

Implementación de un Programa de Protección Radiológica en laboratorios que utilizan equipos y fuentes emisoras de radiación ionizante y en el Servicio de Radiodiagnóstico Odontológico de la Escuela Politécnica Nacional

Vásquez, Sandra¹; Villacis, William¹

¹Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, Quito, Ecuador

Resumen: El presente trabajo describe la implementación de un programa de protección radiológica en los laboratorios que utilizan equipos y fuente generadora de radiación ionizante. Se conoció el proceso de regularización iniciado en cada área, se elaboró y levantó la información en una lista de revisión del cumplimiento legal de los permisos vigentes tanto para el POE como para el área de estudio. La exposición laboral en cada área se la consiguió con los reportes de dosimetría personal del POE y se comparó con los límites permisibles. La medición de dosimetría ambiental, se realizó con un equipo detector Geiger Müller, en la zona de influencia de cada área de estudio. Luego se construyó y levantó la información en una lista de revisión en base a los hallazgos establecidos en los informes de inspección realizados por la SCAN según el reglamento de seguridad vigente. Se elaboró una lista de problemas comunes y se priorizó con el método de Pareto, donde se propuso e implementó medidas de prevención y control a la exposición laboral a radiación ionizante inmediatas para el 80% de los incumplimientos totales. Con el uso de manuales, procedimientos y registros se obtuvo el 75% de las licencias de funcionamiento para las áreas de estudio y el 25% corresponde al Laboratorio de Análisis Mineralógico y Difracción de Rayos X, que aprobó el proceso de inspección realizado por la SCAN y solicitó la emisión de la licencia de funcionamiento al Ministerio de Electricidad y Energía Renovable en el segundo cuatrimestre del 2016.

Palabras clave: Personal ocupacionalmente expuesto (POE), protección radiológica, radiación ionizante, dosis de radiación ionizante, personal radio expuesto.

Implementation of a Radiological Protection Program in laboratories that use ionizing radiation equipment and sources and in the Dental Radiodiagnosis Service of the Escuela Politécnica Nacional

Abstract: The present work describes the implementation of a radiological protection program in the laboratories that use equipment and source of ionizing radiation. The regularization process initiated in each area was known, and information was prepared and collected in a checklist of legal compliance with the current permits for both the POE and the study area. Occupational exposure in each area was achieved with the reports of personal dosimetry of the POE and compared with the allowable limits. The measurement of environmental dosimetry was performed with a Geiger Müller detector, in the area of influence of each study area. The information was then constructed and lifted in a checklist based on the findings established in the inspection reports made by SCAN according to the current safety regulations. A list of common problems was developed and prioritized with the Pareto method, where immediate prevention and control measures were proposed and implemented for immediate ionizing radiation exposure for 80% of total noncompliance. With the use of manuals, procedures and records, 75% of the operating licenses for the study areas were obtained and 25% corresponds to the Laboratory of Mineralogical Analysis and X-Ray Diffraction, which approved the inspection process carried out by SCAN and requested the issuance of the operating license to the Ministry of Electricity and Renewable Energy in the second quarter of 2016.

Keywords: Occupationally exposed personnel (OEP), radiological protection, ionizing radiation, doses of ionizing radiation, exposed radio personnel.

1. INTRODUCCIÓN

La radiación ionizante, liberada por los átomos en forma de ondas electromagnéticas (OMS, 2016), transporta energía suficiente para ionizar el medio que atraviesa y es capaz de romper ligaduras de átomos y moléculas (González y Rabin, 2011); al tratarse de materia viva puede afectar las células y

derivar en efectos biológicos nocivos para la salud. (Arceiz et al., 2015). La radiación puede ionizar un sistema biológico por efecto directo cuando afecta a moléculas críticas: proteínas, enzimas, ADN; pero al ser sistemas esencialmente acuosos, se generan también moléculas intermedias (radicales libres) con alta reactividad química, se produce entonces un efecto indirecto. (Cascón, 2009). Los radicales pueden causar daños

william.villacis@epn.edu.ec

Recibido: 24/09/2018

Aceptado: 26/03/2019

Publicado: 30/04/2019

a las funciones celulares y producir la muerte de la célula o impiden que ésta se reproduzca, o altere la información genética (OIEA, 1994). Por las razones expuestas, una práctica que conlleve exposición a radiación ionizante solo debe adoptarse si reporta un beneficio justificado a la sociedad y la protección y seguridad del personal expuesto debe ser optimizado (OIEA, 1997). Es importante establecer límites de dosis de radiación ionizante recibidas por el POE para asegurar la protección frente a exposiciones. (Secretaría de la Política Sindical, 2010)

Es importante para la Escuela Politécnica Nacional, la realización de un estudio que involucre propuestas e implementación de medidas de control de los riesgos radiológicos en el personal expuesto en el Laboratorio de Ensayos No Destructivos, Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos y Rocas, Laboratorio de Análisis Mineralógico y Difracción de Rayos X y en el Servicio de Radiodiagnóstico Odontológico (SRO) de la Escuela Politécnica Nacional, que permita mantener niveles tolerables dentro de norma, evitar sanciones y alcanzar los permisos necesarios. Las bondades de la utilización de la radiación ionizante y de las sustancias radiactivas, en diversos ámbitos prestan muchos beneficios, por lo que el POE debe protegerse técnicamente para no prescindir de su utilización (Gallegos, 2012). La filosofía de la protección radiológica, fundamentada en los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes, fue establecida por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) (Preciado y Luna, 2010). El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) involucra la regulación, evaluación, fiscalización y control por parte de autoridades competentes de cada país dentro del régimen legal internacional, establecidos en convenciones, tratados, leyes, reglamentos y normativa al respecto de la cual el Ecuador es parte (Vivallo et al., 2010). Conforme con la OIT, los costos humanos así como los económicos de los accidentes y enfermedades profesionales son elevados, por lo que es importante su prevención, por lo que se requiere un esfuerzo conjunto entre el estado, condiciones de trabajo, empleador y trabajador, con una mejor comunicación, con mayor capacitación en las empresas, con un trabajo positivo y comprometido de todos los actores que gestionan la prevención (Picado y Durán, 2006), por lo que a través de la higiene industrial, se obtiene información del riesgo para la salud de los trabajadores, al estudiar el ambiente de trabajo, para comparar con los límites permisibles establecidos en la legislación nacional o internacional (INSHT, 2000). Se debe aplicar una vigilancia sanitaria especial cuando se sospecha que se ha superado alguno de los límites de dosis establecidos, en los pacientes que existen ciertas condiciones singulares que afectan el modo normal de la utilización de los principios fundamentales de la protección radiológica (Servicio de Física Médica y Protección Radiológica, 2012). El Ecuador no dispone de legislación actualizada que regule y controle el buen uso de las radiaciones ionizantes, que garantice la seguridad de los usuarios, que puedan estar directa o indirectamente expuestos a esta clase de radiaciones, a fin de que su empleo se realice sin riesgos, por lo que constituye en el país un grave problema de salud pública (República del Ecuador, 1979). En las responsabilidades de nuestro país, establecidas en la constitución del 2008, están la creación de

condiciones favorables de salud para su población, donde el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable cumple con su deber de proteger a la población contra los efectos nocivos de la radiación ionizante, razón por la que la Subsecretaría de Control y Aplicaciones Nucleares inspecciona los lugares donde se utilizan equipos que generan radiaciones ionizantes, donde se verifica que cuenten con un programa de control de radiaciones que cumpla con las disposiciones legales vigentes y recomendaciones internacionales de un programa de protección radiológica (República del Ecuador, 1979). Con el desarrollo del presente trabajo, se identifica y apoya a la implementación de medidas de prevención y control para el riesgo radiológico en el POE, en las áreas de estudio de la Escuela Politécnica Nacional, dando cumplimiento a la legislación vigente, a fin de que permita mantener los permisos vigentes, así como cumplir ante las inspecciones de los entes reguladores. El presente trabajo parte de la revisión bibliográfica, donde se describen importantes conceptos como radiación ionizante, riesgo radiológico y gestión del riesgo radiológico, además de la legislación vigente sobre radiaciones ionizantes. La metodología aplicada para implantar un programa de protección radiológica en las áreas de estudio consiste en: Levantar la información del POE y de los equipos emisores de radiación ionizante; levantar información de los permisos de funcionamiento del área de estudio y los servicios que se presta; elaborar distintas listas de verificación con los hallazgos encontrados por el SCAN en las inspecciones realizadas y con el reglamento de seguridad radiológica en función del equipo emisor y del servicio prestado; evaluar la exposición laboral a radiación ionizante, del POE mediante los reportes de la dosimetría personal bimensual; evaluar la exposición del público en las áreas de estudio con la medición de la radiación ionizante ambiental, con un equipo Geiger Müller; plantear medidas de prevención y control a la exposición laboral a radiación ionizante, en función de los hallazgos encontrados en el cumplimiento legal de las áreas de estudio; mitigar los riesgos de exposición a radiación ionizante en la fuente, en el medio de transmisión y en el receptor, mediante la implementación de manuales, procedimientos y registros; evaluar la efectividad del programa de protección radiológica en las áreas de estudio con la verificación del cumplimiento del reglamento de seguridad radiológica vigente y el levantamiento de los hallazgos establecidos en los informes de la SCAN, que permita mantener los permisos de funcionamiento vigentes; discutir sobre los resultados alcanzados; establecer las conclusiones y recomendaciones en función del trabajo desarrollado y de los resultados alcanzados.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Identificación de las áreas donde el personal está expuesto a riesgo radiológico

En las áreas de estudio, se levantó información de los equipos y fuentes que emiten radiaciones ionizantes, el POE y el público, esto permitió elaborar una lista de revisión sobre el cumplimiento legal, y se verificó los cambios en los equipos y fuentes emisoras de radiación ionizante, la licencia de funcionamiento, fecha de emisión, fecha de renovación, el POE del área de estudio, el dosímetro personal del POE, la

fecha de emisión y la fecha de renovación de la licencia personal del POE.

2.2 Evaluación de la exposición laboral a radiación ionizante

La dosimetría personal se obtuvo de los reportes bimensuales de la lectura del dosímetro personal de cada POE que labora en las áreas de estudio, emitidos por el laboratorio autorizado por la SCAN, los mismos que fueron proporcionados por los Oficiales de Seguridad Radiológica de la Escuela Politécnica Nacional y la dosimetría ambiental de cada área de estudio, fue medida durante la realización de los ensayos y prestación de los servicios.

2.2.1 Dosimetría personal

La dosimetría del POE de cada área de estudio fue proporcionada, a través de los reportes bimensualmente emitidos por el laboratorio que cuenta con la autorización del ente de control MEER-Q-1086 y que ha sido contratado por la Escuela Politécnica Nacional para dar cumplimiento a la legislación vigente, para el período comprendido desde el 20 de marzo de 2014 hasta el 19 de marzo de 2015. La dosis del POE bimensual se comparó con el límite máximo permitido en la legislación vigente que es de 50 mSv/año (República del Ecuador, 1979).

2.2.2 Dosimetría ambiental

La medición de la dosimetría ambiental de cada una de las áreas de estudio se realizó con los equipos marca Inspector de Radiación Ionizante, tienen un tubo Geiger-Müller, con una apreciación de 0.01 $\mu\text{Sv/h}$ y que mide hasta 100 $\mu\text{Sv/h}$, y que cuentan con los certificados de calibración vigentes.

En cada área de estudio, se realizaron varias mediciones de la radiación ionizante ambiental en el área de trabajo y durante el uso de la fuente o equipo emisor de radiación ionizante, de las cuales se reportaron las diez más altas por ser las condiciones más críticas conforme el criterio de ALARA y se comparó con los límites permitidos en la legislación vigente para el público que es de 1 mSv/año (República del Ecuador, 1979).

2.3 Proposición de medidas de prevención y control a la exposición laboral a radiación ionizante

Para la proposición de medidas de prevención y control a la exposición laboral a radiación ionizante en las áreas de estudio se realizó una verificación sobre el cumplimiento legal, el equipo emisor o fuente de radiación ionizante, el procedimiento de trabajo del POE durante la prestación del servicio en condiciones normales, el servicio prestado, la señalización, la prolijidad en el llenado de los registros durante la ejecución del servicio prestado, las medidas de prevención aplicadas.

2.3.1 Revisión del cumplimiento legal en las áreas de estudio

Las listas de revisión específicas para cada área de estudio fueron elaboradas considerando dos aspectos: los hallazgos levantados en los informes de inspección por parte de la SCAN

a cada área de estudio, en esa fecha y los artículos del reglamento de radiaciones ionizantes vigente en el país, aplicables al tipo de equipo o fuente emisora de radiación ionizante y al servicio prestado.

2.3.2 Proposición de medidas de prevención y control a la exposición laboral a radiación ionizante en las áreas de estudio

Las medidas de prevención y control a la exposición laboral a la radiación ionizante en cada área de estudio, propuestas fueron generalizadas para todas las áreas en consideración a un agrupamiento de características comunes a los hallazgos encontrados por la SCAN y a los artículos aplicables del reglamento de seguridad radiológica vigente a cada área de estudio.

Los problemas correspondientes al 80% de la frecuencia acumulada, permitieron proponer medidas de prevención, mitigación y control a la exposición laboral a radiación ionizante para concluir con los procesos de regularización iniciados en la SCAN y haciendo uso de los informes de inspección a cada área de estudio y de los artículos aplicables del reglamento radiológico conforme al tipo de equipo o fuente emisora de radiación ionizante y al servicio prestado.

Las características comunes consideradas para el agrupamiento de los hallazgos de las áreas de estudio, respondieron a las siguientes interrogantes: es un equipo requerido, es un documento del sistema preventivo, es un requisito de competencia del POE, es una medida de seguridad radiológica del área para prestar el servicio o es un permiso requerido por el área para el servicio prestado.

2.4 Implementación de un programa de protección radiológica en las áreas de estudio

El programa de protección radiológica en las áreas de estudio, se estableció conforme a la priorización realizada haciendo uso del método de Pareto, a los problemas encontrados, donde se propuso medidas de prevención para levantar los hallazgos encontrados en cada área de estudio en el corto y mediano plazo.

El método de Pareto se aplicó al listado común de problemas encontrados en el cumplimiento legal sobre radiación ionizante, para las áreas de estudio, donde en una tabla se colocó el listado de los problemas comunes y se registró el número de áreas de estudio donde se presenta cada uno de los problemas del listado, este número corresponde a la frecuencia de ocurrencia del no cumplimiento a la norma legal, luego se ordenó de mayor a menor la frecuencia, se calculó el porcentaje de frecuencia y el porcentaje de frecuencia acumulada.

La implementación consistió en establecer soluciones para las causas de los problemas correspondientes al 80% de la frecuencia acumulada, en consideración a las características de cada área de estudio, donde las medidas de prevención y control a la exposición laboral a radiación ionizante propuestas consideró la priorización realizada con el método de Pareto y,

permitió actuar en el corto plazo, implementando las soluciones propuestas a cada área de estudio, como medida de prevención.

2.5 Verificación de la eficacia del programa de protección radiológica implementado

La implementación de las medidas propuestas en el presente trabajo de tesis permitió que el laboratorio de ensayo de materiales y mecánica de suelos y rocas, así como el laboratorio de análisis mineralógico y difracción de rayos X, cumplan con los requerimientos y que la autoridad reguladora SCAN autorice la emisión de las licencias de funcionamiento.

Con la implementación del programa de protección radiológica en las áreas de estudio se cumplió con los objetivos planteados en ésta tesis previa a la obtención de grado de Magíster en Seguridad Industrial y Salud Ocupacional.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados

3.1.1 Identificación de las áreas donde el personal está expuesto a riesgo radiológico

En las áreas de estudio, se procedió a levantar la información común básica sobre el cumplimiento legal, en Enero de 2015, se verificó las licencias de funcionamiento, licencias personales del POE, fechas de emisión y fechas de renovación, dosímetros personales del POE y equipos emisores de radiaciones ionizantes.

En el levantamiento de campo del Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos LEMSUR, de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, se encontró que cuenta con tres POEs, que ninguno tiene licencia personal, que solo dos de los POEs poseen dosímetro personal, que el laboratorio no cambiará ni aumentará sus equipos y que no cuenta con licencia de funcionamiento.

En el levantamiento de campo del Laboratorio de Ensayos No Destructivos (LEND), de la Facultad de Ingeniería Mecánica, se encontró que cuenta con cuatro POEs, que dos poseen dosímetros personales y licencias personales, que el

laboratorio no cambiará ni aumentará sus equipos y que cuenta con la licencia de funcionamiento.

En el levantamiento de campo del Laboratorio de Análisis Mineralógico y Difracción de Rayos X, se encontró que cuenta con un POE para brindar el servicio, el mismo que tiene dosímetro ambiental no controlado, no cuenta con licencia personal, que se ha realizado el cambio del equipo emisor de radiación ionizante del laboratorio y que no cuenta con la licencia de funcionamiento.

3.1.2 Evaluación de la exposición laboral a radiación ionizante

Dosimetría personal del POE de los laboratorios docentes y del servicio de radiodiagnóstico odontológico de la Escuela Politécnica Nacional

La Escuela Politécnica Nacional controla bimensualmente a su POE, mediante el alquiler de dosímetros personales, cuya lectura es realizada por un laboratorio externo autorizado por el ente de control. Al POE de cada área de estudio se le informa sobre los resultados de la lectura bimensual, y al final de su período. Estas lecturas se encuentran descritas en la Tabla 1.

Radiación ionizante ambiental de las áreas de estudio

Los resultados obtenidos en las mediciones de la radiación ionizante ambiental en los laboratorios docentes y en el SRO de la Escuela Politécnica Nacional se encuentran en la Tabla 2.

3.1.3 Proposición de medidas de prevención y control a la exposición laboral a radiación ionizante

Con base en los requisitos legales de cumplimiento, establecidos en el reglamento de seguridad radiológica vigente, se elaboraron listas de revisión para las áreas de estudio y en el mes de marzo de 2015, con estas listas de revisión se levantó hallazgos para asegurar un control efectivo en el POE, de cada una de las áreas de estudio que permitió detectar problemas de incumplimiento en la legislación vigente.

Tabla 1. Dosimetría personal del POE

ÁREAS DE ESTUDIO					
Nombre del departamento	Nombre de usuario	Período total (meses)	Dosis acumulada del POE (mSv)	Límite máximo permitido al año (mSv)	Norma recomendada por la OIEA al año para el POE (mSv)
Unidad de bienestar estudiantil / Servicio de Radiodiagnóstico Odontológico	POE SO	2	0,27	50	20
	POE LEND 1	8	0,82	50	20
Laboratorio de ensayos no destructivos ingeniería mecánica	POE LEND 2	8	0,67	50	20
	POE LEND 3	2	0,11	50	20
	POE LEND 4	2	0,26	50	20
	POE				
Laboratorio de ensayo de materiales y mecánica de suelos Ingeniería Civil y Ambiental	LEMSUR 1	10	1,23	50	20
	POE				
	LEMSUR 2	12	0,99	50	20
	POE				
Laboratorio de análisis mineralógico y difracción de rayos X Ingeniería Química y Agroindustria	LEMSUR 3	6	0,43	50	20
	POE DEMEX 1	12	1,28	50	20

(Reportes de dosimetría personal bimensual emitidos por el laboratorio autorizado por el ente de control, 20 de Marzo de 2014 a 19 de Marzo de 2015)

Con los incumplimientos legales establecidos en los formatos de revisión utilizados en la revisión de las áreas de estudio, se procedió a elaborar una lista de incumplimientos legales comunes sobre radiación ionizante y se elaboró una lista de chequeo donde se verificó el número de laboratorios que cumplen los requisitos legales, esto se encuentra tabulado en la Tabla 3.

Con los problemas encontrados en el cumplimiento legal sobre radiaciones ionizantes en las áreas de estudio, de la Tabla 3, se calculó la frecuencia y porcentaje acumulado de los incumplimientos legales sobre radiaciones ionizantes de las áreas de estudio, cuyos resultados sirvieron para realizar el diagrama de Pareto, representado en la Figura 1.

Tabla 1. Radiación ionizante ambiental de las áreas de estudio

Laboratorios docentes y unidad de bienestar estudiantil					
Radiación ionizante ambiental (mSv/h)					
Límite máximo para público al año 1 mSv					
No.	Unidad de bienestar estudiantil /servicio de radiodiagnóstico odontológico	Laboratorio de ensayos no destructivos Ingeniería Mecánica	Laboratorio de ensayo de materiales y mecánica de suelos Ingeniería Civil y Ambiental	Laboratorio de análisis mineralógico y difracción de rayos X Ingeniería Química y Agroindustria	
Promedio	0,0333	0,0011	0,0039	0,0003	
Desviación estándar	0,0031	0,0002	0,0016	0,0001	

Tabla 2. Lista de problemas en el cumplimiento legal sobre radiación ionizante en las áreas de estudio

DESCRIPCIÓN	CUMPLE	NO CUMPLE	NO APLICA
No todo el personal de las áreas de estudio cuenta con la licencia personal de seguridad radiológica, incumplimiento al artículo 9 del reglamento de seguridad radiológica.	1	3	0
Las áreas de estudio cumplen con las medidas de seguridad en sus instalaciones para el POE y para el público.	1	3	0
Todo el POE de las áreas de estudio cuenta con el tipo de dosímetro requerido.	0	4	0
Las áreas de estudio cuentan con la documentación requerida conforme a la ley.	1	3	0
Las áreas de estudio cuentan con las licencias de funcionamiento.	1	3	0

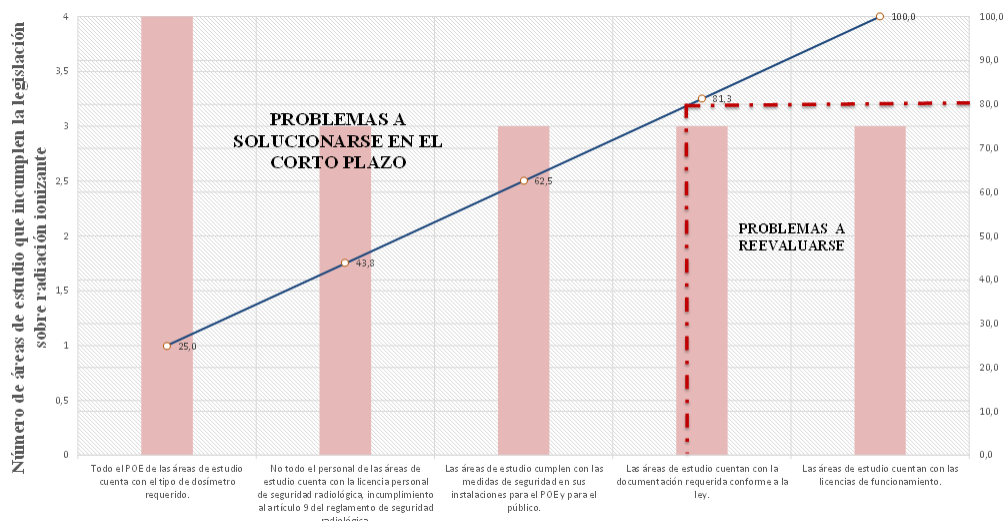


Figura 1. Diagrama de Pareto de los problemas en el cumplimiento legal sobre radiación ionizante en las áreas de estudio

3.1.4 Implementación de un programa de protección radiológica en las áreas de estudio

El Programa de Protección Radiológica consistió en implementar medidas de prevención y control propuestas en base a los problemas en el cumplimiento legal encontrados en las áreas de estudio, las cuales son:

- Laboratorio de Ensayos No Destructivos: Mitigó la fuga de las emisiones de radiación ionizante del búnker con una placa de plomo en el interior del mismo, el POE usa correctamente el dosímetro personal, registra los usos del equipo y cumple con los procedimientos del manual aprobado por la SCAN para el laboratorio.
- Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos y Rocas: Elaboró la documentación del manual de procedimientos, llenó los registros del manual de procedimientos, el personal usa correctamente el dosímetro antes de cualquier procedimiento con la fuente de emisión de radiaciones ionizantes, señaló el búnker de almacenamiento de la fuente, señaló la fuente, adquirió el kit de emergencias radiológicas, realizó un simulacro de emergencia radiológica, sometió a la aprobación de la SCAN el manual de procedimientos y registros y cumple con el manual de procedimientos y registros aprobados.
- Laboratorio de Análisis Mineralógico y Difracción de Rayos X: Equipó el laboratorio con un dosímetro ambiental regulado, señaló el laboratorio, mantiene la puerta del laboratorio cerrada.
- Servicio de Radiodiagnóstico Odontológico de la Escuela Politécnica Nacional: Cumple con el uso correcto del equipo de protección personal tanto el POE como el paciente, señaló el área, no permite la presencia de otras personas durante la toma de radiografías dentales al paciente, el POE dispara para la toma de radiografías dentales desde el lugar señalado, usa correctamente el dosímetro personal antes de la toma de cada radiografía dental, revisa periódicamente el estado de las láminas de plomo del equipo de protección personal del POE.

3.1.5 Verificación de la eficacia del programa de protección radiológica implementado

El manual de procedimiento en operaciones normales y en casos de emergencia radiológicas del Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos y Rocas, obtuvo la aprobación de la SCAN.

Con la implementación del programa de protección radiológica en las áreas de estudio se solucionó los problemas en el cumplimiento legal.

El Laboratorio de Análisis Mineralógico y Difracción de Rayos X de la Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, fue inspeccionado por la SCAN.

3.2 Discusión

3.2.1 Identificación de las áreas donde el personal está expuesto a riesgo radiológico

De acuerdo a los resultados identificados, se observa que en los Laboratorios de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos LEMSUR, de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, de Ensayos No Destructivos (LEND), de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Análisis Mineralógico y Difracción de Rayos X, presentan ciertos parámetros en los cuales el personal está expuesto a riesgo radiológico como son: la no tenencia de una licencia personal para su POE así como no se cuenta en algunos casos con una licencia de funcionamiento

3.2.2 Evaluación de la exposición laboral a radiación ionizante

Dosimetría personal del POE de los laboratorios docentes y del servicio de radiodiagnóstico odontológico de la Escuela Politécnica Nacional

Las lecturas de los dosímetros personales que se les entrega a cada POE, se encuentran especificados en la Tabla 1, y cumplen con el límite máximo permisible establecido tanto por la legislación nacional vigente (50 mSv/año) así como por lo establecido por la OIEA (20 mSv/año).

Radiación ionizante ambiental de las áreas de estudio

De acuerdo a los valores de las mediciones de la radiación ionizante ambiental en los laboratorios docentes y en el SRO de la Escuela Politécnica Nacional que se encuentran en la Tabla 2, que los valores más altos son para el SRO, debido a que no existe una barrera en el área de rayos X, como medida de control en el medio, por lo que el odontólogo realiza el disparo para la toma de la radiografía, el lugar donde él se ubica es el más alejado donde le permite la extensión del disparador. Cabe señalar que los valores de radiación ionizante ambiental en el SRO variaron debido a la ubicación del POE, respecto de la fuente y la extensión del disparador del equipo.

3.2.3 Proposición de medidas de prevención y control a la exposición laboral a radiación ionizante

Los problemas encontrados en el cumplimiento legal sobre radiaciones ionizantes en las áreas de estudio, que se encuentran detallados en la Tabla 3, sirvieron para determinar la frecuencia y porcentaje acumulado de los incumplimientos legales sobre radiaciones ionizantes de las áreas de estudio.

Para la primera descripción que se observa en la Tabla 3, se determinó que sólo el Servicio de Radiodiagnóstico Odontológico de las áreas de estudio cuenta con personal competente en radiaciones ionizantes. En la segunda descripción, se observó que solo el Laboratorio de Ensayos no Destructivos de la Facultad de Ingeniería Mecánica, cumple con las medidas de seguridad, en las otras tres áreas de estudio se deberá mejorar la seguridad del POE y del público.

En la tercera descripción que se detalla en la Tabla 3, se encontró que no todo el POE de las áreas de estudio cuenta con dosímetro personal conforme a la ley. En la cuarta descripción, se determinó que cumple solo el Laboratorio de Ensayos no Destructivos de la Facultad de Ingeniería Mecánica.

En la quinta descripción citada en la Tabla 3, se encontró que solo el Laboratorio de Ensayos No Destructivos de la Facultad de Ingeniería Mecánica cuenta con la licencia de funcionamiento.

Dentro de los problemas que se aprecian en la Figura 1, respecto a resolver en el corto plazo están: no todo el POE cuenta con el tipo de dosímetro requerido, no cuentan con las licencias personales, no cuentan con la documentación requerida conforme a la ley, no cumplen con las medidas de seguridad en sus instalaciones para el POE y para el público.

Los problemas de las áreas de estudio que deben reevaluarse y que se observan en la Figura 1, son: que no todas las áreas de estudio cuentan con la documentación requerida conforme a la ley y que no todas las áreas cuentan con la licencia de funcionamiento.

3.2.4 Implementación de un programa de protección radiológica en las áreas de estudio

En el Laboratorio de Ensayos No Destructivos, la implementación de una placa de plomo permitió mitigar la fuga de las emisiones de radiación ionizante que salen del búnker, el POE usa correctamente el dosímetro personal en su puesto de trabajo y solo él opera el equipo debido a que tiene su respectiva licencia de operación, registra los usos del equipo y cumple con los procedimientos del manual aprobado por la SCAN para el laboratorio, con la finalidad de tener respaldos al momento de una auditoría y parámetros a seguir para el correcto funcionamiento de los equipos.

En el Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos y Rocas, se elaboró la documentación del manual de procedimientos, llenó los registros manual de procedimientos con la finalidad de tener directrices para realizar una operación planificada, el personal usa correctamente el dosímetro antes de cualquier procedimiento con la fuente de emisión de radiaciones ionizantes, para realizar la respectiva trazabilidad al momento de tener una tasa de dosis ambiental superior al permitido ($10 \mu\text{Sv/h}$), la señalización en el búnker de almacenamiento de la fuente es para prevenir que alguna persona pueda acercarse puesto que es una señalética de precaución, se señaló la fuente para identificarla en caso de pérdida, se adquirió el kit de emergencias radiológicas para en caso de un evento de riesgo radiológico, el simulacro de emergencia radiológica permitió ver los aciertos y fallas de los operadores al momento de tener una emergencia, la SCAN aprobó el manual de procedimientos y registros.

En el Laboratorio de Análisis Mineralógico y Difracción de Rayos X, se equipó con un dosímetro ambiental regulado que permite tener una lectura directa en tiempo real durante la operación del equipo, la perfecta señalización restringe a que

ninguna persona no autorizada ingrese a esta zona donde se encuentra el equipo de difracción de rayos X.

En el Servicio de Radiodiagnóstico Odontológico de la Escuela Politécnica Nacional se cumple con el uso correcto del equipo de protección personal tanto el POE como el paciente con la finalidad de disminuir la exposición, la señalización del área, no permite la presencia de otras personas durante la toma de radiografías dentales al paciente para protección ante posible exposición radiológica innecesaria, el POE dispara para la toma de radiografías dentales desde el lugar señalado puesto que existe una distancia segura del POE en base a su límite de tasa de dosis ambiental ($10 \mu\text{Sv/h}$), usa correctamente el dosímetro personal antes de la toma de cada radiografía dental para realizar la trazabilidad de su exposición cuando se envía al respectivo laboratorio que realiza la lectura de los diferentes dosímetros, revisa periódicamente el estado de las láminas de plomo del equipo de protección personal del POE y del paciente y conoce que debe comunicar en caso de deterioro del equipo de protección personal para tramitar el cambio, esto se realiza para asegurar que la barrera a rayos X cumpla su objetivo de apantalla la mencionada radiación ionizante.

3.2.5 Verificación de la eficacia del programa de protección radiológica implementado

El manual de procedimiento en operaciones normales y en casos de emergencias radiológicas del Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos y Rocas, obtuvo la aprobación de la SCAN y se socializó con el POE su alcance, así como la obligación que tienen que cumplir con en el manejo y registro de la documentación aprobada.

Con la implementación del programa de protección radiológica en las áreas de estudio se solucionó los problemas en el cumplimiento legal y se obtuvo la licencia de funcionamiento para el Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos y Rocas de la Escuela Politécnica Nacional puesto que cumplió todos los parámetros de inspección que exige el ente de control a nivel nacional que es la SCAN.

El Laboratorio de Análisis Mineralógico y Difracción de Rayos X de la Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, fue inspeccionado por la SCAN y tramitó la emisión de su licencia de funcionamiento.

4. CONCLUSIONES

El Laboratorio de Análisis Mineralógico y Difracción de Rayos X de la Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria / Departamento de Metalurgia Extractiva (DEMEX), ha realizado cambios en el equipo emisor de radiación ionizante, cuyo permiso de funcionamiento se encuentra en trámite y el equipo obsoleto cuenta con la autorización para ser utilizado en clases demostrativas.

Tres de cuatro de las áreas de estudio tienen como problema común que no poseen licencias de funcionamiento y seis de nueve POEs, no cuentan con la licencia personal.

Dentro de los problemas comunes encontrados en las áreas de estudio, la mayor frecuencia de ocurrencia, está en que de los 9 POEs de las áreas de estudio, 4 no cuentan con dosímetro personal, y el menor problema es que en los Laboratorios de Ensayos no Destructivos y de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos y Rocas requieren un manual de procedimientos tanto en operaciones normales como en caso de emergencias radiológicas.

El Laboratorio de Análisis Mineralógico y Difracción de Rayos X, de la Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria / Departamento de Metalurgia Extractiva (DEMEX), tiene un rango de radiación ionizante ambiental de 0,0001 a 0,0004 $\mu\text{Sv/h}$, por lo que el POE de éste laboratorio no requiere dosímetro personal sino dosímetro ambiental, por ser valores bajos que requieren un dosímetro con mayor sensibilidad que detecte valores bajos y altos en casos de fugas.

El reporte de dosis del POE del Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos y Rocas es variable entre POEs del mismo servicio, debido a la variación en la cantidad de servicios prestados por cada POE, es decir que el reparto de trabajo no es equitativo.

El mayor valor promedio de radiación ionizante ambiental es en el servicio de radiodiagnóstico odontológico, porque no existen barreras de protección en el medio para el POE, esto incumple el principio de ALARA que reduce las exposiciones a un valor tan bajo como sea razonablemente alcanzable, lo que supone la reducción de los riesgos a valores aceptables.

El diagrama de Pareto, permitió priorizar los problemas comunes encontrados en las áreas de estudio, solucionar el 80% de los problemas detectados como señalar, así como que las áreas de estudio cuenten con la documentación requerida, es importante señalar que el 20% corresponde a obtener la licencia de funcionamiento, la misma que una vez que se han cumplido con todos los requerimientos legales correspondientes a ese 80% es verificado en una inspección del área por la autoridad competente y emitida la licencia de funcionamiento.

El manual de procedimientos en operaciones normales y en casos de emergencias radiológicas del Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos y Rocas, obtuvo la aprobación de la SCAN y se socializó con el POE su alcance, así como la obligación que tienen de cumplir con la documentación aprobada.

Con la implementación del programa de protección radiológica en las áreas de estudio se solucionó los problemas en el cumplimiento legal y se obtuvo las licencias de funcionamiento para el Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos y Rocas, así como para el Servicio de Radiodiagnóstico Odontológico de la Escuela Politécnica Nacional.

El Laboratorio de Análisis Mineralógico y Difracción de Rayos X de la Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, fue inspeccionado por la SCAN y tramitó la emisión de su licencia de funcionamiento.

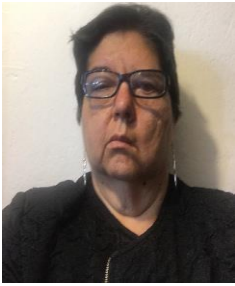
AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen el auspicio de la Escuela Politécnica Nacional y el Departamento de Ciencias Nucleares por el financiamiento económico y facilidades prestadas para la ejecución del proyecto interno PII-DCN-001-2015: *“Implementación de un Programa de Protección Radiológica en el Laboratorio de Ensayos No Destructivos, Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos y Rocas, Laboratorio de Análisis Mineralógico y Difracción de Rayos X y en el Servicio de Radiodiagnóstico Odontológico de la Escuela Politécnica Nacional”*.

REFERENCIAS

- Arceiz, et al., (2001). Manual de recomendaciones de protección frente a radiaciones ionizantes. Obtenido de: <https://www.riojasalud.es/rrhh-files/rrhh/manual-de-recomendaciones-frente-a-radiaciones-ionizantes-3904.pdf>. (Enero, 2016)
- Cascón A. (2009). Riesgos asociados con las radiaciones ionizantes. Obtenido de: <http://www.scielo.org.ar/pdf/rac/v77n2/v77n2a10.pdf>. (Enero, 2016).
- Gallegos, E. (2012). Radiaciones Ionizantes y Protección Radiológica. Obtenido de: http://62.43.237.121/nuclear_radi.pdf. (Enero, 2016).
- González y Rabin. (2011). Para entender las radiaciones. Obtenido de: https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=14&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi93_2IxbRAhXGC5AKHT19DtY4ChAWCCswAw&url=http%3A%2F%2Fdivnuclear.fisica.edu.uy%2Flibro%2FPara_entender_las_radiaciones.pdf&usq=AFQjCNGggp6_UfjHeinl6gFsCMzmqtk6A&bvm=bv.142059868,d.eWE. (Diciembre, 2016).
- INSHT. (2000). NTP 244. Criterios de valoración en Higiene Industrial. Obtenido de: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTécnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_244.pdf. (Diciembre, 2015).
- OIEA. (1994). Los efectos biológicos de las dosis bajas de radiación ionizante: Una visión más completa. Obtenido de: https://www.iaea.org/sites/default/files/36405843745_es.pdf. (Enero, 2016).
- OIEA. (1997). Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación. Obtenido de: <http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/SS-115s-Web/Pub996s1.pdf>. (Enero, 2016).
- OMS. (2016). Radiaciones ionizantes: efectos en la salud y medidas de protección. Obtenido de: <http://www.who.int/media/centre/factsheets/fs371/es/>. (Enero, 2016).
- Picado y Durán. (2006). República del Ecuador: Diagnóstico del Sistema Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. Obtenido de: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd57/oit-diagnostico.pdf>. (Enero, 2016).
- Preciado y Luna. (2010). Medidas Básicas de Protección Radiológica. Obtenido de: http://www.incan.org.mx/revista_incan/elementos/documentosPortada/1294860259.pdf. (Diciembre, 2014).
- República del Ecuador. (1979). Reglamento de Seguridad Radiológica, Decreto Supremo Nro. 3640, Registro Oficial N° 891. Quito, Ecuador.
- Secretaría de la Política Sindical. (2010). Cuaderno Preventivo: Radiaciones Ionizantes. Obtenido de: <https://higiencyseguridadlaboralcvts.wordpress.com/2012/07/27/manual-de-radiaciones-ionizantes/>. (Diciembre, 2016).
- Servicio de Física Médica y Protección Radiológica. (2012). Manual de Protección Radiológica de los Centros Hospitalarios pertenecientes a la Red Pública del Principado de Asturias. Obtenido de: http://www.hca.es/huca/web/documentos/FIS-MEDICA/manual_pr_FM.pdf. (Enero, 2016).
- Vivallo, Villanueva y Sanhueza. (2010). Efectos de las radiaciones ionizantes en el ser humano. Obtenido de: http://oirs.chen.cl/saber/PDF/efectos_biologicos_mayo2010.pdf. (Diciembre, 2014).

BIOGRAFÍAS



Sandra Vásquez G. Ingeniera Química por la Universidad Central del Ecuador, Diplomado Superior en Implantación y Gestión de la Calidad con Normas ISO por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Magíster en Ingeniería Ambiental, Magíster en Gerencia Empresarial, Magíster en Seguridad Industrial y Salud Ocupacional por

la Escuela Politécnica Nacional. Tiene experiencia en el área de Gestión de Calidad, Salud, Seguridad y Ambiente. Se desempeña como Especialista en el control del cumplimiento ambiental y de seguridad industrial en las empresas eléctricas de distribución eléctrica del país.



William Villacis. Especialista en Protección Radiológica y Seguridad de las Fuentes de Radiación por la Universidad de Buenos Aires (2017). Magíster en Seguridad Industrial y Salud Ocupacional por la Escuela Politécnica Nacional (2013). Ingeniero Químico por la Escuela Politécnica Nacional (2004). Se desempeña como docente

universitario en las áreas de Seguridad en el Trabajo y Fundamentos de Prevención de Riesgos Laborales para posgrado y Seguridad Industrial y Tratamiento de Desechos Sólidos para ingeniería. En la actualidad trabaja como docente, Oficial de Protección Radiológica, Segundo Vocal del Comité de Seguridad e Higiene del Trabajo por parte del empleador en la Escuela Politécnica Nacional.