

EXPERIENCIAS DE PROTECCION RADIOLOGICA DE TRABAJADORES DEL CENTRO DE ISOTOPOS

Soria Guevara M. A.¹, Pérez Pijuán S.² y Amador Balbona Z. H.³

¹ Centro de Isótopos

² Organismo Internacional de Energía Atómica

³ Centro de Isótopos

RESUMEN

Debido a la significativa importancia que tiene para la comunidad radiológica las experiencias de trabajo de seguridad y protección radiológicas adquiridas durante la implantación del programa de seguridad y protección radiológica (PSPR) para la operación segura de una planta de producción de isótopos como el Centro de Isótopos, en este trabajo se presentan la evolución de los requisitos que conforman el PSPR y las experiencias valiosas aportadas que pueden ser útiles para otros centros de Cuba y Latino América con riesgos radiológicos similares durante el uso de materiales radiactivos.

La política de la seguridad y protección radiológica del Centro de Isótopos (CENTIS) se implementa en sus diferentes etapas de trabajo de conformidad con las regulaciones nacionales [1], las recomendaciones y tendencias internacionales [2, 3-5], teniendo en cuenta las bases sobre las cuales fue diseñado. La expresión práctica de esa política es la aplicación de un Programa de Seguridad y Protección Radiológicas (PSPR), en continua revisión y perfeccionamiento.

CENTIS aporta como nueva experiencia en su gestión de la seguridad y protección haber establecido indicadores de control de seguridad y protección radiológicas desde el primer nivel de dirección hasta la unidad básica (Departamento), que se evalúan de manera oportuna e inmediata mediante el empleo de métodos de control de la gestión (Cuadro de Mando Integral), análisis de tendencias y otros, que nos ha permitido detectar de manera prematura no conformidades de acuerdo a las regulaciones y desviaciones de los límites y condiciones de operación segura, investigar las causas que lo originaron, tomar acciones para evitar su repetición y extraer los aspectos positivos de las lecciones aprendidas convirtiéndola en experiencias de trabajo útiles, esto ha sido el pilar principal en los estándares de seguridad y protección radiológicas alcanzados.

1. INTRODUCCIÓN

La política de la seguridad radiológica del Centro de Isótopos (CENTIS), se establece y define en sus diferentes etapas de trabajo de conformidad con las regulaciones nacionales [1], las recomendaciones y tendencias internacionales [2, 3-5], teniendo en cuenta las bases sobre las cuales fue diseñado. La expresión práctica de esa política es la aplicación de un Programa de Seguridad y Protección Radiológicas (PSPR), en continua revisión y perfeccionamiento.

Como indicadores conceptuales y de desempeño, el CENTIS es una instalación radiactiva de categoría II [6], que posee 14 autorizaciones otorgadas por el Centro Nacional de Seguridad

¹masguevara@centis.edu.cu

Nuclear (CNSN), que comprenden la importación de materia prima radisotópica, la producción de radiofármacos, la obtención de compuestos marcados, la realización de servicios científicos técnicos asociados al uso de sustancias radiactivas y la distribución nacional y exportación de esos productos y servicios vinculados a su sector destino, las instituciones médicas y biotecnológicas.

2. PROGRAMA DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN RADIOLÓGICAS (PSPR) PARA LA OPERACIÓN SEGURA DE CENTIS.

El PSPR del CENTIS se elaboró y estableció considerando las regulaciones nacionales, las recomendaciones del OIEA [6] y las experiencias de trabajo de sus especialistas, atendiendo a los siguientes requisitos entre otros:

- a) Autorización de prácticas.
- b) Control de la exposición ocupacional.
- c) Vigilancia radiológica de los puestos de trabajo.
- d) Control de las dosis al público por las descargas líquidas.
- e) Control de las dosis al público por las descargas gaseosas.
- f) Gestión de la organización orientada a la seguridad y protección radiológica.

2.1. Sistema de Indicadores de Gestión de la Seguridad Radiológica de CENTIS

Para mejorar la implementación y control de los requisitos del PSPR de CENTIS se definieron y establecieron aplicando el Método Delphi, 55 indicadores específicos de control de la gestión de la seguridad, en función del cumplimiento de los requisitos regulatorios y los requisitos de gestión de seguridad radiológica propiamente dicho, por cada indicador se establecieron valores umbrales de evaluación de la gestión eficiente en seguridad radiológica para su calificación cualitativa de acuerdo al resultado alcanzado, pudiendo saber el estado real de la protección y seguridad radiológica en el centro en el periodo evaluado.

3. PRINCIALES EXPERIENCIAS

Nos referiremos sólo a aquellos aspectos en los que la práctica de CENTIS en este campo, pudiera resultar de interés a la comunidad radiológica nacional y a los de países de Latino América con escala y condiciones de trabajo similares a las nuestras.

3.1. Autorización de prácticas.

El CENTIS para adquirir las distintas autorizaciones del CNSN necesarias para poder llevar a cabo las prácticas con radiaciones ionizantes planificadas, de común acuerdo con el CNSN, desarrolló este complejo proceso por etapas debido a las múltiples prácticas de diversas complejidades y riesgos radiológicos asociados involucradas, a los efectos de ir dando respuesta a las necesidades más urgentes del mercado, evitando abarcar más allá de lo

objetivamente razonable y adquiriendo experiencia y confianza paulatinas en la producción regular de radiofármacos, evaluando rigurosamente los riesgos.

La documentación en apoyo a las autorizaciones y las propias autorizaciones se revisan y enmiendan periódicamente de acuerdo a la evolución de los aspectos de seguridad y protección, y denotan la pertinencia del PSPR de CENTIS.

Para gestionar de manera eficaz las renovaciones de las autorizaciones debida a su complejidad manifestada en la cantidad y periodos de vigencias diferentes, CENTIS ha desarrollado un conjunto de indicadores específicos de gestión de las autorizaciones que se han insertado en un Cuadro de Mando Integral donde se chequea su evolución trimestralmente y de esta manera se ha cumplido con los términos de presentación de las solicitudes de renovación de las autorizaciones y por ende se ha evitado que las mismas caduquen.

Durante este periodo una relación profesional, de cooperación e intercambio de conocimientos y experiencias en ambos sentidos han sido mantenidas entre CENTIS como concesionario de la Licencia de Institucional de Operación y el CNSN como Autoridad Regulatoria que ha favorecido la madurez alcanza desde el punto de vista de la seguridad en CENTIS.

3.2. Control de la exposición ocupacional.

El CENTIS a fin de garantizar que las dosis recibidas por los Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos (TOEs) en el ejercicio de sus funciones, sean tan bajas como razonablemente sea posible (Principio ALARA), que cumplan con las restricciones de dosis adoptadas a cada práctica y con los límites de dosis establecidos, ha contratado el servicio de dosimetría personal a los Laboratorios de Dosimetría Externa e Interna del Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR), con un ciclo de evaluación mensual y quincenal respectivamente, simultáneamente ha definido un grupo de indicadores específicos de gestión de las dosis recibidas por los TOEs, donde trimestralmente se realiza un análisis del comportamiento de las dosis recibidas por los TOEs versus las restricciones de dosis adoptadas y de esta manera hemos evitados que los TOEs sobrepasen los valores de restricciones de dosis y mucho menos de los límites de dosis anual.

Durante estos 18 años cada vez que un TOE supera cualquier nivel de investigación de dosis establecido, CENTIS confecciona el informe de investigación correspondiente, se identifican las causas, se orientan medidas y se extraen experiencias, se involucran a los trabajadores para su mejor entendimiento y aprendizaje de las lecciones aprendidas, situación que se reporta al CNSN.

EL CENTIS cada año evalúa las tendencias de 7 indicadores específicos de gestión de la exposición ocupacional [7] : Actividad manipulada (Bq) y dosis efectiva colectiva (Sv-hombre/año), Dosis efectiva colectiva (hombre-mSv/año) y cantidad de trabajadores controlados, Dosis efectiva colectiva por grupo de trabajadores, Comportamiento de la dosis efectiva colectiva y la dosis efectiva colectiva media para el grupo más expuesto, Distribuciones porcentuales de la cantidad de trabajadores por intervalo de dosis para E, Hp(0.07) y Hp(3), Valores máximos de las magnitudes dosimétricas y relación con las

restricciones de dosis y Cocientes de las dosis máximas anuales (E, Hp(0.07) y Hp(3)) y las restricciones de dosis anuales correspondientes, para cada grupo de trabajadores. A fin de ilustrar este aspecto del trabajo nos referiremos a dos de los referidos indicadores.

3.2.1. Dosis efectiva colectiva, S (hombre-mSv/año) y cantidad de trabajadores controlados.

El criterio que se sigue para su evaluación es que $S \leq 200$ mSv-hombre a-1, según valor determinado en [8]. Este indicador de control de tendencia se incorporó para poder determinar si el incremento de esta magnitud se debe a las dosis efectivas individuales o al comportamiento del número de personas expuestas controladas. Es decir, el comportamiento de la dosis efectiva colectiva y la dosis efectiva colectiva media para el grupo más expuesto, se incorpora a nuestro control de tendencias, para poder de esta forma determinar si existen cambios en la exposición del personal con las dosis efectivas más elevadas o en la cantidad de sus trabajadores.

En la Figura 1 se reflejan los valores de S y la cantidad de trabajadores controlados. Puede concluirse que la cantidad de trabajadores controlados no ha sido determinante en la mayoría de los años en el valor de S.

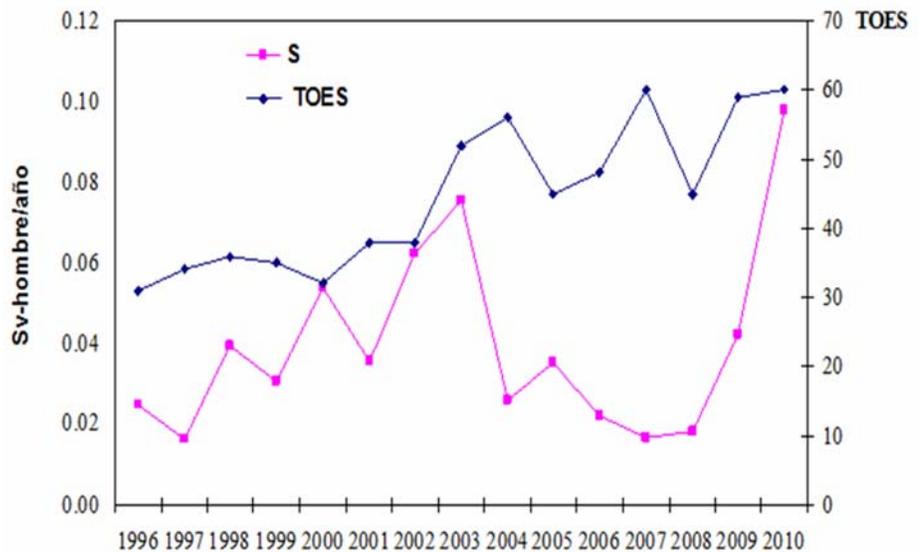


Figura 1. Dosis colectiva anual y cantidad anual de trabajadores controlados.

3.2.2. Valores máximos de las magnitudes dosimétricas y relación con las restricciones de dosis.

El análisis anual del comportamiento de las dosis de los TOEs realizado en los últimos 18 años por el CENTIS, arroja los resultados siguientes, obsérvese en la Tabla 1:

Tabla 1. Valores máximos de las magnitudes dosimétricas y relación con las restricciones de dosis.

	E (mSv)	Hp(0,07) (mSv)	Hp(3) (mSv)
Restricción de dosis	12	200	15
Año			
1999	4,73	8,15	-
2000	4,02	8,56	-
2001	10,27	17,85	2,60
2002	4,85	49,38	4,38
2003	25,77	65,43	1,27
2004	3,22	117,97	1,90
2005	7,06	97,94	8,47
2006	5,89	91,47	12,09
2007	4,17	73,41	5,14
2008	6,52	145,17	5,89
2009	6,09	232,71	3,49
2010	2,96	117,70	3,86
2011	4,28	168,38	2,18
2012	5,32	172,49	4,85
2013	5,14	60,68	3,85
2014	9,13	194,60	12,05

- El 99,8% de los TOEs sujetos a vigilancia radiológica individual reportados, reciben dosis efectivas inferiores al valor de restricción y límite de dosis efectiva anual, excepto en el año 2003 que se trató de una trabajadora del grupo de Control de Calidad que realizaba todas las eluciones de los generadores y recibió una dosis efectiva igual a 25,77 mSv. Como medida, además de redistribuir la carga de la trabajadora, se ubicó blindaje en el puesto de elución con 5 cm de Pb.
- El 99,8% de los TOEs reciben dosis en extremidades Hp(0.07) inferiores al valor de restricción adoptado, excepto en el año 2009 que se realizó el análisis con el trabajador sobre sus procedimientos en la intervención en la celda donde se manipula el ¹³¹I. Como se aprecia, se superó la restricción de dosis, no así el límite anual para la dosis equivalente en manos.
- El 100 % de los TOEs reciben dosis en el cristalino Hp(3) inferiores al valor de restricción adoptado.

En CENTIS los resultados de la vigilancia radiológica individual de los TOEs se conservan durante la vida laboral el TOE y posteriormente, hasta 30 años después de terminado el trabajo que implicaba la exposición ocupacional.

3.3. Vigilancia radiológica de los puestos de trabajo.

El DSR lleva a cabo semanalmente, el monitoreo radiológico de los puestos de trabajo, es decir, las mediciones de la tasa de dosis equivalente ambiental y de la contaminación superficial en las áreas donde se manipulan sustancias radiactivas, mediante instrumentación verificada o calibrada cada año por el Laboratorio secundario de verificación de equipos

del Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR).

Para las dos magnitudes que se controlan se establecen niveles de referencia, que permiten detectar las desviaciones de las condiciones de seguridad de los puestos de trabajo. Se dispone de información desde el 2006 hasta el 2014 contenida en 1092 registros.

Una experiencia de interés es el examen de los resultados obtenidos de la vigilancia radiológica realizada a la producción del nuevo generador de Tecnecio GBTec02 que permitió identificar 15 desviaciones en 71 registros (para el 21,13%), con superación del nivel de referencia (50 μ Sv por día de producción). Para reducir las dosis efectivas se adoptaron medidas de optimización de la exposición ocupacional tales como: el empleo de blindaje de plomo con espesor igual a 5 cm y 30 cm de altura sobre el plano de trabajo para los puestos donde se realizan las eluciones y el armado de los generadores (como blindaje adicional al del contenedor del generador GBTec02, cuyo espesor de Pb es de 5 cm), ubicación de láminas de plomo de 0,6 cm de espesor en el interior y la tapa del recipiente para los desechos radiactivos en los puestos de las eluciones (con tubería plástica fijada en la abertura de la tapa para facilitar la recolección de estos desechos), la rotación del personal que realiza las eluciones y el armado de los generadores, lo cual permite la reducción del factor ocupacional y el empleo de TOES que no participan en el resto de los procesos de producción de radiofármacos y compuestos marcados (personal de apoyo), para ejecutar las eluciones y el armado de los generadores y el uso de los DOSICARD (Dosímetros Electrónicos de Lectura Directa) para medir Hp(10) durante estas operaciones, porque además de disponer de alarma lumínica y sonora, permiten estudiar la distribución de Hp(10) en el tiempo. Esta última característica ayuda a identificar qué operaciones son las de mayor aporte a la exposición del trabajador. Además, como ya se explicó, el nivel de registro de los dosímetros TLD suministrados por el CPHR es 100 μ Sv/mes y como los TOES más expuestos solamente trabajan una vez por mes, la lectura implica el valor de cero cuando Hp(10) no supera este valor.

3.4. Control de las dosis al público por las descargas líquidas.

La vigilancia de las descargas líquidas, es indispensable para el cumplimiento de la restricción de dosis al público. La planta de producción posee un sistema de canalización especial (barrera de protección para los miembros de público), cuya función es controlar los desagües provenientes de campanas radioquímicas, lavamanos y duchas de descontaminación, y fregaderos “activos” ubicados en la zona controlada, antes de su expulsión al ambiente.

Llama la atención que para el ^{32}P se alcanzaron valores de actividad anual descargada superiores al nivel de desclasificación incondicional en el trienio 2002-2005, debido a la incorrecta consideración de que toda la emisión beta medida en las aguas sospechosas se debía a este radisótopo y aplicado a las aguas que se descargan del sistema de canalización especial, antes de su unión con el resto de las aguas del CENTIS, de su paso por el tanque séptico y su incorporación al manto freático después del lecho filtrante. Para el resto de los radisótopos medidos no se sobrepasan los límites de descarga correspondientes [9]. Por procedimientos establecidos para la estimación adecuada de emisores beta a finales del 2009 por el Departamento de Metrología de los Radionúclidos del CENTIS y completada en el 2010 [10 y 11], se han establecido indicadores que permiten garantizar el cumplimiento de los niveles incondicionales de descarga, los que aseguran que los miembros del público reciban

dosis iguales o inferiores a 10 $\mu\text{Sv a}^{-1}$ y una dosis efectiva colectiva no superior a 1 Sv-hombre a-1 por esta vía.

3.5. Control de las dosis al público por las descargas gaseosas.

Las descargas gaseosas se miden de manera diferida con la ayuda de un radiómetro con detector Geiger-Müller para mantener la vigilancia y asegurar el cumplimiento de la restricción de dosis al público [9]. El control de la actividad descargada se realiza, tomando como referencia un límite de actividad descargada derivado por producción ≤ 1.92 MBq/producción donde intervenga el ^{131}I . En caso que este valor se sobrepase, se abre un expediente de investigación, se examina con los TOE implicados, se evalúan las causas que lo provocaron, y se proponen acciones para evitar su repetición. Se asegura así, que nos mantengamos en aproximadamente en 1/3 del límite actividad descargada anual (100 MBq a-1) a pesar de que la actividad anual manipulada por práctica se ha incrementado. Como se aprecia en la Tabla 2, la actividad anual descargada de ^{131}I se ha comportado entre **11,2 MBq a 67,9 MBq**, siendo la concentración radiactiva máxima registrada para el período analizado igual a **29,9 Bq m⁻³**. Ninguno de estos valores supera los niveles establecidos de descarga, a saber **100 MBq a-1 y 59,4 Bq m⁻³**.

Tabla 2. Actividad manipulada, concentración radiactiva máxima y actividad anual de la descarga gaseosa de I-131.

Año	Actividad manipulada anual ^{131}I (TBq a⁻¹)	Concentración radiactiva máxima de ^{131}I (Bq m⁻³)	Actividad anual de descarga ^{131}I (Bq a⁻¹)
2001	4,88	2,87E+00	1,12E+07
2002	4,60	2,45E+01	6,79E+07
2003	3,94	4,85E+00	1,99E+07
2004	4,71	1,03E+01	6,32E+07
2005	4,08	4,38E+00	4,10E+07
2006	3,28	1,61E+01	2,95E+07
2007	4,91	1,91E+01	6,72E+07
2008	4,33	2,99E+01	2,61E+07
2009	5,76	1,96E+01	3,46E+07
2010	7,09	2,02E+01	3,07E+07
2011	7,03	1,37E+01	3,62E+07
2012	10,09	1,82E+01	4,26E+07
2013	11,70	1,43E+01	6,90E+07
2014	13,36	9,16E+00	3,43E+07

Se extrapolan linealmente los resultados del modelo para la evaluación de las dosis al grupo crítico, para las condiciones normales de operación, para 52 semanas de trabajo por año y la actividad de ^{131}I en las descargas gaseosas. Igualmente se reporta que este radisótopo aporta el 88,5% de dicha dosis. La comparación de los resultados que se obtienen con la restricción de dosis al público resulta útil para evaluar la seguridad de los procesos con este radisótopo.

Nótese en la Fig. 2, que las dosis efectivas anuales al público debido a las descargas gaseosas del CENTIS se han comportado por debajo del 3% de la restricción de dosis adoptada igual a $10 \mu\text{Sv a}^{-1}$.

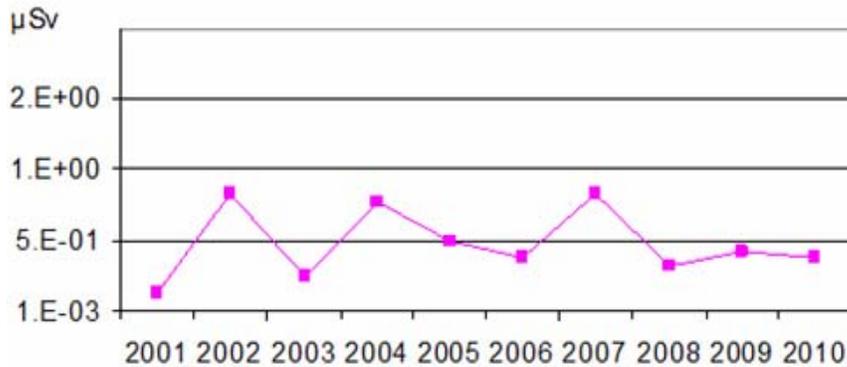


Figura 2. Indicador dosis efectiva anual al público debido a las descargas gaseosas.

3. Gestión de la organización orientada en la seguridad y protección radiológica.

El primer nivel de dirección de CENTIS en sus secciones del consejo de dirección, trimestralmente controla y evalúa a través del Cuadro de Mando Integral [12] el estado de actualización y vigencia de las autorizaciones de las prácticas con materiales radiactivos otorgadas a CENTIS por el CNSN que son condiciones limitantes de operación y que pueden afectar el cumplimiento de las misiones del centro.

El estado de la protección y seguridad radiológica de CENTIS es un tema que se aborda o discute semanalmente en las reuniones periódicas de trabajos del Comité de Producción, estimulando la comunicación abierta sobre la protección y la seguridad radiológica entre todas las áreas de la entidad.

La experiencia de operación, prueba la importancia de controlar con una frecuencia adecuada, la evolución de los requisitos del PSPR en dos niveles de dirección: el departamento (Departamento de Seguridad Radiológica, DSR) y la Dirección.

Existe una buena y abierta comunicación entre los directivos, miembros del DSR y los trabajadores para abordar cualquier preocupación o sugerencia relacionada con la protección y seguridad radiológica del personal, motivando a los trabajadores a realizar sugerencias y mejoras de protección y seguridad.

Otra experiencia importante es que CENTIS dentro del ejercicio estratégico 2012-2015 incorporó como valores deseados de la organización un conjunto de atributos que contribuyen a fomentar una cultura de seguridad, como son: Profesionalidad en el Trabajo, Trabajo en Equipo, Seguridad Laboral y Seguridad Ambiental.

En CENTIS se ha logrado que la protección y seguridad radiológica es una responsabilidad en primer lugar del Director (concesionario de la Licencia), del Responsable de Protección Radiológica (RPR) y demás miembros del departamento de seguridad radiológica, de los directivos cuyos subordinados realizan prácticas con fuentes de radiaciones ionizantes y de los propios trabajadores ocupacionalmente expuestos.

Un pilar importante en los resultados obtenidos ha sido la máxima prioridad y apoyo que el primer nivel de dirección de CENTIS ha brindado en todos estos años a la seguridad de las fuentes radiactivas y a la protección radiológica de los trabajadores, el público y el medio ambiente.

4. CONCLUSIONES

1. El establecer indicadores de control de seguridad cuyas frecuencias se anticipan razonablemente a los valores umbrales de los indicadores de seguridad y protección radiológicas aseguran su cumplimiento, como por ejemplo: Fecha de control 3 meses antes la fecha de caducidad de una autorización de una práctica, una licencia individual entre otros.
2. La vigilancia radiológica de los puestos de trabajos y los dosímetros electrónicos de lectura directa, DOSICARD permitió introducir medidas de optimización para las producciones de los generadores de Tecnecio GBTec 02 reduciendo las dosis recibidas por los TOE que realizan esta práctica.
3. El establecer los protocolos para la determinación de los emisores beta puros en los efluentes líquidos e incorporarse sus resultados en los indicadores para las descargas líquidas, se garantiza el cumplimiento de las restricciones de dosis para los miembros del público por esta vía.
4. El acopiar los registros de dosis, archivarlos sin evaluarlos, olvidarnos de los mismos, convirtiéndolo en documentos pasivos, es una actitud complaciente e inadecuada, por el contrario hay que evaluarlos inmediatamente, realizar un análisis de tendencias de las dosis por cada TOE, por grupo de trabajo y por práctica, aunque no se hayan superados los niveles de investigación de dosis respectivos, pero si compararlos con los valores mínimos, medios y máximos históricos de manera de que si se manifiesta alguna tendencia de aumento de las dosis, de manera prematura podemos incidir sobre esta, esto ha sido una experiencia valiosa que ha contribuido a la optimización de las dosis.
5. El control de las descargas gaseosas nos ha permitido determinar que práctica (producción de MIBG) y dentro de esta que operación (calentamiento y secado del producto) es la que más contribuye a aumentar los niveles de actividad de ^{131}I que se descargan al medio ambiente pudiendo tomar todas las acciones que se requieren para disminuirla por debajo de los niveles de desclasificación incondicionales.

6. CENTIS aporta como nueva experiencia en su gestión de la seguridad y protección haber establecido indicadores de control de seguridad y protección radiológicas desde el primer nivel de Dirección hasta la unidad básica (Departamento), que se evalúan de manera periódica, oportuna e inmediata mediante el empleo de métodos de control de la gestión (Cuadro de Mando Integral), análisis de tendencias y otros, que nos ha permitido detectar de manera prematura no conformidades de acuerdo a las regulaciones y desviaciones de los límites y condiciones de operación segura, investigar las causas que lo originaron, tomar acciones para evitar su repetición y extraer los aspectos positivos de las lecciones aprendidas convirtiéndola en experiencias de trabajo útiles, esto ha sido el pilar principal en los estándares de seguridad y protección radiológicas aceptables alcanzados.

5. REFERENCIAS

1. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente y Ministerio de Salud Pública, Resolución Conjunta, Normas Básicas de Seguridad Radiológica, Ciudad de La Habana, Cuba (2001).
2. Comunidad Europea de la Energía Atómica, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Organismo Internacional de Energía Atómica, Organización Internacional del Trabajo, Organización Marítima Internacional, Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE, Organización Panamericana de la Salud, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Organización Mundial de la Salud, Principios Fundamentales de Seguridad: Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° SF-1, OIEA, Viena, Austria (2007).
3. Organismo Internacional de Energía Atómica, Evaluación de la Exposición Ocupacional debida a fuentes externas de radiación, Guía de Seguridad, RS-G-1.3, Viena, Austria (1999).
4. Organismo Internacional de Energía Atómica, Evaluación de la Exposición Ocupacional debida a Incorporaciones de Radionucleidos, Guía de Seguridad, RS-G-1.2, Viena, Austria (1999).
5. Organismo Internacional de Energía Atómica, Optimización de la Protección Radiológica en el Control de la Exposición Ocupacional, Colección de Informes de Seguridad No. 21, Viena, Austria (2004).
6. International Atomic Energy Agency, Recommendations for the Safe Use and Regulation of Radiation Sources in Industry, Medicine, Research and Teaching, Safety Series, No. 102, IAEA, Vienna, Austria (1990).
7. Amador Balbona Z. H., Desarrollo de los Indicadores de Gestión de la Seguridad Radiológica en el Centro de Isótopos, Tesis de Maestría en Ingeniería en Instalaciones Energéticas y Nucleares, INSTEC, La Habana, Cuba (2011).
8. Centro de Isótopos, Colectivo de autores, Informe Final de Seguridad, CENTIS/DSR-144-001-C, La Habana, Cuba (2011).
9. Centro Nacional de Seguridad Nuclear, Resolución No. 1/2004, Guía sobre Niveles de Desclasificación Incondicional de: Materiales Sólidos con Muy Bajo Contenido Radiactivo y Descargas de Líquidos y de Gases al Medio Ambiente, Ciudad de La Habana, Cuba (2004).
10. Centro de Isótopos, Resultados de la validación del protocolo para la determinación del contenido de Sr-90 en descargas líquidas, Departamento de Metrología de los Radionúclidos, Ciudad de La Habana, Cuba (2009).

11. Centro de Isótopos, Resultados de la validación del protocolo para la evaluación de la concentración de actividad del P-32 y el Sr-90 en las aguas sospechosas, Departamento de Metrología de los Radionúclidos, Ciudad de La Habana, Cuba (2010).
12. Kaplan R.S, Norton D. P., Cómo utilizar el Cuadro de Mando Integral, para implantar y gestionar su estrategia, Harvard Business School Publishing Corporation, Año de publicación y editorial:2001