

“PRINCIPALES RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL BANCO NACIONAL DE DOSIS DE LA REPÚBLICA DE CUBA”.

Valdés Ramos M.¹, Prendes Alonso M.¹, Tomás Zerquera J.¹, Fuentes Puch A.²

¹Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones, (CPHR), Cuba

²Centro Nacional de Seguridad Nuclear (CNSN), Cuba

RESUMEN

La legislación cubana establece que la autoridad reguladora debe conservar y mantener disponibles los registros históricos de las dosis individuales de los trabajadores ocupacionalmente expuestos. La vigilancia radiológica individual se comenzó a implementar en Cuba en la década del 80 y en la actualidad abarca el 100% del personal ocupacionalmente expuesto. Diversas han sido las técnicas empleadas y los laboratorios encargados de garantizar estos servicios. Con el objetivo fundamental de contribuir a perfeccionar la supervisión de la seguridad en las aplicaciones nucleares y el sistema de evaluación de la exposición ocupacional en el país, en el año 2008 se diseñó y desarrolló el Banco Nacional de Dosis (BND) de la República de Cuba. El presente trabajo describe las experiencias obtenidas durante la implementación del BND en Cuba, las herramientas estadísticas desarrolladas y los principales resultados obtenidos. El Banco cuenta ya con información histórica de más de 2120 entidades usuarias, 20900 trabajadores, 1000500 mediciones de 14 años, y de 7 servicios de Vigilancia Radiológica Individual (dosimetría externa e interna). Constituyó un reto el proceso de recuperación y armonización de la información histórica, y se ha identificado la necesidad de incorporar las exigencias de información del Banco a los procesos de reconocimiento de competencia técnica de los laboratorios proveedores. El desarrollo del BND ha permitido disponer, por primera vez en el país, de información actualizada sobre los historiales dosimétricos de los trabajadores ocupacionalmente expuestos de las instalaciones radiactivas cubanas. A su vez, se han desarrollado un grupo de reportes y herramientas estadísticas que permiten potenciar el valor que la información dosimétrica puede tener para la supervisión de la seguridad, al contribuir a la identificación de la pertinencia y efectividad de los programas de protección y seguridad radiológica implementados en las prácticas y contribuir a su optimización.

1. INTRODUCCIÓN

La Vigilancia Radiológica Individual (VRI) se comenzó a implementar en Cuba en la década del 80 [1] y en la actualidad abarca el 100% del personal ocupacionalmente expuesto, que por sus condiciones de trabajo y riesgo de exposición la requieren. Se han empleado diversas técnicas de medición tanto para estimar la dosis recibida por la exposición externa, como por la incorporación de radionúclidos. En situaciones excepcionales se emplean métodos biológicos para evaluaciones retrospectivas de las dosis potencialmente recibidas por las personas presuntamente involucradas en exposiciones anormales. Por otra parte, para algunas prácticas se ha establecido que se estime la dosis recibida por los trabajadores a través de la vigilancia radiológica de los puestos de trabajo.

Durante todos estos años se ha acumulado en nuestro país una importante cantidad de información dosimétrica, por los diferentes servicios que se han ejecutado y aun se ejecutan en el país, la cual estaba dispersa, en formatos y estructuras de almacenamiento diferentes, y en lo fundamental concebida para satisfacer requisitos de los servicios, lo que no permitía

¹ E-mail del Autor. zury@cphr.edu.cu

hacer análisis estadísticos eficaces del comportamiento de las dosis efectivas totales, siendo muy limitada la posibilidad de emplear los datos dosimétricos para caracterizar la situación radiológica de manera integral a escala nacional, en un territorio o un sector, o según el tipo de práctica y puesto de trabajo.

Existe una tendencia internacional a desarrollar registros de dosis centralizados, respaldada por Normas Básicas de Seguridad del OIEA que establecen que los registros de las dosis ocupacionales individuales de los trabajadores, se conserven y estén disponibles para las autoridades competentes y para los individuos [2]. Este requisito se ha adoptado en la legislación cubana [3] para garantizar el carácter legal de los resultados de la vigilancia radiológica individual, y para que estén disponibles para las instituciones reguladoras, los responsables de las técnicas y el personal ocupacionalmente expuesto.

En este contexto se diseñó, desarrolló e implementó el Banco Nacional de Dosis individual de la República de Cuba (BND), en el que se centralizarían los historiales dosimétricos de todos los trabajadores expuestos en las instalaciones radiactivas existentes en el país y que su objetivo fundamente es perfeccionar la supervisión de la seguridad en las aplicaciones nucleares y el sistema de evaluación de la exposición ocupacional en el país. El presente trabajo describe las principales experiencias obtenidas durante su desarrollo e implementación, y algunos resultados obtenidos.

2. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL BND.

Desde el año 2008 se comienza el desarrollo y paulatina implementación del Banco Nacional de Dosis (BND) en el que se centralizarían los historiales dosimétricos de todos los trabajadores expuestos en las instalaciones radiactivas cubana. El objetivo primordial del desarrollo del BND es contribuir a perfeccionar la supervisión de la seguridad en las aplicaciones, poniendo a disposición de la Autoridad Reguladora una herramienta eficaz que le permite cumplir con el requisito de seguridad de que los registros de las dosis ocupacionales individuales de los trabajadores se conserven y estén disponibles en el tiempo, para las autoridades competentes y para los individuos.

El BND constituye una herramienta básica para la Autoridad Reguladora cubana, tanto desde el punto de vista del control regulador como para preparar la información que, en relación con las dosis recibidas por los trabajadores expuestos en Cuba, le es requerida periódicamente desde el ámbito nacional o internacional. Esta herramienta permite:

- Disponer de información actualizada sobre los historiales dosimétricos de cada uno de los trabajadores, almacenando las mediciones de dosis evaluadas por los diferentes servicios de dosimetría que existen en el país.
- Estudiar las dosis resultantes de la operación de cualquier instalación radiactiva en el país.
- Crear un sistema de reportes acorde a las exigencias e intereses de las instituciones relacionadas con la seguridad en las aplicaciones.
- Hacer estudios estadísticos de carácter sectorial sobre las tendencias en la exposición a radiaciones de distintos grupos de trabajadores, lo que permite identificar áreas de interés desde el punto de vista optimización de la seguridad.

- Llevar a cabo análisis estadísticos de los resultados de la vigilancia radiológica individual que permitan perfeccionar la supervisión y la seguridad en las prácticas con radiaciones ionizantes y caracterizar la exposición ocupacional en el país.

El BND se concibió como un sistema de gestión de base de datos, que almacena, controla y correlaciona toda la información generada por los diferentes servicios de vigilancia radiológica individual que se llevaron a cabo o aún se ejecutan en el territorio nacional, con una interfase Web acoplada para la visualización de los principales resultados por los usuarios directos e indirectos de Banco (ver figura 1).

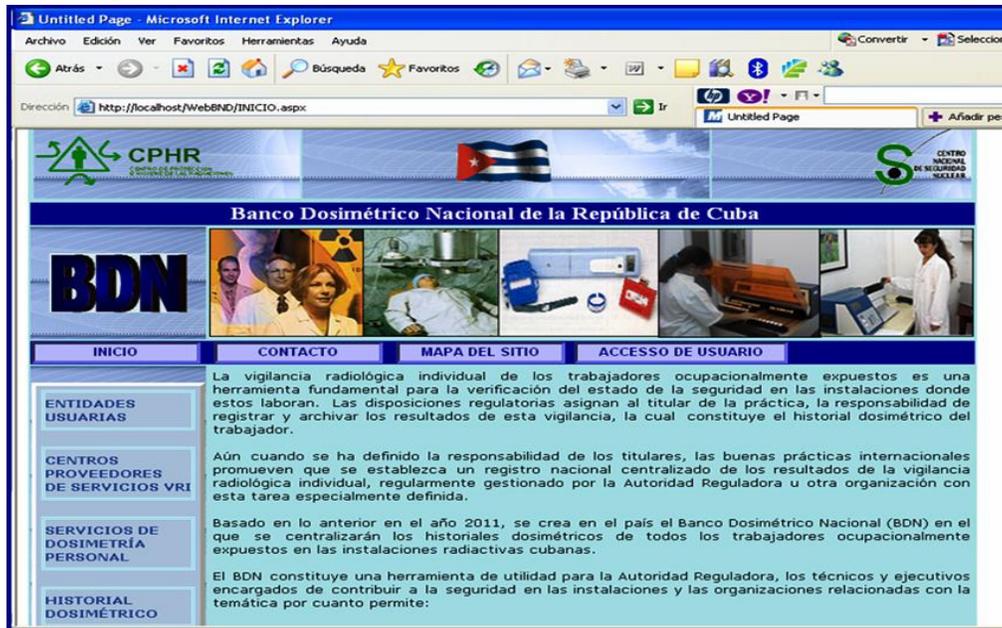


Figura 1. Sitio WEB del BND.

Otro eslabón importante en la concepción del BND, para lograr su operación efectiva, fue el desarrollo de una herramienta automática para importar y validar la integridad de los datos aportados por los proveedores de los servicios dosimétricos. Por tanto, desde la fase de diseño del BND, se formalizó el formato y los mecanismos de entrega de estos datos. Se debieron incorporar los requerimientos de información que demanda el BND a los sistemas de gestión en los laboratorios proveedores.

La transferencia de información desde los proveedores de los servicios está concebida con el uso de interfases, unas de carácter temporal, para incorporar al Banco los datos históricos y otras de carácter permanentes que se utilizan para la transferencia de información de manera rutinaria por los diferentes servicios. Como parte del proyecto de investigación concebido como herramienta para la concepción y desarrollo del BND, además del diseño y programación de los dos componentes principales del Banco (el “Sitio WEB” y el “Sistema de Gestión del Proceso Importación”), se desarrollaron un grupo de interfases para los Laboratorios proveedores de los servicios, para exportar la información al Banco (ver figura 2) y de esta manera garantizar el ciclo cerrado de la información, desde los proveedores a los usuarios: PROVEEDORES → INTERFASES (exportar datos) → EQUIPO GESTOR →

SISTEMA GESTIÓN (validar e importar datos) → BND → AUTORIDAD REGULADORA (reportar y solicitar información)

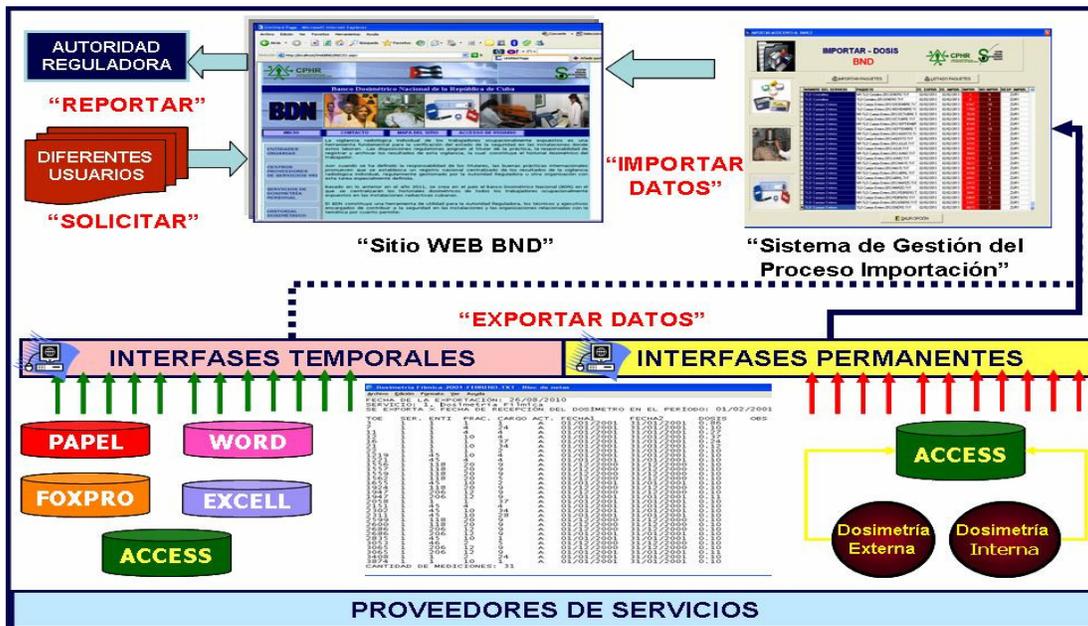


Figura 2. Componentes del BND.

El BND está desarrollado usando la tecnología ASP.NET de Microsoft para el desarrollo de Sitios Web y se empleó como Sistema de Gestión de Base de Datos el Microsoft SQL Server, que es un sistema de alto rendimiento y escalabilidad, que proporciona los servicios de base de datos necesarios para sistemas extremadamente grandes, como es el caso del BND.

Se adoptó como premisa fundamental que toda la información que se incorporara al banco, estuviera previamente autenticada de manera que se pudiera garantizar la integridad y la trazabilidad en la transferencia de la información. Es importante destacar que:

- La información de los resultados de la vigilancia radiológica de un trabajador, tanto la histórica como la actual y futura, sólo se incorpora al Banco cuando se pueda identificar inequívocamente al trabajador, la entidad para la cual trabajaba, la práctica que realiza, el cargo que ocupa vinculado al trabajo con radiaciones, el servicio de VRI utilizado, el valor dosimétrico resultado de la vigilancia y el período en que se ha obtenido.
- Cualquier modificación de información ya existente en el Banco y que esté relacionada con los resultados de la vigilancia radiológica individual es responsabilidad de la administración del mismo en consulta con el personal del Órgano Regulador.
- Se garantizará un sistema de control de acceso robusto, por el tipo de información de carácter sensible y legal que procesa, en dependencia del usuario que utiliza el sistema.
- Para cada centro proveedor de servicios de VRI, se almacena la información de todos los ensayos que brinda y los resultados históricos de los procesos de acreditación y reconocimiento de competencia de los mismos, lo que permite al usuario del Banco conocer en cualquier momento el estado de confiabilidad y credibilidad de Laboratorio que produce los resultados dosimétricos.

3. EXPERIENCIAS OBTENIDAS EN SU IMPLEMENTACIÓN.

Las principales experiencias alcanzadas en la concepción y desarrollo del BND de Cuba se pueden resumir en lo siguiente:

- El verdadero reto de un proyecto de este tipo no es el desarrollo de una aplicación informática que gestione la información dosimétrica generada por la vigilancia radiológica individual, sino el proceso de recuperación, compatibilización y armonización de dicha información y de la caracterización de los trabajadores y las entidades donde trabajan.
- Se debió trabajar en la creación y armonización de los Registros Nacionales de Entidades Usuarias y de Trabajadores, usando códigos de alcance nacional, y tomando como punto de partida la información que tenían los laboratorios proveedores.
- Se debió formalizar el contenido de los Clasificadores de las prácticas de radiaciones ionizantes autorizadas en el país y de los cargos con responsabilidades en el trabajo con radiaciones, para que fueran usados por todos los Centros Proveedores del país y el BND.
- Es necesario llevar a cabo un gran esfuerzo si se pretende recuperar la información generada durante años por los diferentes servicios de VRI que se hallan ejecutado en el país, teniendo en cuenta que la finalidad en la gestión de la información en estos laboratorios por lo regular es reflejar los resultados de los ensayos y no constituir un registro histórico adecuado para el procesamiento en función de acciones de optimización de la seguridad.
- La insuficiente capacitación de las personas a cargo de la gestión de la información dosimétrica en las instalaciones limita la recuperación de información histórica.
- Para lograr estandarizar la información, que sobre el personal expuesto y sus instituciones exige el procesamiento del Banco, se debe incorporar a los contratos de los servicios de VRI de los centros proveedores la exigencia a los usuarios de aportar toda la información que demanda el mismo.
- Para que los laboratorios proveedores puedan cumplimentar las exigencias del BND debe documentarse y hacer pública la política de gestión de información que demanda el Banco.
- El Órgano Regulador debe incorporar las exigencias del Banco a los procesos de reconocimiento de competencia técnica de los laboratorios proveedores.

4. PRINCIPALES RESULTADOS.

El BND cuenta actualmente con registros de un total aproximado de 1.000.500 mediciones dosimétricas, correspondientes a unos 20.900 trabajadores y a unas 2.120 entidades usuarias. Cada una de esas mediciones lleva asociada información sobre el tipo de instalación radiactiva donde tuvo lugar la exposición, la práctica asociada al trabajo con radiaciones del trabajador expuesto y la función o cargo que este realiza. Hasta el momento, el BND de Cuba tienen incorporada información de 14 años (2001 al 2014), y de 7 servicios de Vigilancia Radiológica Individual de dosimetría externa e interna (**ver figura 3**), ellos son:

- Dosimetría Filmica (Dosis Equivalente Personal, Hp(10)),
- TLD Cuerpo Entero (Dosis Equivalente Personal, Hp(10)),

- TLD Extremidades Dosis Equivalente en extremidades, Hp(0.07),
- TLD Cristalino (Dosis Equivalente en el cristalino, Hp(0.3)),
- I-131 en Tiroides (Dosis equivalente comprometida),
- I-125 en Tiroides (Dosis equivalente comprometida),
- Contador de Cuerpo Entero-Cs137 (Dosis Efectiva Comprometida)

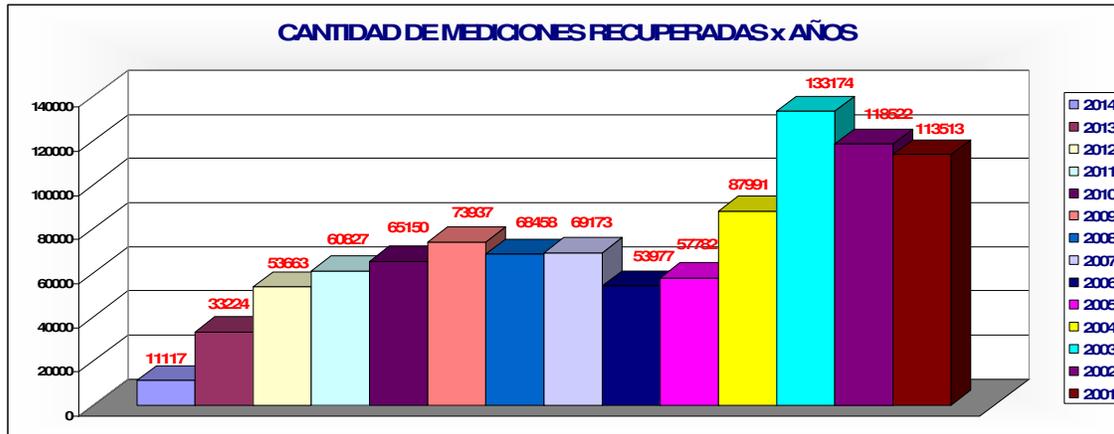


Figura 3. Mediciones Dosimétricas por año.

El sistema cuenta con un grupo de reportes y correlaciones estadísticas que permiten visualizar los resultados del BND y hacer diferentes estudios del comportamiento y de tendencias de los valores dosimétricos. Se pueden obtener reportes que abarcan desde los historiales dosimétricos de un trabajador seleccionado (su historial de por vida, de un servicio, o de un período de tiempo), hasta los reportes con los resultados dosimétricos por período de un servicio, de una entidad o de una práctica (ver figura 4).

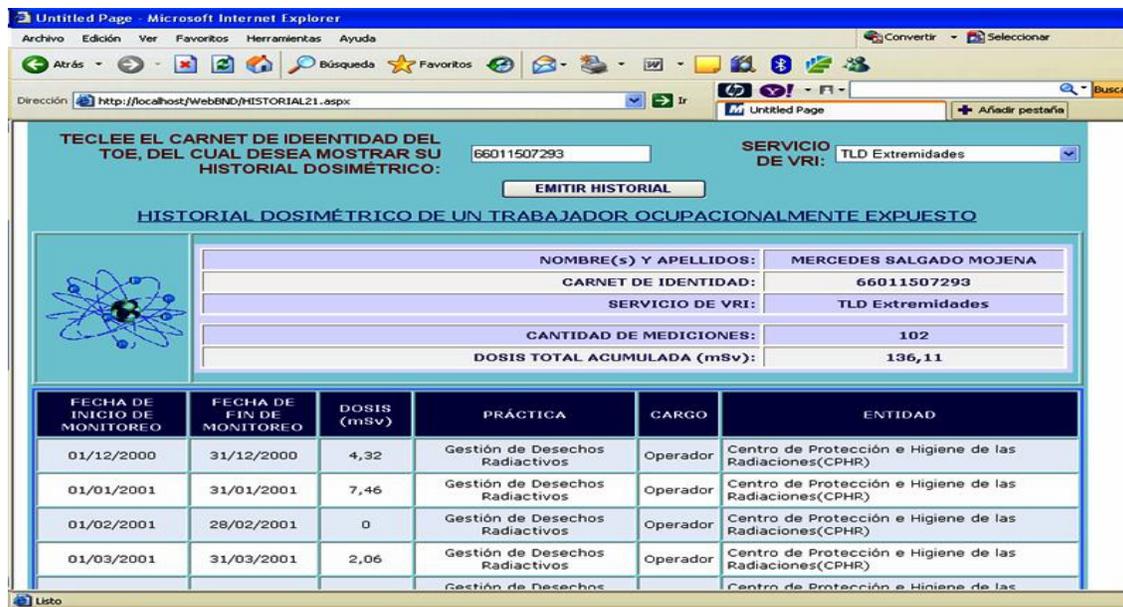


Figura 4. BND, Historial Dosimétrico.

BANCO DOSIMÉTRICO NACIONAL	
REPORTE EJECUTIVO MENSUAL	
(OCTUBRE del 2012)	
SERVICIO: VRI para la Exposición Externa (TLD Cuerpo Entero)	
NÚMERO DE ENTIDADES QUE UTILIZARON LOS SERVICIOS DE MONITOREO INDIVIDUAL: <u>1332</u>	
DE ELLAS FUERA DEL TERRITORIO NACIONAL: <u>480</u>	
CANTIDAD DE TRABAJADORES A MONITOREAR (recibieron dosímetros): <u>9482</u>	
DE ELLOS REALMENTE MONITOREADOS (dosis evaluada): <u>5954</u>	
DOSÍMETROS NO RETORNADOS: <u>3298</u>	
DOSÍMETROS NO USADOS: <u>230</u>	
DOSÍMETROS DAÑADOS: <u>0</u>	
DE ELLOS CON FRECUENCIA DE MONITOREO:	
MENSUAL: <u>9449</u>	TRIMESTRAL: <u>0</u>
BIMENSUAL: <u>33</u>	OTRO PERÍODO MAYOR: <u>0</u>
NÚMERO DE CASOS CON DOSIS RECIBIDA EN EL PERÍODO SUPERIOR A LA FRACCIÓN DEL LÍMITE ANUAL, SEGÚN LA FRECUENCIA DE MONITOREO: <u>12</u>	
NÚMERO DE CASOS CON DOSIS RECIBIDA EN EL PERÍODO SUPERIOR A UN TERCIO DEL LÍMITE ANUAL (6 mSv): <u>8</u>	
NÚMERO DE CASOS CON DOSIS RECIBIDA EN EL PERÍODO QUE PRESUMIBLEMENTE SUPERAN LOS 100 mSv: <u>0</u>	
NÚMERO DE CASOS CON DOSIS ACUMULADA EN EL AÑO, HASTA EL MES REPORTADO, QUE SUPERAN LA RESTRICCIÓN REGULADORA: <u>50</u>	
<small>NOTA: Cuando sea solicitado podrá aportarse los listados con la información específica de los casos excepcionales que aparecen en el reporte (Datos de entidades, trabajadores, y prácticas)</small>	
<small>Grupo de Gestión BDN Fecha de Emisión: 02/02/2013</small>	

Figura 5. BND, Reportes Ejecutivos Mensuales x Servicio.

La visualización de la información gestionada por el BND no se ha limitado a la publicación de reportes en el Sitio Web del Banco, sino que también se utilizó un enfoque proactivo, al concebirse un grupo de reportes consolidados que se envían mensualmente a los ejecutivos de las principales organizaciones relacionadas con la seguridad (ver figura 5). Estos reportes incluyen los principales indicadores de los resultados de la vigilancia radiológica en el período.

El BND, también emite mensualmente un grupo de reportes que alertan a la Autoridad Reguladora de aquellos trabajadores que presumiblemente están superando los límites establecidos en la legislación nacional y que deben ser monitoreados o las dosis recibidas deben ser sujetas a investigación. Ejemplos de estos reportes son:

- Listado de trabajadores con dosis acumulada en el año, hasta el mes reportado, que superan la restricción reguladora de la práctica.
- Listado de trabajadores con dosis recibida en el período superior a la fracción del límite anual, según la frecuencia de monitoreo
- Listado de trabajadores que recibieron dosis en el período superior a un tercio del límite anual (6 mSv)
- Listado de trabajadores que recibieron dosis en el período que presumiblemente superan los 100 mSv.

Mensualmente, a solicitud de la Autoridad Reguladora, se generan el historial dosimétrico del último año de las entidades que serán inspeccionadas en el mes que comienza, para poder utilizar esta información durante dicho proceso de inspección.

Anualmente, cuando concluye el proceso exportación de los datos dosimétricos por parte de los proveedores, el Equipo Gestor del BND, genera una voluminosa compilación estadística, con los principales resultados de la Vigilancia Radiológica Individual en el país, tomando como referencia las provincias, organismos y las prácticas. Con esta información se emite una PUBLICACIÓN ESTADÍSTICA ANUAL que es enviada a las principales entidades vinculadas con la Seguridad Radiológica en el país, y se evalúan los principales hallazgos con la Autoridad Reguladora.(ver figura 6).



Figura 6. BND, Publicación Estadística Anual.

El BND de Cuba también ha comenzado a emplearse para valorar el comportamiento de la seguridad de una práctica en un período dado, en soporte a los procesos de renovación de su licencia de operación.

A través del BND de Cuba también se pueden realizar valoraciones estadísticas más específicas, para conocer el comportamiento de la vigilancia radiológica individual en un sector, ministerio, provincia o municipio del país. Como parte del proceso de operación del Banco, por el Grupo Gestor, está previsto que se diseñen reportes a solicitud de los diferentes usuarios con fines investigativos o académicos.

Para concluir este capítulo podemos decir, que de la última publicación anual generada por el BND, se puede conocer que durante el año 2013 fueron controlados dosimétricamente en Cuba un total de 11.753 trabajadores expuestos que, en conjunto, recibieron una dosis colectiva de 1062 mSv.persona y una dosis individual media de 0,77 mSv/año. El 99.82% de ellos recibió dosis inferiores a 20 mSv/año y el 99,14% de ellos recibió dosis inferiores a 6 mSv/año.

La experiencia cubana en el diseño, implementación y operación del Banco Nacional de Dosis, ha sido tomada como base por el OIEA para el diseño de un prototipo de Registro Nacional de Dosis para los países de América Latina, en el marco de un proyecto regional de cooperación técnica.

5. CONCLUSIONES

La implementación del Banco Nacional de Dosis Individual de la República de Cuba, como un servicio rutinario más con que cuenta el sistema de seguridad radiológica del país, ha permitido preservar y disponer por primera vez de información actualizada sobre los historiales dosimétricos de los trabajadores ocupacionalmente expuestos de las instalaciones radiactivas cubanas. De la misma manera le ha facilitado a la autoridad reguladora una herramienta que le permite verificar el grado de cumplimiento de los límites y restricciones de dosis, pudiéndose llevar a cabo evaluaciones estadísticas de los resultados de la vigilancia radiológica individual que permitan identificar la pertinencia y efectividad de los programas de protección y seguridad radiológica implementados en las prácticas y contribuir a su optimización.

Se ha demostrado que el verdadero reto de un proyecto de estas características no es el desarrollo de la aplicación informática que gestiona el BND, sino el proceso de recuperación y armonización de la información dosimétrica histórica, identificándose la necesidad de incorporar las exigencias de información del Banco a los procesos de reconocimiento de competencia técnica de los laboratorios proveedores. Se necesita de un gran esfuerzo si se pretende recuperar la información generada durante años por los Servicios VRI, teniendo en cuenta que la finalidad de los proveedores de los servicios era reflejar los resultados de los ensayos y no constituir un registro histórico adecuado para realizar análisis y acciones de optimización de la seguridad.

Los historiales, las correlaciones, los reportes ejecutivos, las alertas de en relación con la superación de límites, los reportes anuales, sectoriales e institucionales y el resto de las herramientas estadísticas incluidas en el BND han permitido potenciar el valor que la información dosimétrica puede tener para la supervisión de la seguridad en lo concerniente, principalmente, a la optimización de la seguridad en las prácticas. Tales estudios pudieran incluir el análisis de tendencias como reflejo de la optimización o el deterioro de indicadores de seguridad en las prácticas, la correlación de los indicadores dosimétricos con modificaciones sustantivas en las prácticas, las evaluaciones estadísticas que permitan apoyar la definición de restricciones de dosis, etc.

Es una meta a mediano plazo, continuar trabajando para compatibilizar las salidas del BND de Cuba con otros esfuerzos regionales e interregionales dedicados al procesamiento de los datos dosimétricos, y compartir y publicar los principales resultados de la Vigilancia Radiológica Individual. Continua siendo un desafío incorporar variables, análisis estadísticos, y tecnologías de minería de datos que permitan potenciar su contribución a las acciones de optimización de la seguridad y trabajar por garantizar que los datos del BND sean de utilidad a otras organizaciones interesadas como los gobiernos locales, las asociaciones científicas, instituciones docentes, etc.

6. REFERENCIAS

1. Diaz B., E. et al., "Seven years of individual monitoring services in Cuba". *Proceedings of International Congress on radiation Protection, IRPA 9*, Vienna, Austria, April 14-19, 1996. Volume 4, page 4-10, (1996)

2. OIEA. *Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: Normas básicas internacionales de seguridad*, GSR Parte 3, Viena (2011).
3. Resolución Conjunta CITMA-MINSAP - "Reglamento Normas Básicas de Seguridad Radiológica", Gaceta Oficial, Enero 2002.