

# Desmontaje de un irradiador autoblandado de investigación del tipo MPX- $\gamma$ -25M

**Dania Soguero González, Manuel Rapado Paneque, Enrique Prieto,  
Luis Felipe Desdín García, Mercedes Guerra**

Centro de Aplicaciones Tecnológicas y desarrollo Nuclear (CEADEN)  
Calle 30, No. 502, e/ 5ta y 7ma, Miramar, Playa. Ciudad de La Habana  
sdania@ceaden.edu.cu

## Resumen

En el trabajo se describe el desmontaje de una instalación de irradiación gamma autoblandada de categoría I, modelo MPX- $\gamma$ -25M. Los objetivos específicos son: identificar los aspectos del aseguramiento contractual, de recursos humanos y técnicos; evaluar la situación radiológica del proceso y analizar los potenciales sucesos radiológicos extraordinarios en cada uno de los pasos del proceso, garantizando las respuestas adecuadas. La evaluación de sucesos radiológicos descritos puede servir de referencia para abordar el proceso de desmontaje de otros irradiadores similares.

## METHODOLOGY FOR THE DISMANTLING OF AN INVESTIGATION OF IRRADIATORS TYPE SELFSHIELDED MPX- $\gamma$ -25M

### Abstract

This paper describes the dismantling of a category I selfshielded gamma irradiation facility model MPX- $\gamma$ -25M. The following specific objectives were established: a) to identify aspects of the insurance contract, human and technical resources b) to assess the radiological situation of the process and c) to analyze the potential radiological extraordinary events in each step of the process by providing the appropriate answers. The assessment of radiological events may serve as a reference for addressing the process of dismantling other similar irradiators.

**Key words:** *shielding, irradiation devices, decommissioning, gamma sources, charges*

## Introducción

El desmontaje es la primera etapa en el desmantelamiento y clausura de las instalaciones de irradiación. Permite la reducción del tamaño de objetos y componentes, facilita su posterior gestión (descontaminación, manipulación, etc.) y posibilita el acceso a las fuentes radiactivas y a otros materiales o áreas contaminadas [1]. En la literatura se constata una carencia de información sobre la clausura de irradiadores gamma y en particular sobre los procesos de desmontaje de irradiadores gamma de categoría I. Esta situación es atribuible a la tendencia creciente de que el fabricante intervenga en los procesos de instalación y clausura, y a la no publicación para preservar el know how y la dependencia del cliente. Por otra parte, la diversidad de diseños obliga a que las normativas regulatorias tengan un carácter muy general [2,3].

Usualmente, al clausurar una instalación de irradiación, las primeras actividades consisten en retirar todas las fuentes de radiación y desechos radiactivos. Sin embargo, al abordar el desmontaje del irradiador autoblandado de investigación del tipo MPX- $\gamma$ -25M del CEADEN (una instalación de irradiación de categoría I) se debió elaborar un procedimiento que no adoptaba la pauta mencionada, por la imposibilidad de contratar al fabricante de la antigua Unión Soviética para las tareas de clausura y a la no disponibilidad del equipamiento (contenedores, instrumentación y herramientas de manipulación) y del personal especializado entrenado y certificado para tales fines. En la experiencia descrita se adoptó la estrategia de dividir el proceso de clausura en dos etapas: a) desmontaje realizado por el titular de la instalación a partir de su experiencia de explotación y b) siguientes pasos de la clausura afrontados por un contratista especializado.

En el trabajo se expone un procedimiento para el desmontaje de una instalación de irradiación autoblandada modelo MPX- $\gamma$ -25M.

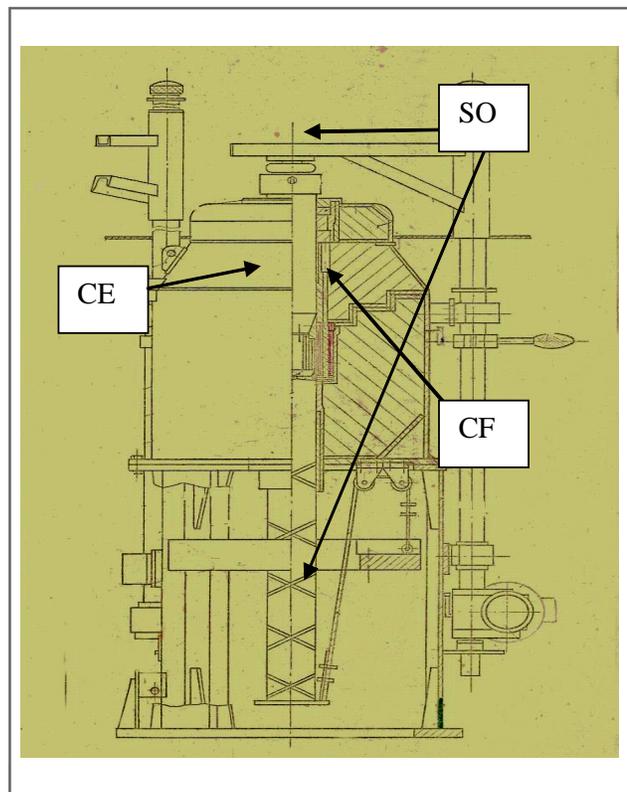
## Materiales y Métodos

El fundamento regulatorio para elaborar el procedimiento fue la normativa [4] que reglamenta las actividades de clausura, y sus premisas conceptuales son: a) dada la estructura de la instalación y la hermeticidad comprobada de sus fuentes, resultaba viable desarrollar un procedimiento de desmontaje del irradiador como un todo, garantizando que la probabilidad de sucesos radiológicos fuera mínima, b) el irradiador era una instalación relativamente sencilla y

su diseño limitaba estrictamente el movimiento de sus sistemas a una secuencia de pasos unívoca, cuya peculiaridad determinaba que la ocurrencia de eventos en su desmontaje, condujera a exposiciones potenciales que tenían un desarrollo lineal; de esta manera cada evento hipotético anormal conducía a un solo escenario de exposición potencial (no existían otras alternativas o ramificaciones) y c) las técnicas, los equipamientos y los pasos a emplear en el procedimiento de desmontaje debían satisfacer los criterios de sencillez y confiabilidad.

## Diseño, principios de operación y situación radiológica de la instalación

La instalación de irradiación MPX- $\gamma$ -25M tiene una estructura de geometría cilíndrica concéntrica [5], figura 1. La parte externa está constituida por el contenedor exterior (CE). En el centro se encuentra situado el casete de las fuentes (CF) que tiene estructura anular. El eje del contenedor exterior coincide con el eje del irradiador. El otro componente básico es el sistema de obturación (SO). Una detallada explicación de la estructura, sistemas y funciones de la instalación se encuentra en [6].



**Figura 1.** Esquema general de la instalación, donde el Sistema de Obturación es SO, el Contenedor Exterior es CE, y el Contenedor de las Fuentes, CF.

El CE tiene una geometría cilíndrica y en su cavidad central se encuentra dispuesto el casete de las fuentes (CF) de  $^{60}\text{Co}$ . El sistema de obturación (SO) consta de los siguientes elementos: tapón, portamuestra, vástago, dispositivo de desplazamiento y giro, y sistema de seguridad pasivo. Los tres primeros elementos se encuentran alineados a lo largo del eje central del irradiador y durante su funcionamiento se desplazan a lo largo de este.

El tapón está conformado por un cilindro de diámetro igual al canal central del CE, relleno de plomo y fijado en su parte superior al dispositivo de desplazamiento y giro. El portamuestra se acopla al tapón con dos tornillos ubicados en su parte inferior. A continuación se encuentra el vástago que comprende un cilindro relleno con plomo. Este cilindro se encuentra conectado en su parte inferior al sistema de seguridad pasivo, el cual está compuesto por unos cables tensores unidos a un contrapeso. En caso que el portamuestra, por algún motivo, no ascienda con la muestra irradiada junto con el tapón, el contrapeso cae por gravedad y el portamuestra regresa a la posición extrema superior (posición de introducción y extracción de la muestra). El sistema de desplazamiento y giro se acopla al tapón en su parte superior y permite la introducción y extracción del portamuestra y el movimiento de todo el SO a través del canal central de la instalación.

La introducción y extracción de las muestras se efectúa accionando un interruptor que pone en funcionamiento el dispositivo de desplazamiento y giro. La parte correspondiente del sistema de obturación (tapón-portamuestra-vástago) desciende de forma vertical por el centro del contenedor, hasta la cámara de irradiación rodeada por el casete donde se ubican las fuentes de  $^{60}\text{Co}$ . Al terminar el proceso de irradiación se oprime el botón de irradiación y el sistema de obturación asciende hasta la posición extrema superior de introducción y extracción del portamuestra donde la muestra se extrae para su posterior investigación. En esta posición el vástago blindada la emisión de radiación de las fuentes.

La instalación de irradiación contiene 36 fuentes de  $^{60}\text{Co}$ , distribuidas simétricamente en los canales del casete de fuentes. La actividad total era de 3,7 TBq. Teniendo en cuenta el periodo de semidesintegración del radisótomo, los cálculos demostraron que si se extrajeran del CE para su transportación independiente, la tasa de dosis absorbida a 1 m del casete sería de 1,4 Gy/h. Lo que obligó a adoptar la estrategia de retirar el contenedor de la instalación de irradiación como un todo, evitando la manipulación del casete de fuentes.

Para medir los valores de la tasa de dosis se empleó un equipo dosimétrico del tipo Radix 3000 verificado previamente en un laboratorio de calibración secundaria. La tasa de dosis en la superficie del contenedor dentro del foso fue 0,1  $\mu\text{Sv/h}$ . Con el objetivo de determinar el estado de las fuentes (su hermeticidad), se tomaron máscaras en los canales de drenaje del vástago y se midieron. El volumen aproximado total de la instalación a retirar fue 32  $\text{m}^3$  y su peso de 7 Tm.

## Procedimiento de desmontaje

El procedimiento de desmontaje está organizado en etapas que contienen un grupo de tareas afines por su naturaleza y por la secuencia de ejecución. A su vez cada etapa está compuesta por pasos, cada paso consiste en una operación concreta en el proceso de desmontaje. Se dispuso de un análisis de sucesos radiológicos en el cual, para cada paso se encuentra identificado el riesgo potencial y la medida para la mitigación de las consecuencias. El procedimiento cuenta con tres etapas: I) etapa de aseguramiento, II) etapa de desarme y III) etapa de traslado. Para tener un control estricto del cumplimiento del procedimiento paso a paso se elaboró una lista de chequeo.

En la etapa de aseguramiento regulatorio y contractual se previeron las solicitudes oficiales y contratos que garantizaron la participación de las autoridades regulatorias y de los servicios técnicos especializados que colaborarán en el proceso, así como la determinación de las tareas y sus alcances concretos. Se elaboró el programa de capacitación del personal que intervino en cada una de las tareas del proceso. También se identificaron los materiales, equipos e instrumentos necesarios para la ejecución de los pasos previstos en el procedimiento. De manera que esta etapa cuenta con tres pasos: 1) aseguramiento regulatorio y contractual, 2) capacitación de los recursos humanos y 3) aseguramiento material.

En la figura 2 se muestran los pasos de la etapa II del procedimiento referente al desarme. Teniendo en cuenta la complejidad de esta etapa de desarme, en las figuras 3 y 4 se ilustran la ejecución de estos pasos.

Una vez terminada la etapa de desarme se procedió al izaje de la instalación hacia el transporte y se iniciaron los pasos de la etapa de traslado.

En la etapa de traslado se retiraron los tornillos que fijaban el armazón de acero a la base del foso, se engancharon a dicha armazón y se izó hasta una posición cómoda en la que se procedió a soldar en la base del armazón una plancha de acero de 10 mm de espesor. Esta medida le brindó al conjunto armazón CE,

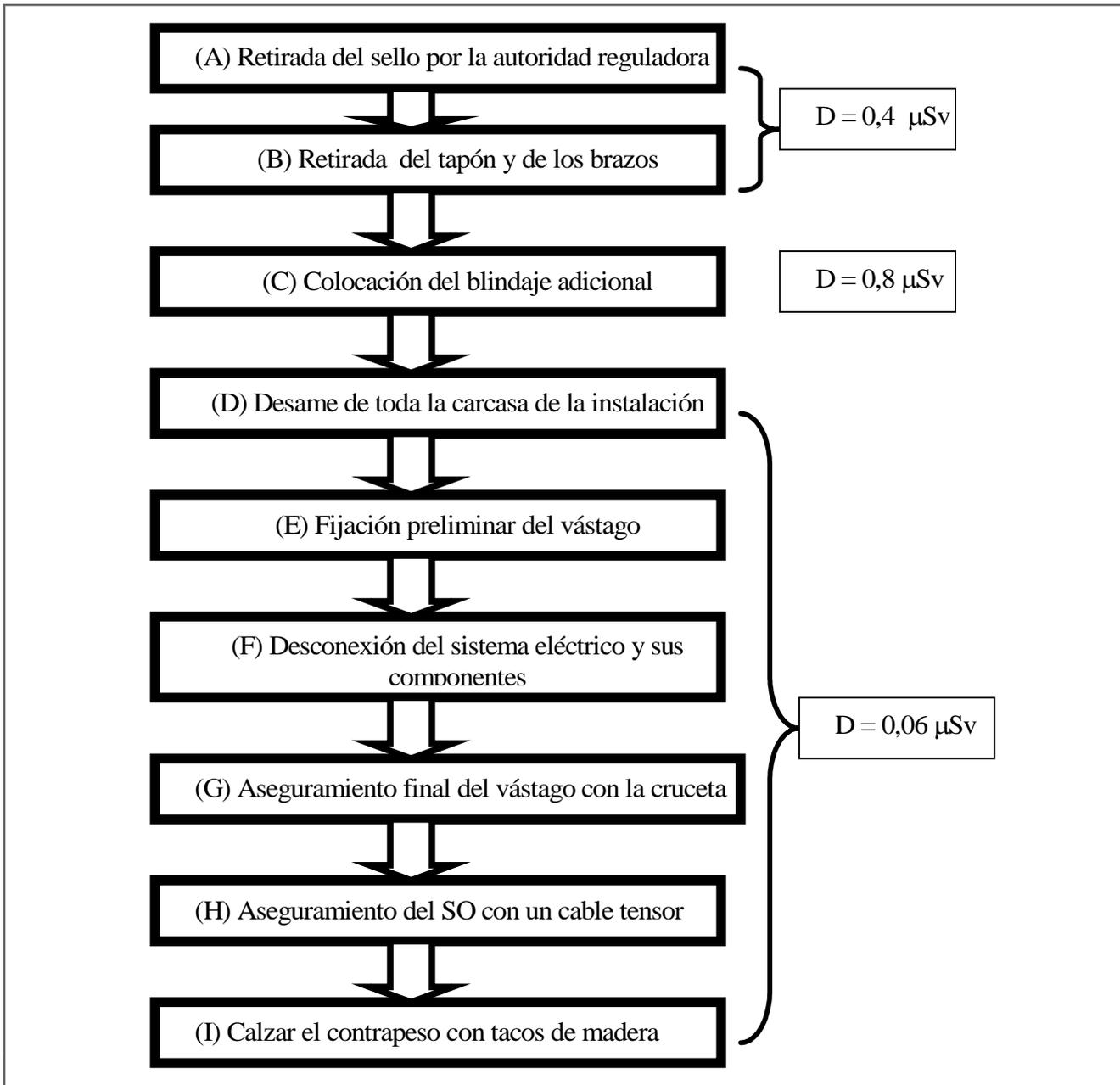


Figura 2. Secuencia de los pasos del desmontaje.

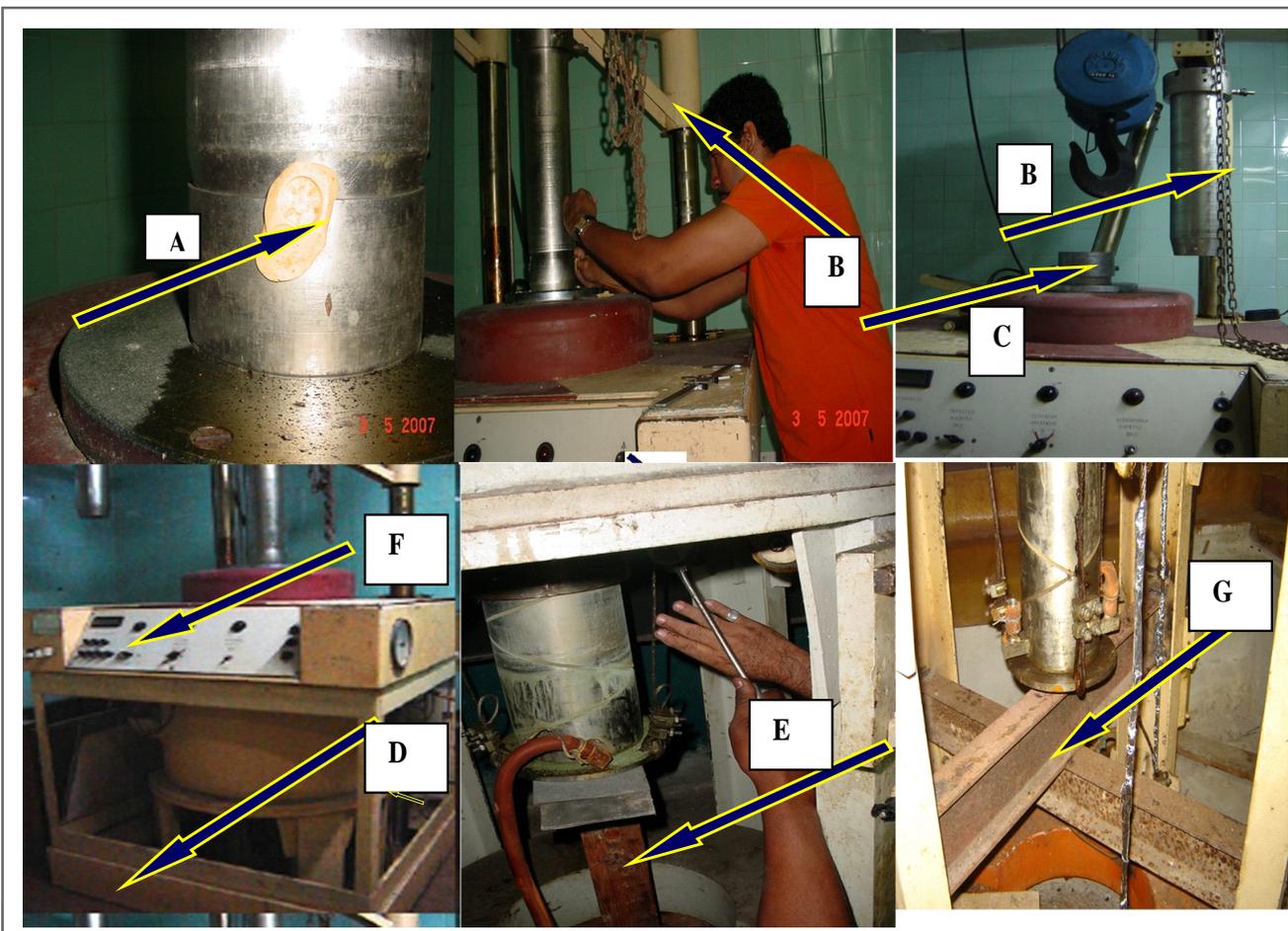


Figura 3. Pasos del desmontaje.

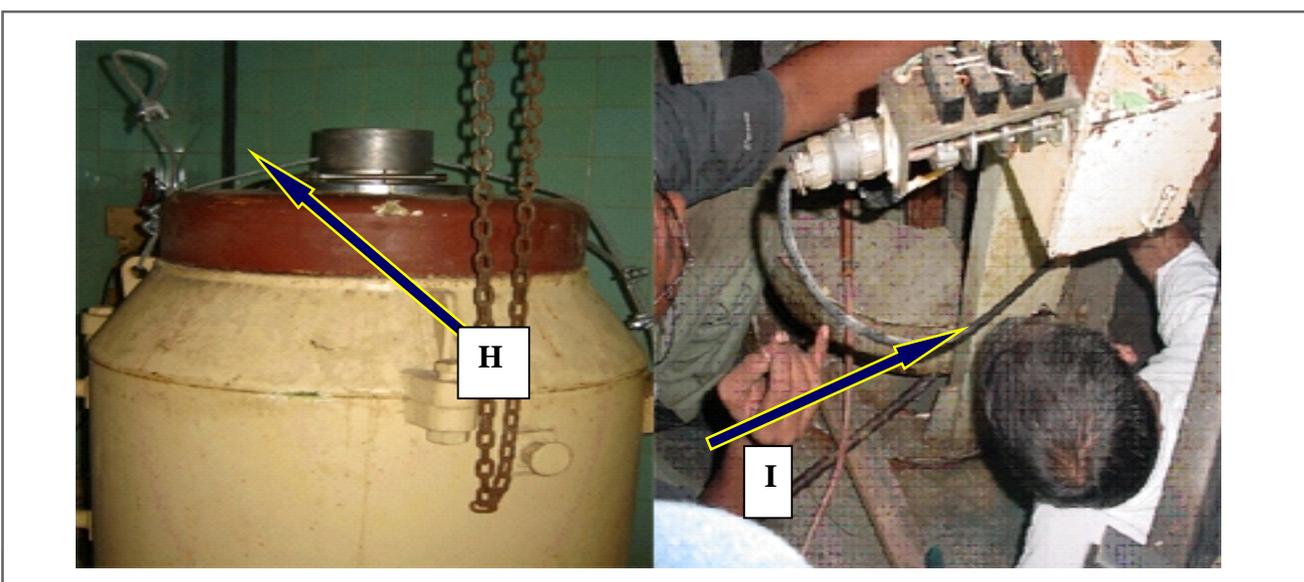


Figura 4. Pasos del desmontaje.

CF y SO, mayor estabilidad al colocarle sobre el montacargas, y en los siguientes pasos en el proceso de transporte hasta el repositorio. El conjunto armazón CE, CF y SO se bajó desde la posición de soldadura hasta donde se localizaron las carretillas que trasladaron todo el conjunto hasta el montacargas. Si esta variante no fuera posible entonces se colocaría la instalación sobre un conjunto de seis rodillos de acero de  $\phi$  10 x 120 cm, sobre los cuales se deslizará hasta cruzar el umbral de la puerta del local del irradiador y llegará a una posición en que el montacargas lo puede izar. A partir de ese momento comienza a operar el contratista que está responsabilizado por las siguientes fases del proceso de clausura.

## Análisis de sucesos radiológicos

El análisis de sucesos se resume en la tabla, en la que cada fila corresponde a un paso del procedimiento y tiene como columnas las correspondientes al nombre del paso, los sucesos identificados a dicho paso y las medidas de remediación a aplicar en caso de ocurrir el riesgo identificado. El procedimiento diseñado dispone de un análisis de sucesos radiológicos en el cual, para cada paso se encuentra identificado el riesgo potencial y la medida de remediación que se deberá aplicar para neutralizarlo.

Tabla. Análisis de sucesos radiológicos

Accidente	Evaluación	Medida
Caída del vástago hacia la posición inferior, quedando abierto el cono de irradiación	Es muy poco probable, porque la primera acción a realizar es la soldadura de una cruceta para inmovilizar el vástago en la posición segura y así evitar su desplazamiento	Evacuar al personal de las áreas colindantes, verificar los cables tensores del contrapeso y en caso que se compruebe partidura de algunos, proceder a su cambio y llevar al SO a la posición segura
Incendio	Es poco probable, porque no se almacena material inflamable ni en el área ni en las cercanías	En el local existe un extintor y se activaría la brigada de protección contra incendio del centro y el plan de emergencia de este
Caída del contenedor de la fuente desde la grúa de izaje durante su traslado hacia los rodillos para el desplazamiento hasta el montacargas.	Es poco probable, la grúa de izaje está diseñada para soportar la estructura del contenedor, pero si ocurriera se producirían daños en la estructura del contenedor, posible daño a las fuentes, posible aumento de la tasa de dosis, y la irradiación del personal	Limitar el acceso al área, monitorear el área y las colindantes, evaluar la irradiación del personal que estará en la operación y del área, enviar a los TOES irradiados a consultar al CPHR y ejecutar plan de emergencia del centro
Caída del contenedor con las fuentes durante su traslado por los rodillos hasta el montacargas	En la realización de esta operación este es el paso de más dificultad por el peso del contenedor (2Tn). Se tiene que realizar con mucho cuidado para que no ocurra el incidente	Si se produjera depende de la zona donde ocurriera. Se utilizarían palancas y la grúa de izaje para poner nuevamente el contenedor sobre los rodillos y continuar hasta el montacargas
Falta de fluido eléctrico	La falta de fluido eléctrico provoca una paralización de las actividades y poca visibilidad	Utilizar lámparas recargables y linternas, operar la grúa de forma manual, conexión del área al grupo electrógeno

## Resultados y Discusión

Se desarrolló un procedimiento de desmontaje para una instalación de irradiación autoblandada MPX- $\gamma$ -25M estructurado en etapas y pasos. Se realizó una evaluación radiológica de todo el proceso y se identificaron los sucesos radiológicos que se consideran de mayor peligro al ejecutarse el proceso de desmontaje: 1) la caída del vástago del irradiador, provocando la abertura del cono de irradiación que puede ocurrir en cualquiera de los pasos de esta etapa posteriores a la desconexión del sistema eléctrico, 2) el incendio, 3) la caída del contenedor de la fuente desde la grúa de izaje, 4) la caída del contenedor con las fuentes en el paso correspondiente a su traslado hasta el montacargas, 5) la falta de fluido eléctrico. Para cada uno de ellos se elaboraron las medidas correctivas pertinentes. Del estudio de las operaciones del proceso se concluye que la posibilidad de ocurrencia de un evento de nivel 3 (incidente importante) es poco probable. El análisis de las etapas del procedimiento indicó que la de mayor peligrosidad era la III. Sin embargo, los factores que pudieran conducir a un evento de nivel 1 (anomalía) o nivel 2 (incidente) en la escala de Sucesos Radiológicos [7] en esta etapa, están determinados esencialmente por las tareas de la etapa II. Si bien la etapa III (traslado) es la de mayor riesgo desde el punto de vista de la probabilidad de ocurrencia de un accidente laboral, la II (desarme) es la que mayor contribución brinda a la dosis efectiva del personal y en particular los pasos de retirar el tapón del mecanismo de desplazamiento y giro, y el paso de colocación del blindaje de plomo en el lugar que ocupaba dicho tapón.

## Conclusiones

A pesar que la estructura y operación de la instalación de irradiación MPX- $\gamma$ -25M difiere de otras instalaciones de igual propósito, la experiencia de su desmontaje aporta elementos de la lógica, las etapas y pasos que pudieran ser de utilidad al abordar procesos de esta naturaleza que previsiblemente se tendrán que afrontar en el país.

Las dosis efectivas reales del personal que participó en el proceso, reportadas por la institución contratada para brindar el servicio de dosimetría individual fue inferior a 0,1 mSv.

## Referencias Bibliográficas

- [1] BENÍTEZ JC, JOVA L. Clausura de Instalaciones Radiactivas. Curso Regional de Capacitación sobre Seguridad de la Gestión de Desechos Radiactivos provenientes de Aplicaciones Nucleares. Conferencia No. 29. OIEA: Santiago de Chile, 19-31 Agosto 2002. p. 29-2.
- [2] IAEA. Decommissioning of Medical, Industrial and Research Facilities. Safety Guide No. WS-G-2.2. Vienna: IAEA, 1999.
- [3] Proyecto de Requisitos de Seguridad: Evaluación de la seguridad de las instalaciones y actividades. Proyecto de Requisitos de Seguridad DS348. Viena: IAEA, 17 de Octubre 2008.
- [4] CNSN. Reglamento de Autorización de Práctica y Actividades Asociadas al Empleo de las Radiaciones Ionizantes. Resolución No 25/98, 1998.
- [5] KULISHA EE. Manual de cálculo y construcción de instalaciones radiacionales químicas (en ruso). Atomizdat, 1975. p.154.
- [6] Technical Description and operating manual 3.410.00IT0. order No.53/004-3963. URSS, 1969.
- [7] PRENDES M, et al. Protección Radiológica en las Aplicaciones de las Técnicas Nucleares. La Habana: CPHR, 2002. p. 201.

**Recibido:** 14 de marzo de 2010

**Aceptado:** 13 de mayo de 2010