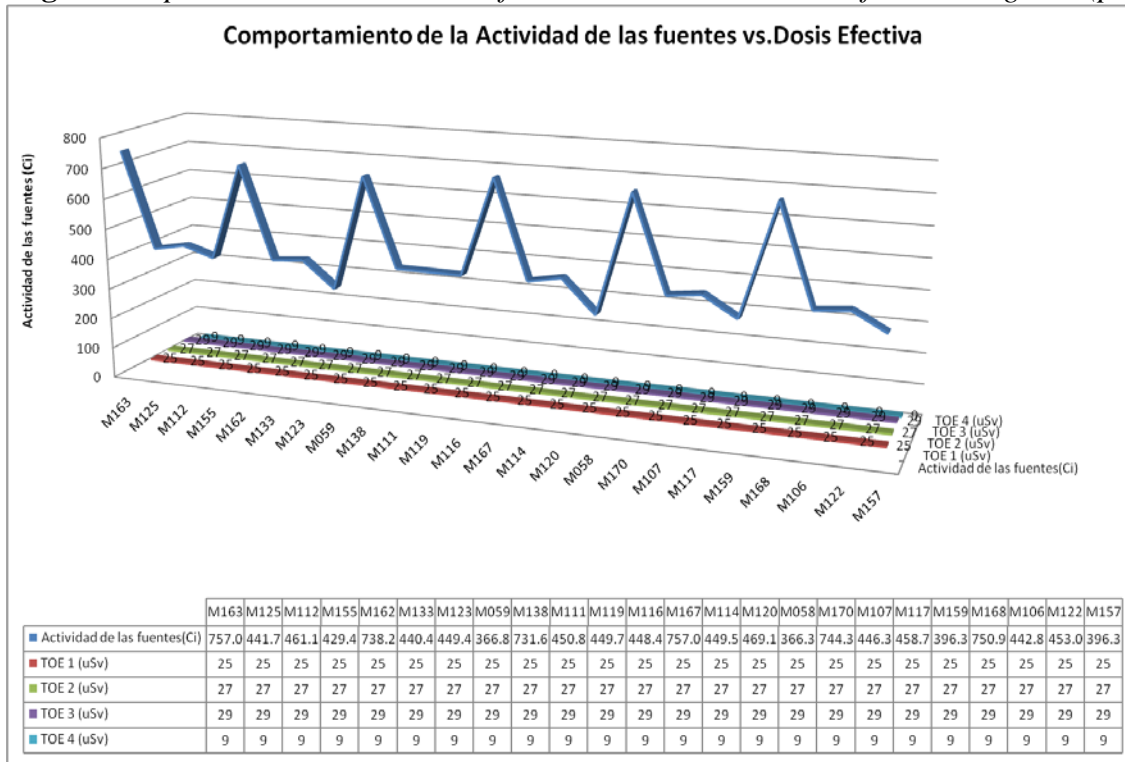


Fig. 6. Comportamiento de las dosis efectivas vs. Actividad de las fuentes cargadas (segundo día)

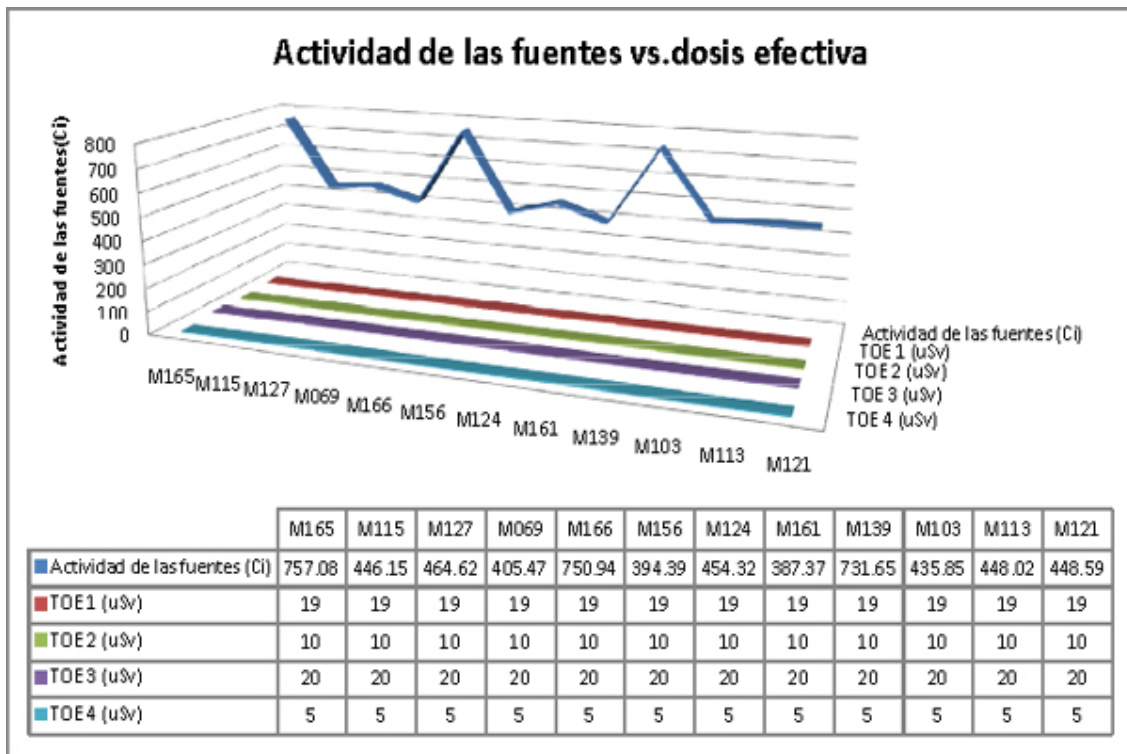


Fig. 7. Comportamiento de las dosis efectivas vs. Actividad de las fuentes cargadas (tercer día)

4. CONCLUSIONES

1. No se produjeron accidentes radiológicos.
2. Se cumplieron las normas de seguridad radiológicas establecidas por el CEADEN y los especialistas de la entidad vendedora que participaron en el proceso.
3. Los niveles de tasa de dosis de mantuvieron en el orden de los $\mu\text{Sv/h}$.
4. Las dosis efectivas que recibieron los especialistas involucrados directamente en el proceso fueron inferiores al límite anual establecido en las normas de seguridad internacionales (μSv).

BIBLIOGRAFÍA

1. Manual técnico de la instalación.
2. Resolución 334/2011, "Reglamento sobre Notificación y Autorización de practicas y actividades asociadas al empleo de Fuentes de Radiaciones Ionizantes"
3. Colección 115 IAEA, "Normas básicas internacionales para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación", Viena, 1997.
4. Y. Suárez, E. Prieto, A. Chávez, Tesis de grado "Metodología para la Dosimetría de Puesta en Marcha de un irradiador de laboratorio.", INSTEC, La Habana, Cuba, 2010.