

Doctorado en Ciencias de la Salud
2019 – 2022

Tesis Doctoral para optar al título de
Doctora en Ciencias de la Salud

**Evaluación del Protocolo de Protección a radiación ionizante en
trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOE), Servicio de
Imagenología, Hospital Militar Escuela “Dr. Alejandro Dávila
Bolaños”, en el periodo 2020-2022.**

Autora:
Kenya Mercedes Tercero Robleto.
Máster en Administración en Salud

Tutor: PhD. Miguel Ángel Estopiñan

Managua, Nicaragua, 2025.

RESUMEN

Objetivo: evaluar implementación del protocolo de protección a radiaciones ionizantes en los trabajadores ocupacionalmente expuestos del área de rayos X del Hospital Militar Escuela “Dr. Alejandro Dávila Bolaños”, estudio descriptivo, retrospectivo, población de 35 trabajadores.

Resultados: las características socio laborales encontradas: 69% del personal eran jóvenes, entre 20 a 40 años, 51% mujeres, 49% técnicos, el 51% tenía 6 a 10 años de labor. Elementos estratégicos del protocolo de prevención realizados: rotación trimestral del personal, mantenimiento de equipos radiológicos mensual, recorridos diarios, vigilancia y seguimiento en actividades del área de radiología, calibración de los equipos, check list físico, digital, registro de mantenimiento, supervisadas por jefe de área, físico médico, encargado de protección radiológica y oficina de calidad. Mediciones dosimétricas: 2020 fueron, de 1.0 a 2.99 mSv con 74%; 2021, de 1.0 a 2.99 mSv, 58% y 2022 de 1.0 a 2.99 mSv, 58%, Los elementos de protección radiológica; cada área habilitada con EPP, dosímetros desde el ingreso del personal y programa de capacitación con cuatro sesiones anuales. Fiscalización, vigilancia y monitoreo de los mantenimientos a infraestructura y calibración a los equipos, cumplimiento en dotación y uso de EPP. Efectos protectores: cero efectos de daños y ningún accidente de exposición.

Conclusiones: Los trabajadores eran jóvenes, predominaban mujeres, en su mayoría técnicos, 10 años de laborar, capacitaciones cumplidas. Los elementos estratégicos del protocolo de prevención tuvieron éxito, siendo las principales actividades estratégicas; rotación del personal en las áreas más susceptible a radiación, cumplimiento del programa de mantenimiento de los equipos, calibración, vigilancia y seguimiento en todas las actividades. Mediciones dosimétricas con resultados por debajo de las dosis efectivas máximas. Los elementos de protección

del programa de prevención radiológica tuvieron efectos positivos; cero efectos de daños en la salud del personal y ningún accidente de exposición.

Palabras claves: radiación ionizante, mSv, protocolo, prevención, radiología.

Correo electrónico: Kenya Mercedes Tercero Robleto

kenyatercero@hotmail.com

ABSTRACT

Objective: To evaluate the implementation of the ionizing radiation protection protocol among occupationally exposed workers in the X-ray department of the "Dr. Alejandro Dávila Bolaños" Military Teaching Hospital. This was a descriptive, retrospective study, with a population of 35 workers.

Results: The socio-occupational characteristics found were: 69% of the staff were young, between 20 and 40 years old, 51% were women, 49% were technicians, and 51% had 6 to 10 years of experience. Strategic elements of the prevention protocol implemented included: quarterly staff rotation, monthly radiological equipment maintenance, daily walk-throughs, surveillance and monitoring of radiology area activities, equipment calibration, physical and digital checklists, and maintenance logs, supervised by the department head, medical physicist, radiation protection officer, and the quality office. Dosimetry measurements: in 2020, the values ranged from 1.0 to 2.99 mSv (74%); In 2021, from 1.0 to 2.99 mSv, 58%, and in 2022, from 1.0 to 2.99 mSv, 58%. Radiation protection elements: each area equipped with PPE, dosimeters upon entry, and a training program with four sessions per year. Supervision, surveillance, and monitoring of infrastructure maintenance and equipment calibration, compliance with the provision and use of PPE. Protective effects: zero damage effects and no exposure accidents.

Conclusions: The workers were young, predominantly women, mostly technicians, with 10 years of experience, and completed training. The strategic elements of the prevention protocol were successful, with the main strategic activities being: staff rotation in the areas most susceptible to radiation, compliance with the equipment maintenance program, calibration, surveillance, and monitoring of all activities. Dosimetry measurements yielded results below the maximum effective doses. The protective elements of the radiation prevention program had positive effects; there were no harmful effects on staff health and no exposure accidents.

Keywords: ionizing radiation, mSv, protocol, prevention, radiology.

Email: Kenya Mercedes Tercero Robledo kenyatercero@hotmail.com

DEDICATORIA

El presente estudio lo dedico primeramente a mi padre celestial, quien me proveyó los recursos, las fuerzas y la sabiduría en todo el bregar, para elaborar y culminar la presente investigación.

Luego a mis a mis tres hijas Keymi de los Ángeles Gurdián Tercero, Nahomi del socorro Gurdián Tercero y Tamara Gurdián Tercero, fuente de inspiración para concluir este nuevo proyecto en mi vida,

A mi amado esposo Miguel Antonio Gurdián Benavente, quien estuvo a mi lado animándome y dándome su apoyo.

También a María Esperanza Arróliga Solano, quien asumió toda la administración en mi hogar, cubriendo mi ausencia en el tiempo que destine a la realización del estudio.

Kenya Mercedes Tercero Robleto

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios todopoderoso, por darme sabiduría y entendimiento para concluir este trabajo de tesis Doctoral, un logro más que me concede en su gracia, amor y bondad.

En segundo lugar, a los profesionales y técnicos de rayos X del Hospital Militar Escuela “Dr. Alejandro Dávila Bolaños” que se esfuerzan día a día por brindar un servicio de calidad, empatía y calidad humana, tanto a pacientes, familiares y a profesionales de la salud del hospital, constituyendo la base fundamental en la atención a los usuarios que acuden al hospital en busca de servicios radiológicos.

Estos trabajadores fueron un bastión importante en el proceso investigativo, dedicando parte de su tiempo de descanso y algunos después del turno en el proceso de levantamiento de información; sin su apoyo y disposición no hubiese sido posible la elaboración del presente estudio.

Muy especialmente al Doctor Miguel Estopiñán, quien me guio, brindándome su apoyo a lo largo de en esta larga travesía en el océano de la investigación, hacia la culminación de esta obra.

A todos los maestros del Centro de Investigaciones y estudios de la Salud, con sus aportes de conocimientos, en cada peldaño en este Doctorado.

A las autoridades del hospital, con la apertura y confianza para realizar el presente estudio en el servicio de Radiología.

Mi gratitud para todos, Dios los bendiga.

Kenya Mercedes Tercero Robleto

INDICE

RESUMEN.....	<i>i</i>
DEDICATORIA.....	<i>iv</i>
AGRADECIMIENTO.....	<i>v</i>
I. INTRODUCCION.....	1
II. ANTECEDENTES.....	3
III. JUSTIFICACION.....	10
IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
V. OBJETIVOS.....	12
VI. MARCO TEORICO.....	13
VII. DISEÑO METODOLOGICO.....	58
VIII. RESULTADO Y ANALISIS DE RESULTADOS	63
IX. CONCLUSIONES	80
X. RECOMENDACIONES.....	82
XI. BIBLIOGRAFIA	83
ANEXOS.....	86
ANEXO 1. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.....	87
ANEXO 2. INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS.....	93
ANEXO 3. CARTA DE AUTORIZACION	100
ANEXO 4. CONSENTIMIENTO INFORMADO	102
ANEXO 5. TABLAS Y GRAFICOS	103

I. INTRODUCCION

La radiología en el sector salud se ha convertido en un elemento preponderante en el diagnóstico y tratamiento de un sin número de afecciones, sin embargo este medio diagnóstico constituye un factor de riesgo para los trabajadores que se desempeñan en las áreas como radiología, radioterapia, entre otros procedimientos, por la interacción de los trabajadores con las radiaciones ionizantes, por lo cual el conocimiento sobre los riesgos y las medidas de protección representan un papel fundamental en la protección de la salud del trabajador ocupacionalmente expuesto (TOE's).

La retroalimentación sobre los hábitos de práctica y las medidas de protección adoptadas, así como la evaluación general de un programa de protección radiológica, dependen de una evaluación precisa de la dosis ocupacional. Esto solo es posible si los dosímetros se usan de forma sistemática y correcta. Los datos sobre la dosis ocupacional no deben utilizarse de forma punitiva, sino como base para las iniciativas de mejora de la calidad en seguridad y gestión radiológica, e identificar áreas de mejora. Además, dado que los estudios poblacionales sobre los riesgos de exposición a la radiación para los profesionales sanitarios se basan en datos de dosimetría ocupacional, es una responsabilidad fundamental de todos los médicos y profesionales de la salud con supervisión ocupacional garantizar la alta calidad de sus datos. (Jay R. Parikh, 2016)

En ese sentido cobra importancia ampliar la investigación en los trabajadores expuestos a radiación ionizante en función de la protección de los trabajadores.

La protección radiológica (PR) es una herramienta de gestión de medidas para la protección de la salud frente a los riesgos (para las personas y medio ambiente) generado por el uso de las radiaciones ionizantes. El objetivo de la PR es garantizar que toda práctica con radiaciones se realicen con la mayor seguridad y protección, minimizando al máximo posible, la exposición y el riesgo, de (TOE's) y público. La

mayoría de las decisiones sobre las actividades humanas se basan en un balance entre los beneficios y las desventajas que conllevan, del cual se derivara si una práctica particular es aceptable o no. (Hospital Militar Escuela “Dr. Alejandro Dávila Bolaños”, 2022).

El propósito del estudio fue evaluar la efectividad de la aplicación protocolo de protección a radiaciones ionizantes en los trabajadores del servicio de radiología del Hospital Militar Escuela Oscar Danilo Rosales, aportando insumos que faciliten implementar las medidas que garanticen la seguridad radiológica en los (TOE's) e identificar las condiciones bajo las cuales pudieran ocurrir exposiciones potenciales que afecte la salud de estos trabajadores, asegurando que los procesos y procedimientos establecidos sean cumplidos sin excepción.

II. ANTECEDENTES

(Roas Zuniga y Somarriba Vanegas, 2020), Nicaragua. Tesis Doctoral. Impacto de la implementación de la Estrategia Nacional de Formación y Capacitación en Seguridad y Protección Radiológica en las organizaciones públicas y privadas. Metodología, enfoque mixto, científicos empíricos, por medio del análisis, la síntesis, la comparación, observación. Métodos utilizados: las encuestas y el análisis documental. Muestra se consideró el 12% de los TOE'S capacitados en el quinquenio por área temática.

Resultados; el fortalecimiento del marco regulatorio nacional en el tema radiaciones ionizantes y sus usos, en su mayoría fueron cumplidas. Plan nacional de formación cumplimiento del 98%, el marco regulatorio 100%, actualización de las necesidades de formación 100%, profesionales fundamentales EPR cumplió 92%. La Estrategia Nacional tuvo un cumplimiento de las metas plantadas en un 74% en la ejecución de este quinquenio, esto, fundamentalmente a la variable de desarrollo de competencia y formador de formador con el 50% y 2% de cumplimiento respectivamente.

La incidencia de la implementación de dicha estrategia, se logró el 75% de formación en el personal involucrado en las prácticas que utilizan radiaciones ionizantes.

Morales Barrera & Villarreal Heredia (2020). Perú. Tesis de pos grado titulada “Evaluación de los niveles de exposición a la radiación ionizante según los Procedimientos desarrollados en el Personal del Servicio de Medicina Nuclear del Hospital Regional Lambayeque”.

Propósito de evaluar los niveles de exposición a la radiación ionizante según los procedimientos desarrollados por el personal del servicio. Investigación de tipo descriptivo - retrospectivo, técnica utilizada análisis documental; el instrumento una

ficha que contenía; actividad administrada, tasa de exposición, estudio solicitado de cada paciente atendido.

La población y muestra fue 7 personal asistencial, resultado; las tasas de exposición en el personal, se encuentran diferenciados en relación al tipo de isótopo utilizado y a la actividad administrada como parte del procedimiento a desarrollar. Se evidencia una elevada tasa de exposición para terapias de hiperfunción en relación a procedimientos de diagnóstico radiológico (gammagrafías óseas).

De igual modo se tiene que la menor y mayor tasa de exposición se produce con el isótopo de menor energía ($Tc\ 99\ m$) y de mayor energía ($I\ 131$) respectivamente.

Conclusión: Los registros de niveles de exposición indican que se debe tener en cuenta los parámetros de protección radiológica al momento de interactuar el personal asistencial en el manejo de pacientes a los cuales se les ha incorporado sustancia radiactiva (radioisótopo).

El efecto que tienen los actuales protocolos para la realización y obtención de imágenes de diagnóstico clínico con el uso de fuentes de radiación ionizante abiertas ($I\ 131$, $Tc\ 99m$) denota ciertos niveles de exposición que se deben de optimizar mediante los sistemas de seguridad y protección radiológica a fin de prevenir posibles efectos estocásticos en la salud del personal asistencial.

(Ortiz, 2020) Nicaragua. Tesis Doctoral. Propuesta de Diseño Curricular para el desarrollo de los cursos de Seguridad y Protección Radiológica, para profesionales del área de las radiaciones ionizantes, en el Laboratorio de Física de Radiaciones y Metroología (LAF-RAM) de la UNAN- MANAGUA, para el quinquenio 2021-2025. Enfoque mixto, recolecta, analiza y vincula datos cuantitativos y cualitativos para responder al planteamiento establecido en el campo; transeccional o transversal ya que está planificado llevarse a efecto en un tiempo determinado (enero-septiembre

2020), se aplicaron tres técnicas de investigación; análisis documental, encuestas y grupo focal.

Resultados, el rediseño curricular propuesto se ha proporcionado un perfil profesional técnico-científico, como base para la planificación y evaluación del diseño curricular de estos cursos; se establecieron competencias genéricas, y competencias específicas para cada uno y se fijaron estrategias de evaluación.

La propuesta de diseño para el desarrollo futuro de estos cursos plantea un cambio de los documentos curriculares a un enfoque por competencias, lo que permite mayor vinculación con las tareas propias de cada uno de los Campos de actuación en que se desempeñan los profesionales que trabajan con radiaciones ionizantes, y de esta manera contribuir a la solución de problemas sociales y económicos, relacionados con el Campo de la profesión, con cualificaciones que le permitan un mejor desempeño profesional. El modelo permite definir las competencias que se desean evaluar en cada uno de los cursos.

(Izaguirre Beckley, 2018). Guatemala. Tesis de Postgrado “Exposición a Radiación Ionizante en el personal Médico del departamento de Anestesiología, Hospital Roosevelt”. Objetivo establecer el nivel de exposición a radiación ionizante en personal médico del departamento de Anestesiología en el servicio de Sala de Operaciones de Adulto. Enfoque cuantitativo de corte transversal. La valoración de la exposición se realizó mediante dosimetría. Población completa de residentes del departamento de anestesiología que rotaron por quirófanos 1, 5 y 6 durante los meses de junio a diciembre de 2015.

Resultados: Respecto al nivel de exposición de radiación ionizante en los diferentes quirófanos, se pudo observar que el quirófano No. 5 fue el que mayor exposición obtuvo siendo un total de 1.2 mSv, comparándose con niveles de radiación, lo que equivale entre 50 a 75 radiografías de tórax, lo que equivale a un rango de 5 a 8

meses de radiación natural. En el quirófano No. 1 se encontró 1,19 mSv, se encuentra en el mismo rango que la radiación del quirófano No. 5.

En el quirófano No. 6 un nivel de exposición de 1.05, con lo que se pudo comparar a 50 radiografías de tórax con lo que se tiene un periodo equivalente de radiación natural de 5 meses. Conclusiones: el personal médico de anestesiología de los quirófanos No. 1, 5 y 6 se encuentran dentro de los trabajadores expuestos de categoría B, quienes por definición es muy improbable que reciban dosis efectivas superiores a 6 msv por año oficial, o 3/10 de los límites de dosis equivalente para el cristalino, la piel y las extremidades.

Los procedimientos de traumatología y ortopedia fueron los que representaron mayor exposición a radiación ionizante, representando el 100% de los casos. Las manifestaciones más comunes referidas por el personal médico del departamento de anestesiología que se encontraron en los quirófanos No. 1,5 y 6 fueron fatiga con un 46%, palidez un 28%, anorexia 22.4-5 y náuseas un 2.6%. Se evidenció que no existe una relación directa entre nivel de exposición y un síntoma en específico.

(Hernandez Pinero y Pernalete Ruiz, 2017) Venezuela. artículo “Leucemia Ocupacional: Importancia de la Prevención” Propósito reflexionar, sobre la necesidad del uso correcto de las radiaciones ionizantes artificiales, así como la necesidad de actualizar los protocolos de prevención, en materia de riesgo ocupacional, contempladas en las normas básicas relativas a la protección sanitaria del personal en riesgo, con la intención de proporcionar alternativas para el cuidado de la salud y contribuir a evitar las alteraciones derivadas de dichas exposiciones.

Departamento de Fisiología y Bioquímica de la facultad de Ciencias de la Salud de Aragua Universidad de Carabobo–Venezuela.

El Ministerio del Poder Popular para la Salud (MPPS), en la actualidad trabaja en la construcción de un manual de vigilancia médica, que permitirá abordar de manera

integral al personal con riesgo ocupacional y durante este proceso de elaboración el Instituto Nacional de Prevención, Salud y Seguridad Laborales (INPSASEL) participará a través de su conocimiento y experiencia sobre la prevención en materia de salud laboral.

Igualmente se debe analizar y cumplir con lo establecido en la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) 2018-1, 218-2, 2258, 2259, 2274 y 2497, donde se establece que las personas ocupacionalmente expuestas deben recibir una vigilancia médica constante, poseer la protección adecuada y conocer cuáles son los límites anuales de dosis de radiación.

Raya. (2017). España. Tesis doctoral. “Aportación del servicio de protección radiológica a la seguridad y salud del personal expuesto a radiaciones ionizantes en la universidad de córdoba”. Objetivo, demostrar la necesidad de los servicios de protección en las universidades mediante su aportación específica e insustituible a la optimización alcanzada mediante esta investigación; conclusión se determinó que la formación es uno de los pilares en los que se fundamenta la protección radiológica y la optimización no puede llevarse a cabo sin dicha formación.

La necesidad del análisis de datos en protección radiológica es incontestable puesto que, gracias a ello, se consiguen detectar errores y mejorar procedimientos de trabajo.

Chuco Espinoza. (2016) Perú. Tesis “Valores de dosimetría efectiva y equivalente de tecnólogos médicos que laboran en el servicio de radiología. Hospital Nacional PNP “Luis N. Sáenz”. Enero-diciembre 2015” Objetivo determinar los valores de dosimetría efectiva mensual y anual según área de trabajo, así como los valores de dosimetría equivalente mensual y anual en piel según área de trabajo., de igual modo los valores de dosimetría equivalente mensual y anual en cristalino según área de trabajo., los valores de dosimetría efectiva mensual y anual.

Población 12 reportes dosimétricos, dosimetrías efectivas y equivalentes de todos los trabajadores del área de Radiología, 22 Tecnólogos Médicos. El estudio es de tipo observacional, descriptivo, retrospectivo y transversa Conclusión los valores de dosimetría están por debajo del máximo valor permisible según el Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN). Los profesionales de Tecnología Médica del área de Tomografía presentan mayores valores de dosimetría equivalente mensual y anual en cristalino y piel, del mismo modo presenta mayores valores de dosimetría efectiva.

Molina Paz. (2016) Nicaragua. Conocimientos, actitudes y prácticas sobre equipos de protección personal en los técnicos superiores de rayos x del área de imagenología del hospital central Managua. Resultados; edad entre 20- 30 años, predomina el sexo masculino, todos son técnicos de rayos X, de 5 a más años de experiencia laboral, de 3-5 años de laborar en dicho hospital.

Todos conocen la importancia que tienen los EPP, la mayoría sobre las consecuencias en la salud, los EPP existentes, mantenimiento y sobre los medios de protección en el área de trabajo, ubicación del dosímetro y revisión periódica del dosímetro.

Las actitudes que tienen la mayoría son adecuadas, ya que están totalmente de acuerdo que deben tener conocimiento sobre importancia de EPP. La práctica del personal de rayos X según encuesta dicen hacer todas las actividades, pero según observación no cumplen con la mayoría.

Rugama Ortez. (2016). Nicaragua. Tesis. Conocimientos, actitudes y prácticas de la protección radiológica en el personal de salud que labora en el Hospital Escuela Roberto Calderón Gutiérrez de la ciudad de Managua” El 86% de trabajadores tiene solo de 1 a 4 años de laborar, y la mayoría de los encuestados son del área de radiología con un 35%. El nivel de conocimientos sobre protección radiológica es considerado como deficiente con un 45%.

El ítem con menor porcentaje fue el conocimiento de la desinfección de los medios radiológicos. Las actitudes se consideraron positivas en un 54%. El ítem a mejorar es sobre la prescripción de las radiografías innecesarias. Las prácticas relacionadas se consideraron adecuadas en un 71%. El ítem a mejorar es la participación en el manejo, control y monitoreo de medidas de protección, los conocimientos de protección radiológica son deficientes, y las actitudes y prácticas son positivas y adecuadas.

III. JUSTIFICACION

Los procesos desarrollados desde la habilitación del hospital, han venido implementado una serie de normativas, entre estas el Protocolo de Protección a radiación ionizante en trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOE), en el servicio de imagenología, como eje en la vigilancia y la prevención de daños en la salud de estos.

La alta demanda de estudios radiológicos prescritos internamente y demanda espontanea de pacientes que acuden a los servicios del hospital, exponen reiteradamente a los trabajadores del servicio, haciéndose inminente evaluar los procesos desarrollados en la implementación del protocolo de protección a radiaciones ionizantes en los trabajadores altamente expuestos del área de rayos X.

El beneficio social, a todos los empleados del área de imagenología, así como a los usuarios del hospital. Su importancia se relaciona a las normas y políticas concernientes a la protección de un grupo de la población trabajadora del nuevo hospital. En el contexto de las políticas del hospital, relacionadas a la calidad y la seguridad tanto del trabajador como de los pacientes que hacen uso de los servicios de imagenología, el estudio brindó las pautas a seguir en la implementación del protocolo de Protección Radiológica.

En lo social y político, los aportes obtenidos en la investigación, son fundamentales en el proceso de mejora continua de la calidad de este servicio, en los estándares Internacionales de acreditación y principalmente a la salud de los colaboradores del área de imagenología, sin obviar el aporte a la academia ya que brinda el sustento a la teoría de los factores laborales en la prevención y protección a los TOE's.

IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La nueva infraestructura y el equipo de tecnología de punta del Hospital Militar Escuela “Dr. Alejandro Dávila Bolaños” han incrementado la demanda en todos los servicios y por ende los servicios en el área de radiología.

El nivel de complejidad de los nuevos equipos para los medios diagnósticos es mayor, por lo cual se considera de vital importancia determinar la efectividad de la implementación de protocolos de prevención a los efectos de la exposición a radiaciones ionizantes en los trabajadores ocupacionalmente expuestos, por lo que se plantea dar respuesta a la siguiente cuestión.

¿Cuáles han sido los procesos desarrollados en la implementación del protocolo de protección a radiaciones ionizantes en los trabajadores ocupacionalmente expuestos del área de rayos X del Hospital Militar Escuela “Dr. Alejandro Dávila Bolaños”, en el período 2020-2022?

Preguntas directrices

1. ¿Cuáles son las características sociales y laborales del personal ocupacionalmente expuesto a radiaciones ionizantes del área de rayos X?
2. ¿Cuáles son los elementos estratégicos del protocolo de prevención de exposición a radiaciones ionizantes en el personal ocupacionalmente expuesto?
3. ¿Qué elementos de protección radiológica se destacan en el programa de prevención?
4. ¿Cuáles han sido los efectos protectores de la implementación de este protocolo en la salud del personal ocupacionalmente expuesto?

V. OBJETIVOS

Evaluar los procesos desarrollados en la implementación del protocolo de protección a radiaciones ionizantes en los trabajadores ocupacionalmente expuestos del área de rayos X del Hospital Militar Escuela “Dr. Alejandro Dávila Bolaños”, en el período 2020-2022.

Objetivos Específicos:

1. Caracterizar social y laboralmente al personal técnico ocupacionalmente expuesto a radiaciones ionizantes del área de rayos X.
2. Identificar los elementos estratégicos del protocolo de prevención de exposición a radiaciones ionizantes en el personal ocupacionalmente expuesto.
3. Interpretar los elementos de protección radiológica que se destacan en el programa de prevención.
4. Establecer los efectos protectores de la implementación del protocolo en la salud del personal ocupacionalmente expuesto.

VI. MARCO TEORICO

La radiación ionizante:

La emisión de radiaciones ionizantes es una característica común a muchos átomos en cuyo núcleo el número de neutrones resulta escaso o excesivo, lo que les hace inestables. Esos átomos son llamados "radiactivos". En ellos, las ligaduras nucleares se transforman en busca de configuraciones más estables, a la vez que se libera energía, asociada a la radiación emitida.

Esta puede ser de cuatro tipos fundamentales: partículas alfa (a), que consisten en dos protones y dos neutrones, con capacidad limitada de penetración en la materia, pero mucha intensidad energética; partículas beta (b), que son electrones o positrones procedentes de la transformación en el núcleo, algo más penetrantes aunque menos intensas; radiación gamma (g), que es radiación electromagnética del extremo más energético del espectro, por tanto muy penetrante; y neutrones, que al no poseer carga eléctrica también son muy penetrantes. (Gallegos Díaz , Eduardo, 2010)

Según la Organización Mundial de la Salud (WHO) La radiación ionizante es un tipo de energía liberada por los átomos en forma de ondas electromagnéticas (rayos gamma o rayos X) o partículas (partículas alfa y beta o neutrones). La desintegración espontánea de los átomos se denomina radiactividad, y la energía excedente emitida es una forma de radiación ionizante.

Los elementos inestables que se desintegran y emiten radiación ionizante se denominan radionúclidos. Cada radionúclido se caracteriza por el tipo de radiación que emite, la energía de la radiación y su semivida.

Además, WHO, refiere que la actividad, utilizada como medida de la cantidad de un radionúclido, se expresa en una unidad llamada becquerel (Bq): un becquerel

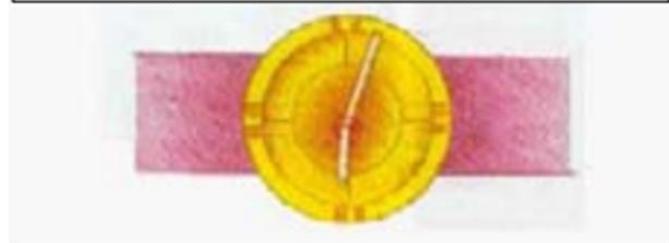
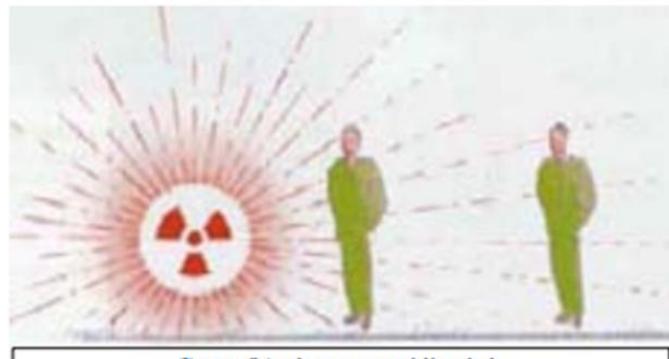
corresponde a una desintegración por segundo. La semivida es el tiempo necesario para que la actividad de un radionúclido disminuya por la desintegración a la mitad de su valor inicial.

La semivida de un elemento radiactivo es el tiempo que tarda la mitad de sus átomos en desintegrarse, y puede variar desde una fracción de segundo a millones de años (por ejemplo, el yodo 131 tiene una semivida de 8 días mientras que el carbono 14 tiene una semivida de 5730 años). En su planteamiento define:

Fuentes de radiación

Las personas están expuestas a diario tanto a la radiación de origen natural o humano. La radiación natural proviene de muchas fuentes, como los más de 60 materiales radiactivos naturales presentes en el suelo, el agua y el aire. El radón es un gas natural que emana de las rocas y la tierra y es la principal fuente de radiación natural.

Diariamente inhalamos e ingerimos radionúclidos presentes en el aire, los alimentos y el agua. Se está expuestos a la radiación natural de los rayos cósmicos, especialmente a gran altura. Por término medio, el 80% de la dosis anual de radiación de fondo que recibe una persona procede de fuentes de radiación naturales, terrestres y cósmicas.



Distancia, blindaje y tiempo, tres factores de protección contra la radiación externa

Los niveles de la radiación de fondo varían geográficamente debido a diferencias geológicas. En determinadas zonas la exposición puede ser más de 200 veces mayor que la media mundial. La exposición humana a la radiación proviene también de fuentes artificiales que van desde la generación de energía nuclear hasta el uso médico de la radiación para fines diagnósticos o terapéuticos.

Hoy día, las fuentes artificiales más comunes de radiación ionizante son los dispositivos médicos, como los aparatos de rayos X. (Cueva Viteri, 2008)

De acuerdo a la definición de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) por sus siglas en inglés, en adelante denominada la Comisión, establece

Definición de fuente: La Comisión utiliza el término “fuente” para indicar cualquier entidad física o procedimiento que da lugar a dosis de radiación ocupacionalmente cuantificables en una persona o grupo de personas. Puede consistir en una fuente física (ej., material radiactivo o un equipo de rayos X), una instalación (ej., un hospital o una central nuclear), o procedimientos o grupos de fuentes físicas que tienen características similares (ej., procedimientos de medicina nuclear, radiación ambiental o de fondo).

Si desde una instalación se liberan sustancias radiactivas al medio ambiente, la instalación en conjunto puede considerarse como una fuente; si las sustancias radiactivas ya están dispersas en el medio ambiente, puede considerarse fuente a la parte de ellas a la que están expuestas las personas.

En la mayoría de las situaciones se podrá identificar una fuente de exposición predominante para cualquier individuo, lo que hace posible tratar las fuentes independientemente cuando se analizan las acciones a tomar. En general, la definición de una fuente estará relacionada con la selección de la estrategia de protección más apropiada para la optimización.

Se pueden presentar dificultades si se distorsiona la política, por ejemplo, subdividiendo artificialmente una fuente con la finalidad de evitar la necesidad de una acción protectora, o agregando fuentes excesivamente para exagerar la necesidad de acción. Siempre que tanto la autoridad reguladora como el usuario (cuando pueda definirse) apliquen el espíritu de las políticas generales de la Comisión, podrán hacerse acuerdos prácticos para la definición de una fuente.

Categorías de exposición

La Comisión distingue tres categorías de exposiciones: exposiciones ocupacionales, exposiciones del público, y exposiciones médicas de pacientes. Las exposiciones de las personas que cuidan y confortan a los pacientes y las exposiciones de voluntarios en investigación,

Exposición ocupacional: La exposición ocupacional está definida por la Comisión como toda exposición a radiaciones de los trabajadores ocurrida como resultado de su trabajo. La Comisión ha tenido en cuenta que la definición convencional de exposición ocupacional a cualquier agente peligroso incluye todas las exposiciones en el trabajo, sin tener en cuenta su fuente.

Sin embargo, debido a la ubicuidad de la radiación, la aplicación directa de esta definición a la radiación significaría que todos los trabajadores deberían estar sujetos a un régimen de protección radiológica.

Comisión por consiguiente limita el uso de “exposiciones ocupacionales” a las exposiciones a radiación producidas en el trabajo como resultado de situaciones que pueden razonablemente atribuirse a la responsabilidad del nivel gerencial superior de la organización (empleador). Las exposiciones excluidas y las exposiciones debidas a prácticas o fuentes exentas no necesitan en general ser consideradas en la protección ocupacional. El empleador tiene la responsabilidad principal en la protección de los trabajadores.

Sin embargo, la persona que en virtud de una licencia o autorización es responsable por la fuente (cuando no es el mismo empleador) también tiene responsabilidad en la protección radiológica de los trabajadores.

Si los trabajadores están involucrados en un trabajo que implica, o podría implicar la existencia de una fuente que no está bajo el control de su empleador, la persona licenciada o autorizada y el empleador deberían cooperar mediante el intercambio de información y en todo lo necesario a fin de facilitar la adecuada protección radiológica en el lugar de trabajo.

Exposición del público: La exposición del público comprende todas las exposiciones que no sean exposiciones ocupacionales ni exposiciones médicas de pacientes. Se produce como resultado de un conjunto de fuentes de radiación. La componente de la exposición del público atribuible a fuentes naturales es de lejos la más grande, pero ello no constituye justificación alguna para reducir la atención prestada a las exposiciones menores, pero más fácilmente controlables provocadas por fuentes artificiales.

Las exposiciones del embrión o feto en los casos de trabajadoras embarazadas se consideran y están reglamentadas como exposiciones del público.

Exposición médica de pacientes: La exposición a la radiación de pacientes ocurre en procedimientos diagnósticos, intervencionistas, y terapéuticos. Existen varios aspectos de las prácticas radiológicas en medicina que requieren un enfoque de la protección radiológica diferente al que se aplica en otras situaciones de exposición planificada.

La exposición es intencional y para el beneficio directo del paciente. Particularmente en radioterapia, los efectos biológicos de altas dosis de radiación, como por ejemplo la muerte celular, se utilizan en beneficio del paciente para el tratamiento del cáncer y otras enfermedades. Por consiguiente, la aplicación de estas Recomendaciones

a los usos médicos de la radiación requiere una guía separada. (Comision Internacional de Proteccion Radiologica ICRP)

Exposición a la radiación ionizante

La exposición a la radiación puede ser interna o externa y puede tener lugar por diferentes vías. La **exposición interna** a la radiación ionizante se produce cuando un radionúclido es inhalado, ingerido o entra de algún otro modo en el torrente sanguíneo (por ejemplo, inyecciones o heridas). La exposición interna cesa cuando el radionúclido se elimina del cuerpo, ya sea espontáneamente (por ejemplo, en los excrementos) o gracias a un tratamiento. La **exposición externa** se puede producir cuando el material radiactivo presente en el aire (polvo, líquidos o aerosoles) se deposita sobre la piel o la ropa.

Generalmente, este tipo de material radiactivo puede eliminarse del organismo por simple lavado. La exposición a la radiación ionizante también puede resultar de la irradiación de origen externo (por ejemplo, la exposición médica a los rayos X). La irradiación externa se detiene cuando la fuente de radiación está blindada o la persona sale del campo de irradiación. (WHO, 2020).

Continúa diciendo la WHO, que la situación de exposición a la radiación ionizante puede clasificarse en tres categorías. La primera, la exposición planificada, es el resultado de la introducción y funcionamiento deliberados de fuentes de radiación con fines concretos, como en el caso de la utilización médica de la radiación con fines diagnósticos o terapéuticos, o de su uso en la industria o la investigación.

La segunda, la exposición existente, se produce cuando ya hay una exposición a la radiación y hay que tomar una decisión sobre su control, como en el caso de la exposición al radón en el hogar o en el lugar de trabajo, o de la exposición a la radiación natural de fondo existente en el medio ambiente.

La tercera categoría, la exposición en situaciones de emergencia, tiene lugar cuando un acontecimiento inesperado requiere una respuesta rápida, como en el caso de los accidentes nucleares o los actos criminales. Así el uso médico de la radiación representa el 98% de la dosis poblacional con origen en fuentes artificiales y el 20% de la exposición total de la población.

Cada año se realizan en el mundo más de 3600 millones de pruebas diagnósticas radiológicas, 37 millones de pruebas de medicina nuclear y 7,5 millones de tratamientos con radioterapia. (WHO, 2020)

Efectos de las radiaciones ionizantes en la salud

La afectación a la salud debido a los efectos biológicos, consecuencia de la exposición a radiaciones ionizantes en los tejidos de los organismos vivos ocurren por el efecto de la transferencia de energía a las moléculas de las células, dando como resultado deterioro de las funciones celulares, de forma temporal o permanente que pueden llevar a la muerte celular.

La gravedad de las lesiones depende de varios factores como el tipo de radiación, la dosis absorbida, la velocidad de absorción el tiempo de exposición, así como también la sensibilidad de los tejidos expuestos. (Cueva Viteri, 2008)

Continúa diciendo Cueva Viteri, los efectos biológicos de una misma dosis de radiaciones ionizantes van a variar de acuerdo al tiempo de exposiciones, ya que con exposiciones de corto periodos de tiempo los efectos se deben sobre todo a muerte celular y son evidentes a las pocas horas, días o incluso semanas. Cuando la misma dosis se recibe en tiempos de exposición prolongados, se observa mejor tolerancia al efecto y los daños celulares pueden repararse.

Si la dosis llega a ser lo más suficientemente alta como para causar graves trastornos la recuperación es más difícil ya veces no se concreta. Las exposiciones

prolongadas, inclusive a bajas dosis, aunque no lleguen a provocar muerte celular, si pueden provocar afectaciones a largo plazo.

Para medir la radiación ionizante en términos de su potencial para causar daños se utiliza la dosis efectiva. La unidad para medirla es el sievert (Sv), que toma en consideración el tipo de radiación y la sensibilidad de los órganos y tejidos. Es una manera de medir la radiación ionizante en términos de su potencial para causar daño.

El sievert tiene en cuenta el tipo de radiación y la sensibilidad de los tejidos y órganos. El sievert es una unidad muy grande, por lo que resulta más práctico utilizar unidades menores, como el milsievert (mSv) o el micro sievert (μ Sv).

Hay 1000 μ Sv en 1 mSv, y 1000 mSv en 1 Sv. Además de utilizarse para medir la cantidad de radiación (dosis), también es útil para expresar la velocidad a la que se entrega esta dosis (tasa de dosis), por ejemplo, en micro sievert por hora (μ Sv/hora) o milsievert al año (mSv/año).

Más allá de ciertos umbrales, la radiación puede afectar el funcionamiento de órganos y tejidos, y producir efectos agudos tales como enrojecimiento de la piel, caída del cabello, quemaduras por radiación o síndrome de irradiación aguda. Estos efectos son más intensos con dosis más altas y mayores tasas de dosis. Por ejemplo, la dosis límitar para el síndrome de irradiación aguda es de aproximadamente 1 Sv (1000 mSv). (WHO, 2020).

Sigue expuesto WHO que si la dosis de radiación es baja o la exposición a ella tiene lugar durante un periodo prolongado (baja tasa de dosis), el riesgo es considerablemente menor porque hay más probabilidades de que se reparen los daños.

No obstante, sigue existiendo un riesgo de efectos a largo plazo, como el cáncer, que pueden tardar años, o incluso decenios, en aparecer. No siempre aparecen

efectos de este tipo, pero la probabilidad de que se produzcan es proporcional a la dosis de radiación. El riesgo es mayor para los niños y adolescentes, pues son mucho más sensibles a la radiación que los adultos.

También refiere que los estudios epidemiológicos realizados en poblaciones expuestas a la radiación, como los supervivientes de la bomba atómica o los pacientes sometidos a radioterapia, han mostrado un aumento significativo del riesgo de cáncer con dosis superiores a 100 mSv. Estudios epidemiológicos más recientes efectuados en pacientes expuestos por motivos médicos durante la infancia (TC pediátrica) indican que el riesgo de cáncer puede aumentar incluso con dosis más bajas (entre 50 y 100 mSv).

La radiación ionizante puede producir daños cerebrales en el feto tras la exposición prenatal aguda a dosis superiores a 100 mSv entre las 8 y las 15 semanas de gestación y a 200 mSv entre las semanas 16 y 25. Los estudios en humanos no han demostrado riesgo para el desarrollo del cerebro fetal con la exposición a la radiación antes de la semana 8 o después de la semana 25.

Los estudios epidemiológicos indican que el riesgo de cáncer tras la exposición fetal a la radiación es similar al riesgo tras la exposición en la primera infancia. (WHO, 2020)

Exposición a radiación interna y radiación externa.

La exposición a radiación externa de cuerpo entero a dosis altas de radiaciones ionizantes además de los daños locales a los tejidos puede haber lesiones vasculares de zonas expuestas que pueden complicarse y progresar a gangrena y necrosis. Igualmente, **la exposición a radiación interna**, los tejidos irradiados pueden degenerar, destruirse e inclusive llegar al desarrollo de neoplasias.

Las consecuencias menos graves de una radiación ionizante se manifiestan en muchos órganos en concreto en la medula ósea, riñones, pulmones y el cristalino de los ojos, debido a deterioro vascular, dando como resultado cambios degenerativos y funciones alteradas. Sin embargo, el efecto a largo plazo más importante en comparación a poblaciones no irradiadas es el aumento de la incidencia de casos de cáncer y de leucemia. (Cueva Viteri, 2008)

Radiactividad

Es la emisión de radiaciones ionizantes desde el núcleo de los átomos. Estas emisiones, de las cuales hay que protegerse adecuadamente, pueden presentarse en forma de partículas (naturaleza corpuscular) ó de ondas (naturaleza ondulatoria). A los átomos que poseen esta propiedad se les conoce con el nombre de radionucleidos, también llamados radioisótopos. Problemas de seguridad radiológica en braquiterapia entrecavaría asociados a la técnica de carga diferida manual en Venezuela. Departamento de Radiofísica Sanitaria. Venezuela) (Lea et al., 1995)

Las emisiones son:

- Alfa con carga eléctrica positiva ($\alpha+$)
- Beta negativa (β^-): *de mayor penetración.
- Beta positiva (β^+)

Dentro de la radiación de naturaleza ondulatoria (ondas electromagnéticas) está la radiación gamma (γ) y los rayos X, con un importante poder de penetración que depende de la energía asociada a cada tipo de onda. (J., Arranz, 2010)

Rayos X

Tienen su origen en la corteza atómica esencial de todo radionucleido es el periodo de semidesintegración, tiempo que tiene que transcurrir para que la actividad de un determinado radionucleido se reduzca a la mitad (Consejo de Seguridad Nuclear, 2010)

Radiación artificial

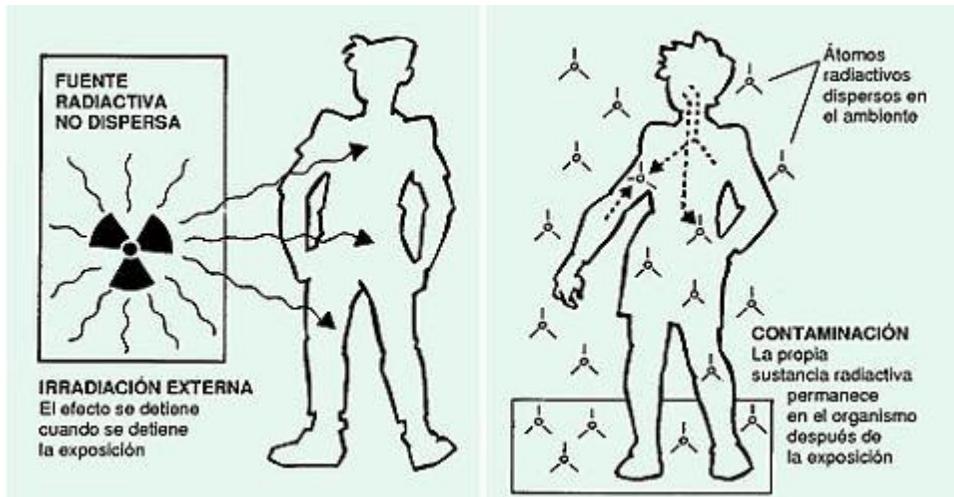
El comportamiento de los radionucleidos artificiales, así como las leyes por las cuales se rigen y el tipo de emisiones, son las mismas que para la radiactividad natural. El periodo de semidesintegración de estos radionucleidos artificiales es, en general, inferior al de los radionucleidos naturales. De hecho, algunos de estos radionucleidos artificiales tienen periodos de semidesintegración de horas e incluso excepcionalmente de minutos.

Los radionucleidos artificiales, en el mundo sanitario se utilizan para el diagnóstico en los Servicios de Medicina Nuclear, para investigación en el campo de la Inmunología, la Hematología, la Biología Molecular, etc., y en terapia en los Servicios de Medicina Nuclear y Oncología Radioterápica. Se utilizan también generadores de radiaciones ionizantes (rayos X y electrones), aplicados tanto en diagnóstico como en terapia (J., 2010)

Actividad radioactiva (Gadea, 2001)

Es una magnitud que determina la capacidad de los átomos para emitir un determinado tipo de radiaciones ionizantes. Se define como el número de transformaciones nucleares en una muestra radiactiva por segundo. Su unidad es el Becquerel (Bq) en honor del físico francés Becquerel. Un Becquerel representa una desintegración del átomo en un segundo.

Esta unidad es muy pequeña, (los seres humanos en nuestra constitución somos portadores de actividades radiactivas entre 2000 y 3000 Bq de dos radionucleidos naturales, el Carbono-14 y el Potasio-40). Entre los múltiplos y divisores de esta unidad, los más utilizados en el área sanitaria son el kilo-Becquerel (kBq), igual a 1000 Bq, y el Mega-Becquerel (MBq) que tiene 1.000.000 de Bq. (1)



Fuente: Normas de Protección de Radiaciones Ionizantes

Irradiación externa

Se dice que hay riesgo de irradiación externa cuando, por la naturaleza de la radiación y el tipo de práctica, la persona solo está expuesta mientras la fuente de radiación está activa y no puede existir contacto directo con un material radiactivo. Es el caso de los generadores de rayos X, los aceleradores de partículas y la utilización o manipulación de fuentes encapsuladas.

Contaminación radiactiva

Cuando puede haber contacto con la sustancia radiactiva y ésta puede penetrar en el organismo por cualquier vía (respiratoria, dérmica, digestiva o parenteral) se habla de riesgo por contaminación radiactiva. Esta situación es mucho más grave que la simple irradiación, ya que la persona sigue estando expuesta a la radiación hasta que se eliminan los radionucleidos por metabolismo o decaiga la actividad radiactiva de los mismos. NTP 614: Radiaciones ionizantes: normas de protección. Madrid, España. 2001 (Gadea, 2001)

Exposición

Se llama exposición al hecho de que una persona esté sometida a la acción y los efectos de las radiaciones ionizantes. Puede ser:

- Externa: exposición del organismo a fuentes exteriores a él.
- Interna: exposición del organismo a fuentes interiores a él.
- Total: suma de las exposiciones externa e interna.
- Continua: exposición externa prolongada, o exposición interna por incorporación permanente de radionucleidos, cuyo nivel puede variar con el tiempo.
- Única: exposición externa de corta duración o exposición interna por incorporación de radionucleidos en un corto periodo de tiempo.
- Global: exposición considerada como homogénea en el cuerpo entero.
- Parcial: exposición sobre uno o varios órganos o tejidos, sobre una parte del organismo o sobre el cuerpo entero, considerada como no homogénea.

En caso de contaminación radiactiva del organismo humano, según que los radionucleidos estén depositados en la piel, los cabellos o las ropas, o bien hayan penetrado en el interior del organismo, se considera contaminación externa o contaminación interna respectivamente. La gravedad del daño producido está en función de la actividad y el tipo de radiaciones emitidas por los radionucleidos. NTP 614: Radiaciones ionizantes: normas de protección. Madrid, España. (Gadea, 2001)

Información y formación

El titular o, en su caso, la empresa externa debe informar, antes de iniciar su actividad, a sus trabajadores expuestos, personas en formación y estudiantes sobre:

- Los riesgos radiológicos asociados.
- La importancia del cumplimiento de los requisitos técnicos, médicos y administrativos.
- Las normas y procedimientos de protección radiológica, tanto en lo que se refiere a la práctica en general como al destino o puesto de trabajo que se les pueda asignar.
- Necesidad de efectuar rápidamente la declaración de embarazo y notificación de lactancia.

Asimismo, también se debe proporcionar, antes de iniciar su actividad y de manera periódica, formación en materia de protección radiológica a un nivel adecuado a su responsabilidad y al riesgo de exposición a las radiaciones ionizantes en su puesto de trabajo. NTP 614: Radiaciones ionizantes: normas de protección. Madrid, España. (Gadea, 2001)

Clasificación y delimitación de zonas

El titular de la actividad debe clasificar los lugares de trabajo, considerando el riesgo de exposición y la probabilidad y magnitud de las exposiciones potenciales, en las siguientes zonas:

Zona controlada: Zona en la que existe la posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 6 mSv/año oficial o una dosis equivalente superior a 3/10 de los límites de dosis equivalentes para cristalino, piel y extremidades.

También tienen esta consideración las zonas en las que sea necesario seguir procedimientos de trabajo, ya sea para restringir la exposición, evitar la dispersión de contaminación radiactiva o prevenir o limitar la probabilidad y magnitud de accidentes radiológicos o sus consecuencias. Se señaliza con un trébol verde sobre fondo blanco.

Las zonas controladas se pueden subdividir en:

- Zona de permanencia limitada. Zona en la que existe el riesgo de recibir una dosis superior a los límites anuales de dosis. Se señaliza con un trébol amarillo sobre fondo blanco.
- Zona de permanencia reglamentada. Zona en la que existe el riesgo de recibir en cortos períodos de tiempo una dosis superior a los límites de dosis. Se señaliza con un trébol naranja sobre fondo blanco.

- Zona de acceso prohibido. Zona en la que hay riesgo de recibir, en una exposición única, dosis superiores a los límites anuales de dosis. Se señaliza con un trébol rojo sobre fondo blanco.

Zona vigilada. Zona en la que, no siendo zona controlada, existe la posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 1 mSv/año oficial o una dosis equivalente superior a 1/10 de los límites de dosis equivalente para cristalino, piel y extremidades. Se señaliza con un trébol gris/azulado sobre fondo blanco. (Consejo de Seguridad Nuclear, 2010) (Consejo de Seguridad Nuclear, 2010)NTP 614: Radiaciones ionizantes: normas de protección. Madrid, España. (Gadea, 2001)

Clasificación de los trabajadores expuestos

Los trabajadores se considerarán expuestos cuando puedan recibir dosis superiores a 1 mSv por año oficial y se clasificarán en dos categorías:

- Categoría A: personas que, por las condiciones en que se realiza su trabajo, pueden recibir una dosis superior a 6 mSv por año oficial o una dosis equivalente superior a 3/10 de los límites de dosis equivalente para el cristalino, la piel y las extremidades.
- Categoría B: personas que, por las condiciones en que se realiza su trabajo, es muy improbable que reciban dosis superiores a 6 mSv por año oficial o 3/10 de los límites de dosis equivalente para el cristalino, la piel y las extremidades.

Vigilancia del ambiente de trabajo.

Teniendo en cuenta la naturaleza y la importancia de los riesgos radiológicos, en las zonas vigiladas y controladas se debe realizar una vigilancia del ambiente de trabajo que comprende:

- La medición de las tasas de dosis externas, indicando la naturaleza y calidad de la radiación.
- La medición de las concentraciones de actividad en el aire y la contaminación superficial, especificando la naturaleza de las sustancias radiactivas contaminantes, así como su estado físico y químico.

Estas medidas pueden ser utilizadas para estimar las dosis individuales en aquellos casos en los que no sea posible o resulten inadecuadas las mediciones individuales. La protección radiológica en el medio sanitario. Consejo de seguridad nuclear. Madrid, España. (Consejo de Seguridad Nuclear, 2010).

Equipos de protección individual o personal (EPP)

Se entenderá cualquier equipo destinado a ser utilizado por el trabajador para que lo proteja de uno o varios riesgos en el desempeño de sus labores, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin.

El equipo de protección personal está diseñado para proteger a los empleados en el lugar de trabajo de lesiones o enfermedades serias que puedan resultar del contacto con peligros radiológicos, físicos, u otros. (13 Julio del 2007). (Ley general de higiene y seguridad del trabajo ley no. 618. aprobada el 19 de abril del 2007 publicado en la gaceta no. 133 del 13 de julio del 2007 el presidente de la república de Nicaragua a sus habitantes, sabed: que, la asamblea nacional. File (Asamblea Nacional de Nicaragua, 2007)

De acuerdo a la Ley general de higiene y seguridad del trabajo ley no. 618, los equipos de protección personal (EPP) son elementos de protección individual del trabajador, muy extendidos y utilizados en cualquier tipo de trabajo, cuya eficacia depende en gran parte, de su correcta elección y de un mantenimiento adecuado del mismo.

El Manual de Seguridad, en versión revisada en el 2010, artículo 7, referente a utilización y mantenimiento de los equipos de protección, establece,

1. la utilización, el almacenamiento, el mantenimiento, la limpieza, la desinfección cuando proceda, y la reparación de los equipos de protección individual deberán efectuarse de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

2. Las condiciones en que un equipo de protección deba ser utilizado, en particular en lo que se refiere al tiempo durante el cual haya de llevarse, se determinarán en función de:
 - a. La gravedad del riesgo.
 - b. El tiempo o frecuencia de exposición al riesgo.
 - c. Las condiciones del puesto de trabajo.
 - d. Las prestaciones del propio equipo.
 - e. Los riesgos adicionales derivados de la propia utilización del equipo que no hayan podido evitarse.
3. Los equipos de protección individual estarán destinados, en principio, a un uso personal. Si las circunstancias exigiesen la utilización de un equipo por varias personas, se adoptarán las medidas necesarias para que ello no origine ningún problema de salud o de higiene a los diferentes usuarios. (isastur, 2010)

Aun cuando se tenga un EPP de gran calidad y haya sido perfectamente seleccionado, toda su eficacia frente al riesgo depende del uso correcto y del adecuado mantenimiento, por ello resulta imprescindible exigir, consultar y seguir puntualmente las recomendaciones del fabricante contenidas en el “folleto informativo” y la formación e información que respecto a su uso ha recibido.

Los elementos, límpielo y (colóquelo en el lugar asignado) siguiendo las instrucciones del fabricante. La vida útil de los materiales es limitada, haga lo que indica el fabricante y evitará situaciones de riesgo innecesarias. Utilice el EPP para los usos previstos siguiendo las instrucciones del folleto informativo del fabricante.

Como empleador, debe evaluar su lugar de trabajo con el fin de determinar si existen riesgos que requieran el uso del equipo de protección personal. Si existen estos riesgos, u debe seleccionar el equipo de protección personal y exigir que lo utilicen sus trabajadores, comunicar sus selecciones del equipo de protección personal a

sus trabajadores y seleccionar el equipo de protección personal que se ajuste a la talla de sus trabajadores.

Se debe también capacitar a los empleados que tienen que hacer uso del equipo de protección personal para que sepan cómo hacer lo siguiente:

- Usar adecuadamente el equipo de protección personal.
- Saber cuándo es necesario el equipo de protección personal.
- Ponerse, ajustarse, usar y quitarse el equipo de protección personal.
- Mantener el equipo de protección personal en buen estado. (Nuclear, Consejo de Seguridad, 2010).

El equipo de protección personal puede ser usado para proporcionar protección contra la exposición a los rayos X, por ejemplo, vestido, batas o delantales y protectores de tiroides de un material (Como vinilo), que contiene plomo.

Partes que protegen los EPP

-Protección de todo el Cuerpo

En ciertos casos los trabajadores deben proteger la mayor parte de todo su cuerpo contra los peligros en el lugar de trabajo, como en el caso de exposición a la radiación, el equipamiento de protección incluye delantales plomados, protectores de tiroides, gafas protectoras y guantes.

El encargado de protección radiológica debe establecer la necesidad de estos dispositivos protectores, vestidos, delantales y protectores de tiroides hechos de un material (tal como vinilo) que contenga plomo, los delantales deben equivaler al menos a 0.25 mm Pb si los equipos de rayos X operan hasta 100 kV y a 0.35 mm Pb si operan por encima de 100 Kv, los delantales podrían ser abiertos, con menos plomo en la espalda, debido al peso de plomo extra requerido, esto presupone, no obstante, que el portador está siempre de cara a la fuente de radiación.

Protector de tiroides:

La dosis de tiroides se puede reducir en más del 90% en el uso de un collar tiroideo y la dosis por todo el cuerpo más de la mitad por un delantal de plomo. Los dispositivos de protección tienen que estar disponibles en Rayos X convencional, fluoroscopia y salas de radiología intervencionista, pero se deben incluir: pantallas protectoras y cortinas de protección de plomo montadas en la camilla del paciente.

-Protección de las extremidades superiores

La protección de manos, antebrazo y brazo se hará por medio de guantes seleccionados para prevenir los riesgos existentes y para evitar la dificultad de movimientos al trabajador. Los guantes de plomo contra rayos X alcanzarán al menos hasta la mitad del antebrazo y serán de un grosor adecuado, sin perjuicio de su máxima ligereza y flexibilidad.

En determinadas circunstancias, la protección se limitará a los dedos o palmas de las manos, utilizando al efecto, dediles, manoplas o en su caso cremas de protección. Las manoplas son guantes duros tienen un valor limitado porque son difíciles de usar y, por tanto, solo deben usarse en casos apropiados. ((Nuclear, Consejo de Seguridad, 2010).

Los requisitos generales

Equipo de protección personal de organización de higiene y seguridad ocupacional exigen que los empleadores lleven a cabo una evaluación de los riesgos en sus lugares de trabajo para identificar los riesgos que existen y que requieren el uso del equipo de protección personal, para que brinden el equipo de protección personal adecuado a los trabajadores y que exijan que estos mismos hagan uso del equipo, además de mantenerlo en condiciones sanitarias y fiables. (Luna, 2010)). .

El dosímetro es un instrumento que permite medir la dosis de radiación ionizante. Existen una gran variedad de dosímetros, por lo que es importante seleccionar el más adecuado en función de la utilización que esté prevista. Así, existen dosímetros

personales o de área. La dosimetría se utiliza para indicar los equivalentes de dosis que los trabajadores reciben de los campos de radiación externos a los que puedan estar expuestos.

Un trabajador necesita dosimetría cuando tiene una probabilidad razonable de acumular un determinado porcentaje, por lo general del 5 o 10% del equivalente de dosis máximo permisible en todo el cuerpo o en ciertas partes de él.

Los dosímetros son medidores de radiación diseñados para medir dosis de radiación acumulada durante un periodo de tiempo y normalmente se utilizan para medir la dosis a que está expuesto el personal que trabaja, o que permanece en zonas en las que existe riesgo de irradiación. El recambio de dosímetros y el informe de recepción no deben exceder de tres meses.

Los dosímetros personales se utilizan cuando es necesario medir la dosis recibida por una persona determinada. Existen distintos tipos de dosímetros personales: de solapa, de muñeca o anillo, utilizándose uno u otro dependiendo de la zona del cuerpo que pudiera recibir la irradiación. Los dosímetros de áreas se utilizan cuando no es necesario conocer la dosis recibida por una persona determinada, pero si es necesario conocer las dosis recibidas en lugares o puestos de trabajo.

Los dosímetros no proporcionan protección contra la exposición a radiaciones ionizantes, son un medio para evaluar la dosis que el usuario ha recibido. La exposición ocupacional a la radiación puede ser evaluada a través del monitoreo de la ropa de trabajo del personal, dosímetros y por mantener registro de los patrones de trabajo.

Más de un dosímetro puede ser recomendado (por ejemplo, para radiología intervencionista; usar un dosímetro debajo de la bata y uno más se lleva fuera de la bata o el delantal a la altura del cuello). Estos tienen que ser usados estrictamente

de acuerdo con las disposiciones e información proporcionada por la persona responsable de la protección radiológica.

El uso correcto del dosímetro por parte del personal expuesto, permite que los resultados dosimétricos sean representativos de la dosis real, realizando los cambios del dosímetro mensualmente una vez transcurrido el periodo de utilización.

Es conveniente planificar y actuar preventivamente en el diseño, fabricación y correcto funcionamiento de los equipos que incorporen fuentes de radiaciones, así como distribuir adecuadamente los equipos emisores de las instalaciones, señalizando las zonas a proteger y colocando los blindajes que sean necesarios para reducir las exposiciones.

En caso de que la actividad implique la producción de residuos con actividad radiactiva, el tratamiento de estos se debe hacer de acuerdo a los procedimientos de eliminación.

Vigilancia individual y evaluación de la exposición

- La evaluación de la dosis es un aspecto importante de la protección radiológica.
- Es importante que los trabajadores devuelvan a tiempo los dosímetros para que sean procesados.
- Los retrasos en la evaluación de un dosímetro pueden producir pérdida de la información almacenada.

El personal de operación acreditado debe esforzarse por recuperar cualesquiera dosímetros perdidos.

Aspectos especiales de la vigilancia individual

En caso de pérdida de un dosímetro, la estimación de dosis podría realizarse a partir de:

- Historial dosimétrico reciente.

Dosis de los trabajadores que realizan tareas similares o comparten actividad con el trabajador, o dosimetría (de área) en el puesto de trabajo. Los dispositivos de vigilancia individual deben estar calibrados. El laboratorio que realice dosimetría personal debe estar acreditado por la autoridad reguladora.

- Vigilancia individual cuando se usa un delantal plomado.

El dosímetro se debe colocar bajo el delantal plomado para estimar la dosis efectiva. Las otras áreas corporales no protegidas por el delantal recibirán una dosis mayor un dosímetro bajo el delantal proporcionará en la mayoría de los casos una estimación razonable de la dosis efectiva.

En caso de alta carga de trabajo (radiología intervencionista) el responsable de protección radiológica debe considerar un dosímetro adicional fuera del delantal. Cuando se esperan dosis altas, se requieren dos dosímetros: 1 bajo el delantal al nivel de la cintura y 1 encima del delantal al nivel del cuello.

El dosímetro colocado sobre el delantal al nivel del cuello da también una estimación de las dosis en tiroides y cristalino.

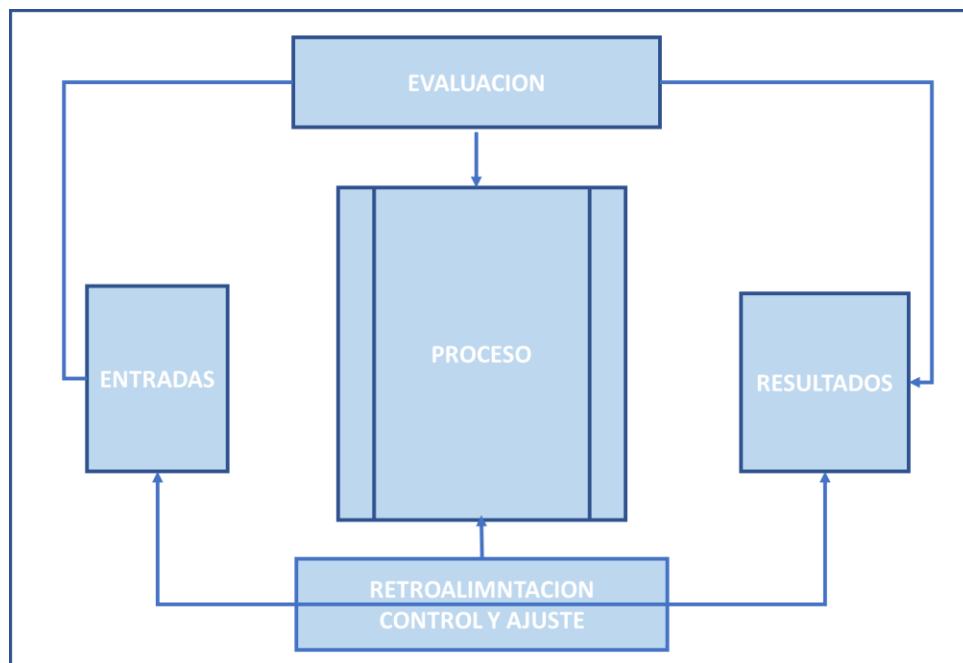
Algunos sistemas de rayos X para radiografía dental u otros usados en salas de cirugía con rayos X un número limitado de ocasiones al mes podrían no requerir dosimetría individual para todo el personal implicado, aunque la fluoroscopia en salas de cirugía podría llevar a dosis altas en períodos cortos de tiempo si no se usa correctamente.

Enfoque sistémico de gestión por procesos.

La comprensión y gestión de los procesos interrelacionados como un sistema contribuye significativamente a la eficacia y eficiencia organizacional, facilitando el logro de los resultados previstos. Este enfoque permite controlar las interdependencias entre los procesos, optimizando el desempeño global de la institución.

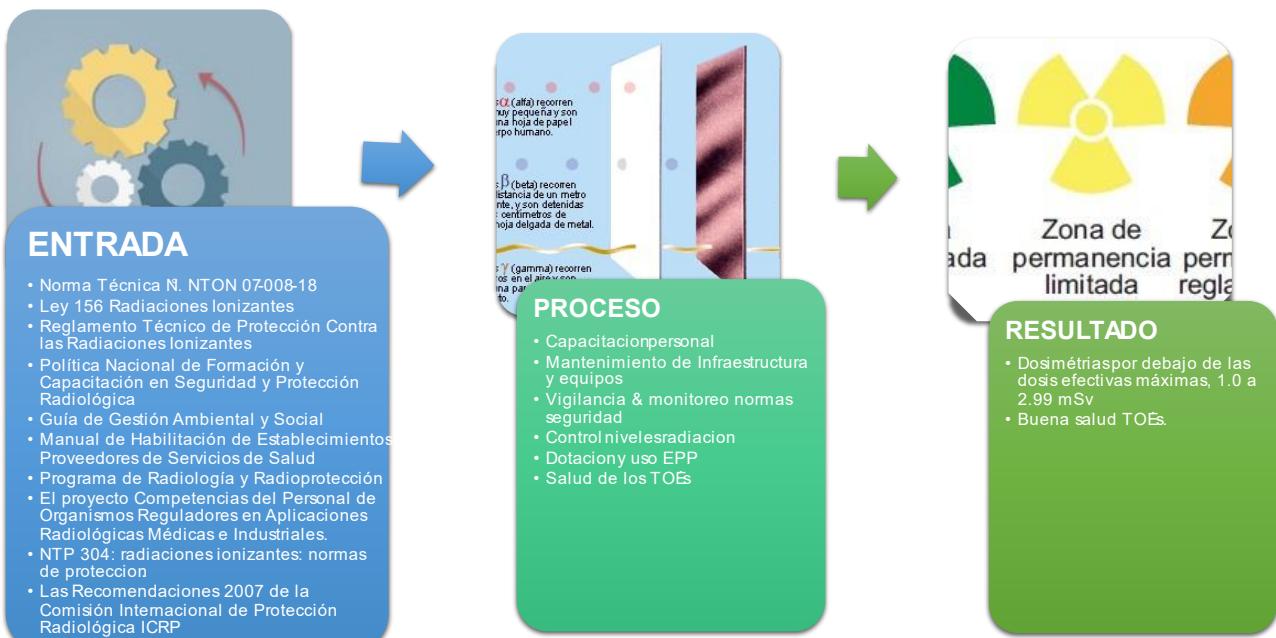
La gestión por procesos implica la definición, seguimiento y mejora sistemática de cada proceso y sus interacciones, alineados con la política institucional y la dirección estratégica. En el contexto del servicio de radiología, este enfoque proporciona una visión integral que permite evaluar de manera estructurada las estrategias implementadas para la protección de los trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOE).

Modelo de evaluación del enfoque sistémico



Fuente: Ciencia y Tecnología (Rosso Romero y Uceda Duciós, 2014)

Modelo de evaluación del protocolo de protección contra radiaciones ionizantes, basado en un enfoque sistémico de gestión



Fuente: Elaborado por la autora

La exposición de los trabajadores a la radiación en el mundo laboral

El uso de fuentes radiactivas implica riesgos inherentes a la exposición a radiación ionizante, una realidad presente en múltiples sectores laborales como la industria manufacturera, militar, energética, académica y, especialmente, en el ámbito sanitario. En este último, médicos, dentistas y veterinarios emplean radiación tanto para diagnóstico como para tratamiento, lo que los convierte en trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOE). (Oficina Internacional del Trabajo, 2011)

Además de las fuentes artificiales, algunos trabajadores están expuestos a radiación natural, como ocurre en minas o en edificaciones ubicadas en zonas con

altos niveles de radón. En estos casos, las dosis pueden alcanzar hasta 5 mSv/año, superando incluso las de algunos grupos expuestos profesionalmente.

Las dosis máximas permitidas para exposición ocupacional se han establecido en 20 mSv/año como promedio en cinco años consecutivos, y 50 mSv en cualquier año individual, mientras que para la población general se limita a 1 mSv/año.

En profesiones sanitarias, aunque las dosis suelen ser bajas, ciertos procedimientos como la angiografía coronaria o la ablación cardíaca pueden generar exposiciones significativas, con dosis de hasta 0.43 mSv por procedimiento en áreas sensibles como el tiroides o el ojo izquierdo.

En este contexto, el Convenio núm. 115 de la OIT, adoptado en 1960, sigue siendo el único instrumento jurídico internacional específico sobre protección frente a radiaciones ionizantes. Este convenio establece principios fundamentales como la minimización de la exposición, la vigilancia médica continua, la prohibición de exposición innecesaria, y la protección especial para menores de edad.

A nivel nacional, Nicaragua cuenta con el Reglamento Técnico de Protección Contra las Radiaciones Ionizantes, el cual establece requisitos obligatorios para todas las entidades que emplean radiación, incluyendo prácticas médicas. Este reglamento se fundamenta en las Normas Básicas Internacionales de Seguridad del OIEA, que definen principios como la justificación, optimización y limitación de dosis, y promueven una infraestructura reguladora sólida para garantizar la seguridad de las fuentes y la protección de los trabajadores.

Protección de los trabajadores contra las radiaciones (La Gaceta Diario Oficial de Nicaragua, Ley 618. Ley General de Higiene y Seguridad del Trabajo, 2007) En caso de que alguna falla afectara o pudiese afectar al control de la exposición radiológica de los trabajadores, deberían adoptarse medidas inmediatas para asegurar el control adecuado de la exposición de radiaciones y subsanar el defecto

y de que los niveles residuales de contaminación sean inferiores a los límites prescritos.

En el Capítulo VII Radiaciones Ionizantes Artículo 126.Los trabajadores expuestos a peligro de irradiación, serán informados previamente por personal competente, sobre los riesgos que su puesto de trabajo implica para su salud, las precauciones que deben adoptar, el significado, de las señales de seguridad o sistemas de protección personal.

Cuando existe riesgo de irradiación En este caso, en el que no hay un contacto directo con la fuente, las medidas de protección consisten en:

- Limitar el tiempo de exposición: la dosis recibida es proporcional al tiempo que dura la exposición.
- Aumentar la distancia a la fuente: la dosis es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia a la fuente de radiación (como ejemplo, si se aumenta la distancia al doble, se reduce la exposición a una cuarta parte).
- Blindaje: Tanto estructural (apantallamiento de los equipos y la instalación, confinamiento de la fuente) como personal (equipos de protección individual). Estas medidas permiten una reducción significativa de la dosis recibida. Restricciones de dosis relacionadas con las fuentes (La Gaceta Diario Oficial de Nicaragua, Ley 618. Ley General de Higiene y Seguridad del Trabajo, 2007)

Según esta Ley 618, **El programa de protección radiológica debería incluir:**

- a) Asesoramiento sobre propuestas de modificación de los procesos o condiciones de trabajo que podrían repercutir sobre la salud o la seguridad de los trabajadores.
- b) Previsión de la elaboración de normas y procedimientos de protección radiológica que se ajusten a la instalación de que se trate, y participación en la instrucción impartida a los trabajadores.

- c) Realización de inspecciones de rutina para verificar si se cumplen las disposiciones del presente repertorio, los reglamentos pertinentes y los requisitos del informe de evaluación de seguridad.
- d) Asesoramiento al encargado de las instalaciones sobre cualquier medida correctora que se requiera tomar, en caso de incumplimiento.

Compendio de ley y normativas en materia de higiene y seguridad del trabajo (1993-2008), establece:

Artículo 4.- obligaciones del empleador.

El empleador deberá:

- a.- Determinar los puestos de trabajo en los que deba utilizarse equipos de protección personal, precisando en dichos puestos:
 - La naturaleza del riesgo o los riesgos frente a los que debe ofrecer protección.
 - La parte o partes del cuerpo a proteger. - El equipo que deberá utilizarse.
- b.- Elegir el equipo de protección personal apropiado a cada caso, de forma que cumpla los requisitos establecidos en el artículo anterior.
- c.- Indicar a los trabajadores las actividades u ocasiones en las que deben utilizar equipos de protección personal.
- d.- Proporcionar gratuitamente a los trabajadores los correspondientes equipos de protección personal e informarles de los riesgos contra los que les protegen, dándoles instrucciones precisas sobre la forma correcta de utilizarlos.
- e.- Supervisar la utilización y mantenimiento correcto de los equipos, conforme a lo establecido en el artículo 6 de esta Norma.

Artículo 5.-obligaciones de los trabajadores. Los trabajadores deberán:

- a.- Utilizar y cuidar correctamente los equipos de protección personal, siguiendo las instrucciones dadas por el empleador.

b.- Informar de inmediato a su superior jerárquico directo acerca de cualquier defecto, anomalía o daño apreciado en el equipo de protección que utilice y que a su juicio entrañe un peligro para su seguridad o su salud.

Resolución ministerial relativa a las sanciones a adoptar por incumplimiento a las disposiciones del uso de los equipos de protección personal.

- Que los Equipos de Protección Personal deberán de proporcionarse y utilizarse cuando los riesgos no se puedan evitar o no puedan limitarse suficientemente por medios técnicos de protección colectiva o mediante medidas, métodos o procedimientos de organización del trabajo. (Resolución ministerial relativa a las sanciones adoptadas por incumplimiento a las disposiciones del uso de los equipos de protección personal., 2000)
- Que es obligación de los empleadores proporcionar a sus trabajadores Equipos de Protección Personal adecuados para el desempeño de sus funciones y velar por el uso efectivo de los mismos.
- Que es obligación de los empleadores capacitar a sus trabajadores sobre la importancia y uso de los Equipos de Protección Personal en el desempeño de sus funciones.
- Que es obligación de los trabajadores utilizar correctamente los Equipos de Protección Personal facilitados por el empleador, de acuerdo con las instrucciones recibidas de este.
- Que es obligación proteger y tutelar la salud y seguridad de los trabajadores que en ocasión del trabajo están expuestos a condiciones de riesgos que les pueden traer como consecuencias accidentes de trabajo o enfermedades profesionales. En tal sentido la presente resolución tiene como objetivo de velar la obligatoriedad del uso de los Equipos de Protección Personal por los trabajadores en el desempeño de sus actividades laborales. (Ministerio del Trabajo, 2008) (Resolución ministerial relativa a las sanciones adoptadas por incumplimiento a las disposiciones del uso de los equipos de protección personal., 2000)

Por lo tanto

Arto. 1. El empleador deberá proporcionar a sus trabajadores Equipos de Protección Personal adecuados para el desempeño de sus funciones y velar por el uso efectivo de los mismos cuando, por la naturaleza de los trabajos realizados, sean necesarios. Los Equipos de protección personal; C. (Resolución ministerial relativa a las sanciones adoptadas por incumplimiento a las disposiciones del uso de los equipos de protección personal., 2000)

Compilación de Normativas en Materia de Higiene y Seguridad del Trabajo.

(Ministerio del Trabajo, 2008) **expresa en los siguientes artículos:**

Arto. 2. Los empleadores deberían proporcionar sin costo alguno a los trabajadores, los correspondientes Equipos de Protección Personal e informarles de los riesgos contra los que les protegen, dándoles instrucciones precisas sobre la forma correcta de utilizarlos. (Ministerio del Trabajo, 2008)

Arto. 3. El empleador deberá supervisar el uso adecuado y dar mantenimiento correcto de los Equipos de Protección Personal proporcionados a los trabajadores, así mismo deben reponer estos, cuando no cumplan las condiciones óptimas de protección (vencimiento de su vida útil o se deterioren en el cumplimiento de sus labores). (Ministerio del Trabajo, 2008)

Arto. 4. El incumplimiento por parte de los trabajadores a las disposiciones dadas por el empleador sobre la prevención de los riesgos laborales contenidas en los reglamentos técnicos organizativos de Higiene y Seguridad, constituye una violación. (Ministerio del Trabajo, 2008)

Arto. 5. Serán objetos de sanción conforme a la Legislación Laboral vigente los trabajadores que violen las medidas de Higiene y Seguridad y en correcto:
a) Incumplir las ordenes e instrucciones dadas para garantizar su propia seguridad

y salud, las de sus compañeros de trabajo y de terceras personas que se encuentren en el entorno (Ministerio del Trabajo, 2008)

b) El no utilizar correctamente los medios y Equipos de Protección Personal, facilitados por el empleador, de acuerdo con las instrucciones y regulaciones recibidas de este sistema de protección. (Ministerio del Trabajo, 2008)

Arto. 6. Los trabajadores que violen estas disposiciones serán objetos de sanción de conformidad a lo estipulado en el Reglamento Interno de la Empresa, Reglamento Técnico Organizativo de Higiene y Seguridad y el Código del Trabajo. (Ministerio del Trabajo, 2008).

En el reglamento técnico de protección contra radiaciones ionizantes de Nicaragua divulgado en octubre del 2011 en el artículo 1, da a conocer que tiene como objetivo establecer los requisitos básicos para la protección de las personas contra la exposición a la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación que pueden causar esta exposición, denominadas en lo adelante protección y seguridad. (Ministerio del Trabajo, 2008)

Ley 618 de higiene y seguridad del trabajo de Nicaragua en el Artículo 126 establece que los trabajadores expuestos a peligro de irradiación, serán informados previamente por personal competente, sobre los riesgos que su puesto de trabajo implica para su salud, las precauciones que deben adoptar, el significado, de las señales de seguridad o sistemas de protección personal. (13 Julio del 2007) (Ministerio del Trabajo, 2008).

El Reglamento Técnico de Protección Contra las Radiaciones Ionizantes, establece definiciones relacionadas a los procedimientos concernientes a radiaciones ionizantes, entre las cuales se citan las siguientes.

Encargado de Protección Radiológica: Persona técnicamente competente en cuestiones de protección radiológica de interés para un tipo de práctica dado, que es designada por el titular de la autorización para controlar la aplicación de los requisitos prescritos por este Reglamento.

Equipo Generador de Radiación Ionizante: Dispositivo capaz de generar radiación tal como rayos x, neutrones, electrones y otras partículas cargadas con fines científicos, industriales o médicos.

Evaluación de Seguridad: Examen de los aspectos de diseño y funcionamiento de una fuente que son de interés para la protección de las personas o la seguridad de la fuente, incluido el análisis de las medidas de seguridad y protección adoptadas en las fases de diseño y de funcionamiento de la fuente, y el análisis de los riesgos vinculados a las condiciones normales y a las situaciones de accidente.

Experto cualificado: Individuo que, en virtud de certificados extendidos por órganos o sociedades competentes, licencias de tipo profesional, o títulos académicos y experiencia, es debidamente reconocido como persona con competencia en una especialidad de interés, por ejemplo, en física médica, protección radiológica, salud laboral, prevención de incendios, garantía de calidad, o en cualquier especialidad técnica o de seguridad relevante.

Exposición: Acto o situación de estar sometido a irradiación. La exposición puede ser externa (irradiación causada por fuentes situadas fuera del cuerpo humano), o interna (irradiación causada por fuentes existentes dentro del cuerpo humano).

La exposición puede clasificarse en normal o potencial; ocupacional, médica o del público; así como, en situaciones de intervención, en exposición de emergencia o crónica. También se utiliza el término exposición en radio dosimetría para indicar el grado de ionización producido en el aire por la radiación ionizante.

Exposición Crónica: Exposición persistente en el tiempo. Exposición del público: Exposición sufrida por miembros del público a causa de fuentes de radiación, excluidas cualquier exposición ocupacional o médica y la exposición a la radiación natural de fondo normal en la zona, pero incluida la exposición debida a las fuentes y prácticas autorizadas y a las situaciones de intervención.

Exposición médica: Exposición sufrida por los pacientes en el curso de su propio diagnóstico o tratamiento médico o dental; exposición sufrida de forma consciente por personas que no estén expuestas profesionalmente mientras ayudan voluntariamente a procurar alivio y bienestar a pacientes; asimismo, la sufrida por voluntarios en el curso de un programa de investigación biomédica que implique su exposición.

Exposición natural: Exposición causada por fuentes naturales.

Exposición normal: Exposición que se prevé se recibirá en las condiciones normales de funcionamiento de una instalación o una fuente, incluso en el caso de pequeños percances posibles que pueden mantenerse bajo control.

Exposición ocupacional: Toda exposición de los trabajadores sufrida durante el trabajo, con excepción de las exposiciones excluidas del ámbito del Reglamento y de las exposiciones causadas por las prácticas o fuentes exentas con arreglo al Reglamento.

Facultativo Médico: Individuo a) que ha sido autorizado oficialmente, tras cumplir las formalidades nacionales apropiadas como profesional de la salud (b) satisface los requisitos nacionales de capacitación y experiencia para la prescripción de procedimientos que impliquen exposición médica c) es un titular de autorización o bien un trabajador nombrado por un titular de autorización, con el fin de prescribir procedimientos que impliquen exposición médica.

Fuente: Cualquier cosa que pueda causar exposición a la radiación, concretamente emitiendo radiación ionizante o liberando sustancias o materias radiactivas.

Por ejemplo, las materias que emiten radón son fuentes existentes en el medio ambiente, una unidad de esterilización por irradiación gamma es una fuente adscrita a la práctica de conservación de alimentos por medio de la radiación, un aparato de rayos x puede ser una fuente adscrita a la práctica del radiodiagnóstico, y una central nuclear es una fuente adscrita a la práctica de generación de energía nucleoeléctrica.

A los efectos de la aplicación de este Reglamento, se considera cuando corresponda que una instalación compleja o múltiple situada en el mismo lugar o emplazamiento es una sola fuente.

Fuentes Naturales: Fuente de radiación que existen en forma natural, incluyendo los rayos cósmicos y las fuentes terrestres.

Fuentes No Selladas: Fuentes que no satisfacen la definición de fuente sellada.

Fuente Sellada: Material radiactivo que está: a) Permanentemente encerrado en una cápsula o b) estrechamente ligado en forma sólida. La cápsula o el material de una fuente sellada deberán ser lo suficientemente robustos para mantener la estanqueidad en las condiciones de uso y desgaste para las que la fuente se haya concebido, así como en el caso de contratiempos previsibles.

Grupo Crítico: Grupo de miembros del público cuya exposición, para una fuente de radiación dada y una vía de exposición dada, es razonablemente homogénea y característica de los individuos que reciben la dosis efectiva o la dosis equivalente más alta (según el caso) por la vía de exposición dada a causa de la fuente dada.

Protección y Seguridad: Protección de las personas contra la exposición a la radiación ionizante y a las sustancias radiactivas, así como seguridad de las fuentes de radiación, incluidos los medios para conseguir esa protección y seguridad, tales

como los diversos procedimientos y dispositivos para reducir las dosis y riesgos de las personas al valor más bajo que pueda razonablemente alcanzarse y mantenerlos por debajo de las restricciones prescritas de dosis relacionadas con las fuentes, así como los medios para prevenir accidentes y atenuar las consecuencias de éstos si ocurrieran.

Radiación Ionizante: Para los fines de protección radiológica, es la radiación capaz de producir pares de iones en materiales biológicos.

Riesgo: Magnitud multi atributiva con la que se expresa un riesgo en sentido general, peligro o posibilidad de consecuencias nocivas o perjudiciales vinculadas a exposiciones reales o potenciales. Guarda relación con magnitudes tales como la probabilidad de determinadas consecuencias dañinas y la amplitud y el carácter de tales consecuencias.

Titular de autorización: Persona natural o jurídica poseedora de una autorización en vigor concedida para una práctica, fuente o actividad con éstas relacionada, que tiene deberes y derechos en lo que respecta a esa práctica o fuente sobre todo en lo que atañe a la protección y seguridad.

Trabajador: Toda persona que labora, en jornada completa, jornada parcial o temporal, por cuenta de un empleador y que tiene derechos y deberes reconocidos en código del trabajo en lo que atañe a la protección radiológica ocupacional. Se considera que una persona empleada por cuenta propia tiene los deberes de un trabajador.

Vertidos radiactivos: Sustancias radiactivas procedentes de una fuente adscrita a una práctica que se vierten en forma de gases, aerosoles, líquidos o sólidos al medio ambiente, en general con el fin de diluirlos y dispersarlos.

Vías de exposición: Vías por las que una materia radiactiva puede llegar a los seres humanos o irradiarlos.

Vigilancia radiológica: Medición de la dosis o la contaminación por razones relacionadas con la evaluación o el control de la exposición a la radiación o a sustancias radiactivas, e interpretación de los resultados. (Comision Nacional de Energia Atómica, 2011)

La Ley 618, General de Higiene y Seguridad del Trabajo, contempla el cumplimiento de lo establecido en el compendio de leyes relacionadas a los procesos y procedimientos relacionados a las radiaciones ionizantes.

En el artículo 8, en lo concerniente a la política de prevención en materia de higiene y seguridad del trabajo, tiene por objeto mejorar las condiciones de trabajo a través de planes estratégicos y programas específicos de promoción, educación y prevención, dirigidos a elevar el nivel de protección de la seguridad y la salud de los trabajadores en sus puestos de trabajo:

- a) La política de prevención de los riesgos laborales se llevará a cabo par media de las normativas, reglamentos y faros que se desarrollen para la mejora de las condiciones de seguridad, higiene y salud en el trabajo, la reducción de los riesgos laborales, la investigación, estudio o fomento de nuevas formas de protección, la promoción, divulgación de estructuras eficaces de prevención.
- b) El Ministerio del Trabajo promoverá el desarrollo de programas nacionales y específicos dirigidos a promover la mejora del ambiente de trabajo y el perfeccionamiento de los sistemas de protección, salud reproductiva de las mujeres trabajadoras y adolescentes en labores peligrosas en colaboración y coordinación con otras entidades: como el Ministerio de Salud, Instituto Nicaragüense de Seguridad Social y las Universidades.
- c) El Ministerio del Trabajo promoverá en colaboración con el Ministerio de Educación y las universidades en los pensum educativos de cada nivel,

programas específicos dirigidos a promover una formación en materia de higiene y seguridad, salud en el trabajo y salud reproductiva. (Asamblea Nacional de Nicaragua, 2007)

Así también en el 32, Capítulo V, Titulo II, establece:

El trabajador tiene la obligación de observar y cumplir con las siguientes disposiciones de la presente Ley, el Reglamento, el Código del Trabajo y las normativas:

1. Cumplir las órdenes e instrucciones dadas para garantizar su propia seguridad y salud, las de sus compañeros de trabajo y de terceras personas que se encuentren en el entorno, observando las normas o disposiciones que se dicten sobre esta materia.
2. Utilizar correctamente las medidas y equipos de protección facilitados por el empleador, de acuerdo a las instrucciones recibidas de este.
3. informar a su jefe inmediato y la comisión mixta de higiene y seguridad del trabajo de cualquier situación que, a su juicio, pueda entrañar un peligro grave e inminente, para la higiene y seguridad, así como, los defectos que hubiera comprobado en los sistemas de protección.
4. Seguir las enseñanzas en materia preventiva, tanto técnica como práctica que le brinde el empleador.
5. Colaborar en la verificación de su estado de salud mediante la práctica de reconocimiento médico.
6. Informar a su jefe acerca de todos los accidentes y daños que le sobrevengan durante el trabajo o guarden relación con él, así como suministrar la información requerida por los inspectores de Higiene y Seguridad del Trabajo.
7. Asistir a los eventos de capacitación en materia de prevención de riesgos laborales que le convoque la parte empleadora, la organización sindical, Instituto Nicaragüense de Seguridad Social, el Ministerio del Trabajo, entre otros. (Asamblea Nacional de Nicaragua, 2007)

El Reglamento Técnico de Protección Contra las Radiaciones Ionizantes, establece los límites de Dosis a exposición ocupacional, indicando, los límites de dosis para la exposición ocupacional de trabajadores con edades superiores a los 18 años son:

- a) una dosis efectiva de 20 mSv por año como promedio en un período de cinco años consecutivos 38;
- b) una dosis efectiva de 50 mSv en cualquier año;
- c) una dosis equivalente al cristalino de 150 mSv en un año;
- d) una dosis equivalente a las extremidades (manos y pies) o a la piel de 500 mSv en un año.

En el caso de la exposición ocupacional de aprendices de 16 a 18 años que reciban formación para un empleo que implique exposición a la radiación, y en el de los estudiantes de 16 a 18 años que tengan que utilizar fuentes en el curso de sus estudios, los límites de dosis son:

- a) una dosis efectiva de 6 mSv en un año;
- b) una dosis equivalente al cristalino de 50 mSv en un año;
- c) una dosis equivalente a las extremidades o la piel de 150 mSv en un año.

(Comision Nacional de Energia Atómica, 2011, p. 65)

El Manual de Seguridad y Protección Radiológica del Servicio de Imagenología del Hospital, de acuerdo a lo dispuesto en los Artículos 95, 96 y 97 del Reglamento de la Ley General de salud 423, en hospitales, establece las **Políticas De Operación** las que están enfocadas en el Servicio de imagenología y otros Servicios del Hospital que utilicen radiaciones ionizantes para el diagnóstico, tratamiento o investigación médica, definidas a continuación.

1. Cumplir con los estándares internacionales de calidad.

2. Garantizar la seguridad de los usuarios, velando por las prácticas y tecnologías seguras y confiables.
3. Vigilar por el cumplimiento de los principios de bioética Artículo 96. RGS.
4. Diseñar y ejecutar programas y cursos de capacitación, enseñanza y especialización de personal profesional, técnico y auxiliar en su ámbito de responsabilidad.
5. Impulsar la realización de estudios e investigaciones clínicas y experimentales en las especialidades, con apego a la Ley General de Salud y demás disposiciones aplicables.
6. Difundir información técnica y científica sobre los avances que en materia de salud se registre, así como publicar los resultados de las investigaciones y trabajos que realice.
7. Presentar a la dirección para su aprobación, los documentos.
8. Planificar, coordinar y elaborar la presentación de informes estadísticos semanales, mensuales, así como otros que solicite la dirección.
9. Coordinar los programas, cursos de capacitación, enseñanza, adiestramiento y especialización del personal profesional, técnico y auxiliar en el campo de la salud. (Hospital Militar Escuela “Dr. Alejandro Dávila Bolaños”, 2022)

Así mismo reitera lo expuesto por la ICRP, en la recomendación de 1990, la Comisión propuso principios de protección para las prácticas, separadamente de los principios aplicables a situaciones de intervención. En la publicación ICRP103, la Comisión continua considerando fundamentales los principios para el sistema de protección, y ahora ha formulado un conjunto (micro de principios aplicable a situaciones de exposición planificada, existente y de emergencia.

Los objetivos de la protección radiológica son, de acuerdo a las recomendaciones de la ICRP son los siguientes:

1. Prevenir la aparición de los efectos determinísticos de las radiaciones ionizantes.

2. Limitar la probabilidad de ocurrencia de efectos estocásticos a valores que se consideren aceptables.
3. Asegurar que las prácticas que llevan exposiciones a radiaciones ionizantes están justificadas, de forma que se asegure que los beneficios que comporta la exposición a radiaciones, son mayores que los perjuicios.

Referente a la **vigilancia y control de la radiación**

Vigilancia del ambiente de trabajo

Es el conjunto de medidas que deben establecerse con objeto de comprobar experimentalmente, y con la periodicidad necesaria, que tanto las dosis recibidas, como los niveles de riesgo existentes, en las diferentes zonas de trabajo, están dentro de los límites correspondientes a cada zona.

Vigilancia y control de la radiación externa

La vigilancia de la radiación externa en el puesto de trabajo se puede efectuar mediante dosimetría de área.

Dosimetría de área

La vigilancia de la radiación externa en las áreas de trabajo puede dividirse en tres categorías:

- De rutina: Asociada a las operaciones habituales o cotidianas.
- Operacional: Proporciona información sobre un procedimiento en particular.
- Especial: Se aplica a una situación que se sospecha anómala.

La vigilancia de rutina en el puesto de trabajo debe realizarse para confirmar que dicho trabajo se realiza satisfactoriamente. Esta se hará mediante los procedimientos adecuados, de forma continua y en tanto no se produzcan cambios significativos.

La vigilancia operacional se realizará para estimar el riesgo asociado con procedimientos de trabajo determinados.

La vigilancia especial se practicará cuando:

- No haya información suficiente sobre una situación especial para decidir las medidas de seguridad a tomar.
- Se aplique un procedimiento en circunstancias especiales.

Registro de documentación

Los documentos correspondientes al registro, evaluación y resultado de la vigilancia y control de la radiación externa deberán ser archivados por el Servicio deImagenología, quien los tendrá a disposición de la autoridad competente.

Dirección del Hospital

El director es el responsable de:

Coordinar todas las unidades implicadas en la gestión, uso y mantenimiento de las instalaciones radiológicas.

Firmar y tramitar la documentación preceptiva de dichas instalaciones.

Facilitar el acceso, la documentación y los médicos que resulten necesarios en las inspecciones de la Comisión Nacional de Energía Atómica de Nicaragua (CONEA),

Ministerio de Salud, u otras previstas legalmente.

Atribuir al jefe del Servicio de Imagenología la autoridad suficiente, y dotar al Encargado de Protección Radiológica (EPR) y al Físico Médico con los medios técnicos y humanos necesarios, para garantizar que se cumplan las disposiciones legales vigentes sobre protección radiológica en su área.

Subdirección Medica:

Es responsable de:

Canalizar las necesidades y actuaciones del Servicio deImagenología que dependen directamente de ella.

Garantizar el cumplimiento de las normas contenidas en este Manual y de todas las disposiciones legales vigentes, en los Servicios o unidades con fuentes de radiación.

Garantizar la existencia de líneas de responsabilidad en materia de protección.

Garantizar que el personal facultativo con responsabilidad en determinadas unidades o técnicas (uso de aparatos de RX en quirófanos u otras unidades etc.) disponga de las correspondientes licencias individuales exigidas legalmente.

Sección Logística (Electromedicina):

Garantizar el cumplimiento de las normas contenidas en este Manual y de todas las disposiciones legales vigentes, en lo que afecte o dependa del personal, en las Servicios o unidades con fuentes de radiación.

Garantizar la comunicación al EPR del personal dependiente de esta Sección, que se incorpore, cese o traslade a Servicios o unidades con fuentes de radiación, de modo que se posibilite su clasificación radiológica.

Garantizar la atención a reportes de averías en aparatos productores de radiación, o sistemas de obtención de imagen complementarios o instalaciones radiológicas.

Garantizar que este tipo de intervenciones se produzcan con el conocimiento y conformidad del EPR y el Físico Medico en las aspectos que puedan alterar las condiciones de seguridad radiológica, y con cumplimiento en todo caso, de lo previsto legalmente.

Garantizar que la recepción de nuevos aparatos productores de radiación, o sistemas de obtención de imagen complementarios, se produzca con la participación y conformidad del EPR y el Físico Medico, respecto a los parámetros de calidad radiológicos, y con cumplimiento en todo caso, de lo previsto legalmente.

Jefes de los Servicios que utilicen radiaciones:

En colaboración, cuando sea necesario, con el jefe del Servicio deImagenología y dentro del ámbito de su unidad, serán responsables de:

Establecer la organización y líneas de responsabilidad en lo que afecta a la protección radiológica.

Cuando existan varios supervisores de instalación, establecer la responsabilidad de cada uno de ellos, en función de los turnos, técnicas de trabajo, o equipos de la instalación.

Garantizar el cumplimiento del diario o diarios de operaciones de la instalación y los registros con repercusión en protección radiológica.

Hacer cumplir las normas y procedimientos que afecten a la protección radiológica del personal, pacientes y público.

Colaborar con el EPR y el Físico Medico en la elaboración de normas y procedimientos que afecten a la protección radiológica en el funcionamiento de la unidad.

Garantizar la disponibilidad de dichas normas y procedimientos para todo el personal que trabaja en la unidad.

Encargado de Protección Radiológica (EPR)

La función principal del EPR es la de asegurar el cumplimiento de las Normas Básicas y la reglamentación nacional vigente de la PR quien deberá contar con la licencia individual del EPR que otorga la CONEA en conjunto del LAF-RAM, donde deberá cumplir con lo siguiente:

Supervisar la Seguridad Radiológica de la práctica a través de la validación de procedimientos, la supervisión directa de la planificación, ejecución y evaluación de las medidas de PR necesarias para las operaciones rutinarias o especiales, ¡la vigilancia del puesto de! trabajo e individual.

Asegurar la protección física de los equipos emisores de radiación ionizante.

Estar presente durante las inspecciones y auditoria de la autoridad nacional.

Capacitar y/o gestionar los medios de protección personal para el colaborador en cuanto a su práctica, de acuerdo con la función y el riesgo de cada puesto de trabajo, para asegurar que realicen sus funciones de trabajo de forma segura.

Verificar que se efectúen las calibraciones y los controles de calidad.

Físico Medico

Como función principal es apoyar a médicos y técnicos radiólogos en la interpretación y optimización de los aspectos físicos-técnicos de estudios realizados por equipos emisores de radiación ionizante.

Contribuir para asegurar un alto estándar de calidad de servicio médico hospitalario respondiendo por la optimización en el uso de las radiaciones para producir un procedimiento diagnóstico terapéutico de calidad.

Asegurar que las instalaciones de diagnóstico por imagen con radiaciones cumplan normas y reglamentaciones nacionales y sigan las recomendaciones del organismo internacional.

Realizar valoraciones ante situaciones inusuales, transmitir opiniones científicas de forma clara y precisa, reconocer situaciones erróneas y tomar medidas correctivas apropiadas.

Es responsable de la verificación, aceptación y establecimiento del estado de referencia inicial de los equipos y de la elaboración, desarrollo y seguimiento de los programas de control de calidad, tanto de los equipos de radiodiagnóstico, como de los sistemas auxiliares como son: procesadoras, monitores de visualización, cámaras multiformato, negatoscopio, chasis, etc.

Dosimetría, el físico medico es responsable de la verificación periódica de la dosis recibida a los pacientes en cada equipo, de acuerdo con las condiciones y métodos recomendados por la reglamentación y organismos competentes en la materia.

Cumplir con otras tareas asignadas par el jefe del servicio. (Hospital Militar Escuela “Dr. Alejandro Dávila Bolaños”, 2022)

Tabla 1. Equipos de imagenología que emiten radiaciones ionizantes

Equipo	Servicio de usuarios	Cantidad de equipos
Equipo de Rayos X	Imagenología . . .	2
Rayos X portátil digital	UCI/UCIP/ Emergencia	3
Rayos X portátil convencional	Policlínica Tipitapa, Policlínica Central y Edificio 8	3
Densitómetro	Imagenología	1
Angiografía	Imagenología/Cardiología	1
Tomógrafo	Imagenología	2
Fluoroscopio	Imagenología	1
Mamógrafo	Imagenología	1
Mamógrafo digital con tomosíntesis	Imagenología	1
Arco en C	Quirófanos	5
Litotriptor	Pruebas Especiales	.1

Fuente: Servicio de Imagenología Hospital escuela Dr. Alejandro Dávila Bolaños

VII. DISEÑO METODOLOGICO

a. Tipo de estudio:

El estudio tiene enfoque cuantitativo; alcance descriptivo, retrospectivo. Cuantitativo ya que se utilizaron variables y análisis de las bases de datos de las mediciones dosimétricas. Se utilizaron elementos cualitativos, con aplicación de entrevistas a personal clave.

b. Área de Estudio:

El área de estudio de la investigación se realizó en el servicio de radiología del Hospital Militar Escuela “Dr. Alejandro Dávila Bolaños”, ubicado en Managua.

c. Universo:

Estuvo constituido por 70 profesionales y técnicos de los servicios de imagenología que oferta el Hospital Militar Escuela “Dr. Alejandro Dávila Bolaños” en sus establecimientos de atención.

d. Muestra:

La muestra fue a conveniencia, constituida por el personal del área de Rayos X del Servicio de imagenología, 35 en total, entre técnicos y jefaturas

e. Unidad de análisis:

Estuvo conformada por el personal de rayos X del Servicio de imagenología del nuevo Hospital Militar Escuela “Dr. Alejandro Dávila Bolaños” ubicado en Managua, Nicaragua.

f. Criterios de selección:

Criterios de Inclusión:

- Personal técnico y jefatura del área de rayos X.
- Base de datos dosimetrías de los años 2020 al 2022 con datos completos.

- Personal de rayos X que consintieron participar en el estudio y firmar el consentimiento informado.

Criterios de exclusión:

- Personal que no pertenecía al servicio de imagenología.
- Bases de datos dosimetrías que no correspondían a los periodos 2020 al 2022.
- Personal que se negó a participar en el estudio y firmar el consentimiento informado.
- Personal ausentes al momento de levantar información.

g. Variables por Objetivos.

Objetivo 1. Caracterizar social y laboralmente al personal ocupacionalmente expuesto a radiaciones ionizantes del área de rayos X.

- Edad
- Sexo
- Formación
- Antigüedad laboral en el Servicio de imagenología del hospital.
- Capacitaciones recibidas

Objetivo 2. Identificar los elementos estratégicos del protocolo de prevención de exposición a radiaciones ionizantes en el personal ocupacionalmente expuesto.

- Rotación preventiva de personal.
- Mantenimiento de la estructura física.
- Mantenimiento preventivo de equipos.
- Vigilancia y monitoreo servicio
- Control de niveles de radiación recibida en las personas
- Coordinación la Comisión nacional de energía atómica (CONEA)

Objetivo 3. Interpretar los elementos de protección radiológica que se destacan en el programa de prevención.

- Dotación de equipos de protección personal.
- Dotación de densitómetros.
- Programas de Capacitación educación permanente.

Objetivo 4. Establecer los efectos protectores de la implementación del protocolo en la salud del personal ocupacionalmente expuesto

- Historia clínica relacionada a eventos por exposición a radiaciones ionizantes.
- Patologías identificadas asociadas a exposición de radiaciones ionizantes.
- Estado de salud de los técnicos de rayos X.

h. Fuente de información

La fuente de información fue primaria y secundaria. La información primaria se obtuvo directamente de la encuesta. La información secundaria comprendió toda la información relacionada a manuales, normas e informes administrativos del área y expedientes del personal y base de datos de mediciones dosimétricas.

i. Técnica de recolección de información

La técnica que se utilizó fue la encuesta, entrevista a personal clave y revisión documental; expedientes e informes administrativos del área de imagenología del Hospital e informes del laboratorio de física médica de la UNAN Managua.

j. Instrumentos de recolección de información

Se utilizaron varios instrumentos en el proceso de recolección de la información; aplicando:

Instrumento 1. Cuestionario para encuesta a la población en estudio sobre datos sociolaborales

Instrumento 2. Cuestionario para Entrevista a personal claves.

Instrumento 3. Formato dotación EPP

Instrumento 4. Formato para registro de datos de los expedientes médicos.

La encuesta estuvo constituida por 5 preguntas.

La entrevista individuales a informantes claves estuvo constituida por 5 preguntas, orientadas a conocer la percepción de las jefaturas de servicios respecto a las estrategias del protocolo de prevención aplicadas en el servicio de radiología.

Se consideró la revisión de expedientes médicos del personal y demás actividades de las estrategias de prevención y protección radiológica en los efectos protectores de la salud del personal, considerados en todo el marco normativo e informes y las bases de datos de Dosimetrías.

k. Procesamiento de la información

En el procesamiento de la información e informe final se trabajó con los programas Microsoft Excel, Word y Power Point

Con el programa Excel, se realizó la distribución de frecuencia expresada en cifras absolutas y porcentajes. Los resultados y las tablas de salida para las diferentes variables, fueron analizados por la investigadora.

I. Consideraciones éticas.

Para el acceso al Hospital Militar Escuela “Dr. Alejandro Dávila Bolaños” se solicitó la autorización al subdirector docente del Hospital y a la jefatura del área de imagenología, a fin de obtener los expedientes laborales y médicos del personal, informes administrativos y de supervisiones locales y externas como la CONEA y normativas relacionadas con el estudio.

Se aseguró el sigilo y respeto a las normas internas del hospital y de los colaboradores del servicio de rayos x en la recolección de la información.

En el levantamiento de datos del personal de rayos X y la entrevista a informantes claves, se solicitó la anuencia de cada encuestado e informante clave a participar en el estudio y a la firma de la hoja de Consentimiento Informado, se les explicó el propósito del estudio, la confidencialidad en el manejo de la información, de tal manera que los cuestionarios fueron codificados para asegurar el anonimato y la información obtenida fue utilizada solo para fines de estudio.

m. Trabajo de campo

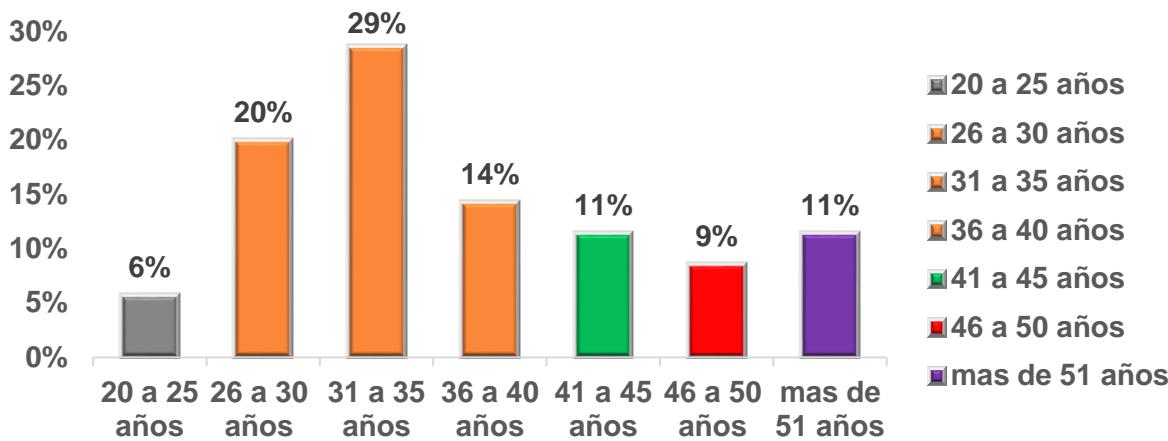
La recolección de la información fue realizada en las instalaciones del hospital, en horas fuera del horario laboral, primero se realizó la encuesta de las características sociolaborales de la población en estudio, posterior la revisión de los expedientes laborales y médicos del personal, informes administrativos y de supervisiones del comité de calidad, por ultimo las normativas relacionadas con el estudio, en coordinación con el jefe del servicio y autoridades del hospital para obtener el acceso de la información.

La entrevista a informantes claves se fue realizando en la medida de la disponibilidad de tiempo de cada informante.

VIII. RESULTADO Y ANALISIS DE RESULTADOS

Objetivo 1. Caracterizar social y laboralmente al personal técnico ocupacionalmente expuesto a radiaciones ionizantes del área de rayos X.

Grafico. 1. Edad de trabajadores ocupacionalmente expuestos del servicio de imagenología hospitalaria.

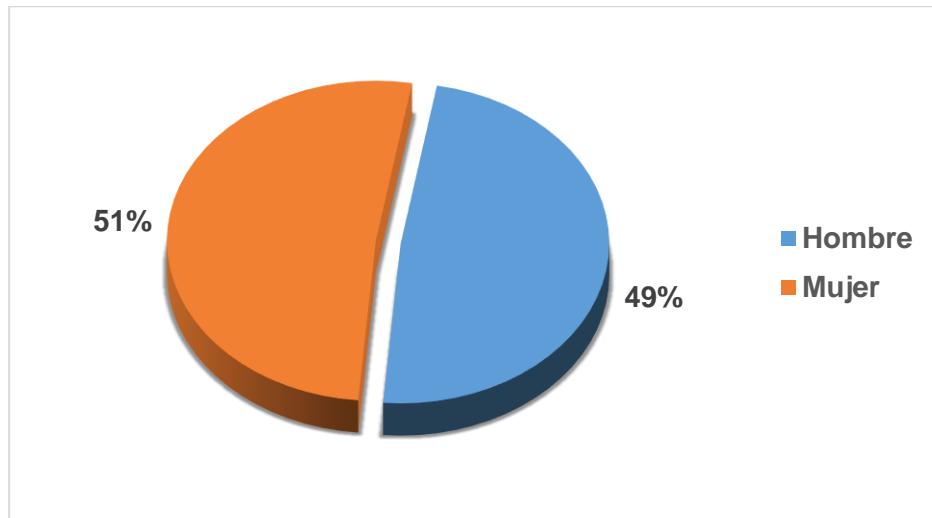


Fuente: Encuesta TOE's Servicio Imagenología hospitalaria

Los rangos de edad encontrados en los TOE's presentan una polinómica de: 20 a 5 años 6% (2); de: 26 a 30 años 20% (7), de 31 a 35 años, 29% (10), de 36 a 40 años 14% (5), de 41 a 45 años 11% (4), de 46 a 50 años 9% (3), más de 51 años 11% (4). (Ver anexo 5, Tabla 1)

El 69% de los trabajadores del hospital son jóvenes con edades comprendidas entre los 20 y 40 años, grupo que representa la principal fuerza laboral productiva de la institución. Este hallazgo contrasta ligeramente con el estudio realizado por Molina Paz (2016), cuya población se concentraba en un rango etario más reducido, entre los 20 y 30 años.

Grafico. 2. Sexo de trabajadores ocupacionalmente expuestos del servicio de imagenología hospitalaria.



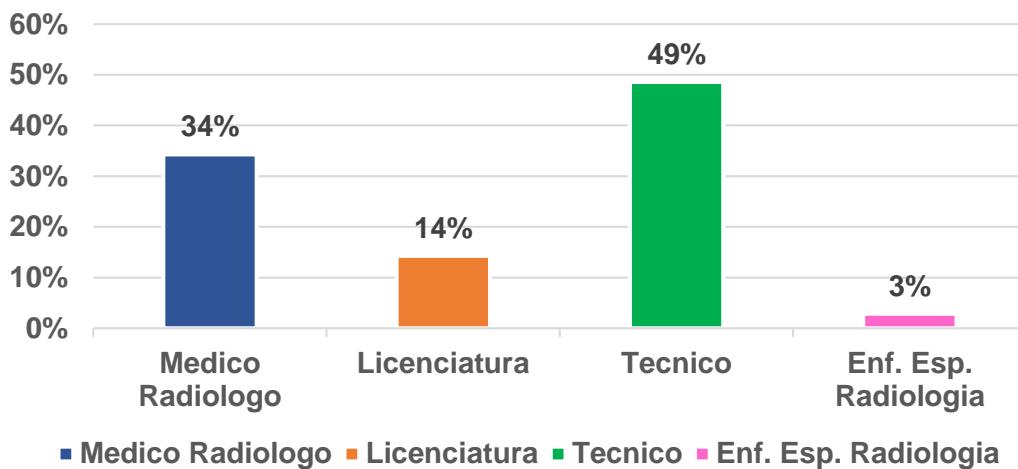
Fuente: Encuesta TOE's Servicio Imagenología hospitalaria

Los hallazgos encontrados presentaron 51% (18) eran mujeres y el 49% (17) hombres. (Ver anexo 5, Tabla 2)

Se observa un leve predominio del sexo femenino, representando el 51% del total de trabajadores, en comparación con el masculino. Este dato debe ser considerado por las autoridades del hospital, dado que la exposición a radiaciones ionizantes puede tener efectos diferenciados según el sexo. En el caso de las mujeres, especialmente aquellas en edad fértil o en estado de gestación, ciertos órganos presentan mayor sensibilidad biológica, lo que podría derivar en alteraciones funcionales o efectos adversos en la salud. En los hombres, la exposición puede afectar la calidad espermática, provocando esterilidad o daño celular en los espermatozoides (WHO, 2020).

Estos resultados contrastan con los hallazgos de Molina Paz (2016), quien reportó un predominio del sexo masculino en su población de estudio.

Grafico. 3. Formación de trabajadores ocupacionalmente expuestos del servicio de imagenología hospitalaria.



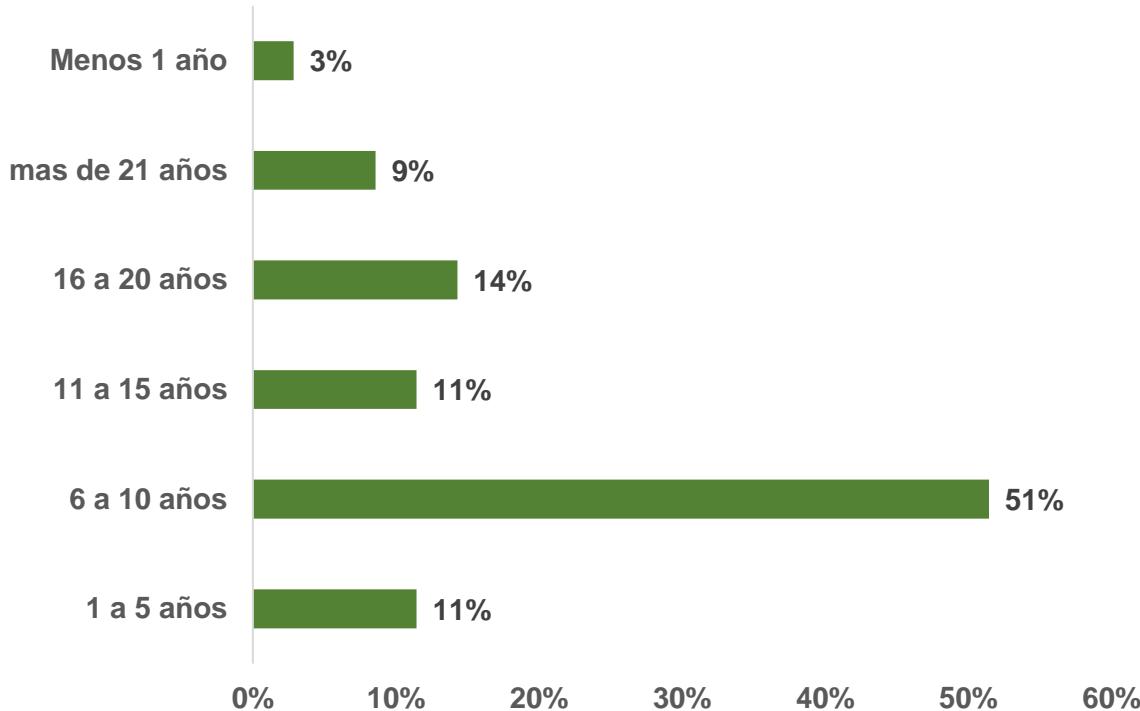
Fuente: Encuesta TOE's Servicio Imagenología hospitalaria

La formación del personal de Radiología estuvo compuesta por técnicos con un 49% (17), Medico Radiólogos, 34% (12), Licenciados, 14% (5) y Enfermera Especialista en Radiología 3% (1). (Ver anexo 5, Tabla 3)

En el Servicio de Imagenología, el 49% de los trabajadores son técnicos radiólogos, mientras que el 34% corresponde a médicos radiólogos, lo que evidencia una estructura profesional diversificada. A esta distribución se suma un 14% de personal con formación a nivel de licenciatura en Radiología e Imagenología, perfil que aporta una visión académica y técnica más especializada al equipo. Esta combinación de niveles formativos y roles profesionales permite una atención integral y de alta calidad en el proceso diagnóstico por imágenes.

Cabe destacar que todos los profesionales están debidamente capacitados para el ejercicio de sus funciones, conforme a los requerimientos técnicos y normativos establecidos para cada puesto. Esta diversidad profesional no solo fortalece la capacidad operativa del servicio, sino que también posiciona al hospital como el único en su nivel que cumple con estándares de calidad en la atención radiológica, lo cual representa un valor agregado en el sistema de salud nicaragüense.

Grafico. 4. Años de laborar en radiología por trabajadores ocupacionalmente expuestos del servicio de imagenología hospitalaria.



Fuente: Encuesta TOE's Servicio Imagenología hospitalaria

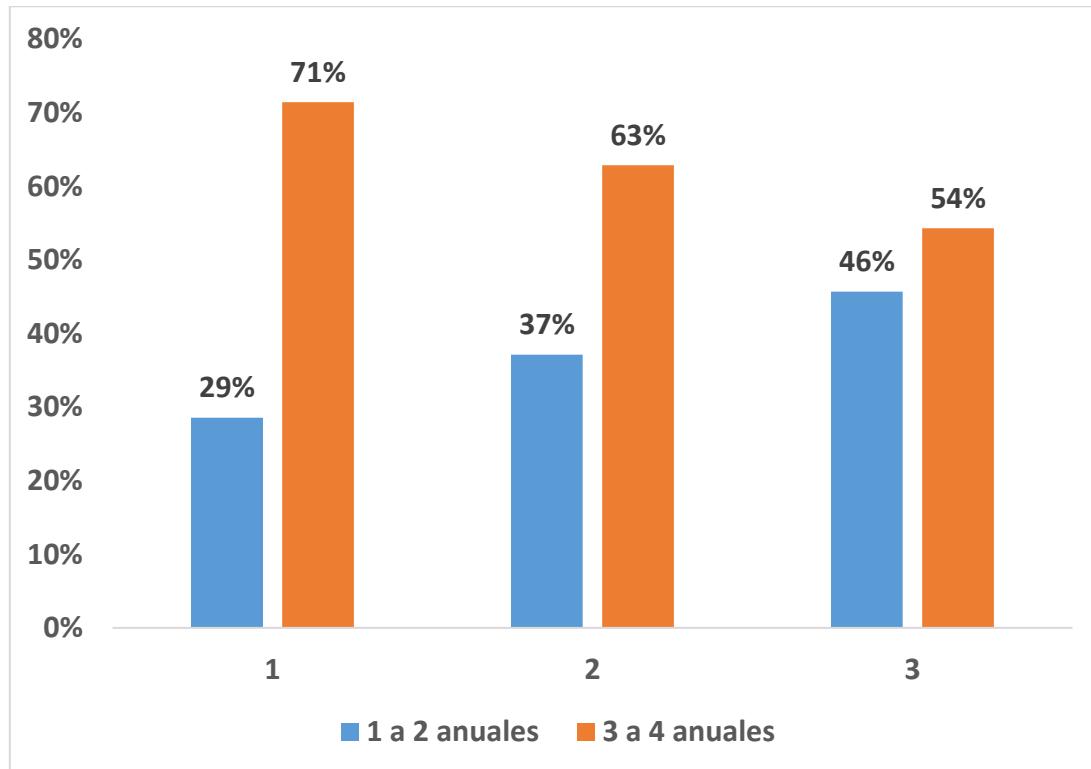
Respecto a los años de laborar la encuesta refirió que el 51% (18) tenían de 6 a 10 años de laborar en el hospital, seguidos del 14% (5), 16 a 20 años, 11% (4) los de 1 a 5 año, otro 11% (4) de 11 a 15 años, el 9% (3) más de 21 años y 3% (1) menos de 1 año. (Ver anexo 5, Tabla 4)

El 51% de los trabajadores del Servicio de Imagenología tienen entre 6 y 10 años de experiencia laboral. Esta antigüedad sugiere un alto nivel de experticia y dominio técnico, factores clave para garantizar calidad en la atención radiológica y la seguridad en el manejo de tecnologías.

Tanto Rugama Ortez (2016) como Molina Paz (2016) reportaron niveles de experiencia laboral inferiores en comparación con el presente estudio. Esta

diferencia puede estar vinculada a factores institucionales como las políticas de retención de talento humano, la estabilidad laboral y el grado de especialización requerido. En este contexto, el hospital evaluado destaca por contar con un equipo consolidado, cuya experiencia acumulada constituye un recurso estratégico para la mejora continua.

Grafico. 5. Capacitaciones recibidas por trabajadores ocupacionalmente expuestos del servicio de imagenología hospitalaria.



Fuente: Encuesta TOE's Servicio Imagenología hospitalaria

Los resultados de la variable capacitación por años refirió los siguientes resultados:

2020: 1 a 2 capacitaciones 29% (10), de 3 a 4 capacitaciones anuales 71% (25).

2021: 1 a 2 capacitaciones 37% (13), de 3 a 4 capacitaciones anuales 63% (22).

2022: 1 a 2 capacitaciones 46% (16), de 3 a 4 capacitaciones anuales 54% (19).

(Ver anexo 5, Tabla 5)

Durante los tres años del estudio, la mayoría de los trabajadores recibió entre 3 y 4 sesiones de capacitación anuales, especialmente en temas relacionados con radiología y el uso de equipos de protección personal (EPP). Este enfoque responde al proceso de habilitación y acreditación del hospital, que, al ser una institución nueva, ha priorizado la creación de normas por servicio y la formación continua del personal, particularmente en áreas sensibles como la protección radiológica de los TOE's.

La administración hospitalaria ha mantenido una política activa de capacitación y revisión constante de las normas de bioseguridad, con el objetivo de fortalecer la salud ocupacional y minimizar los riesgos asociados a la exposición a radiaciones ionizantes.

Este compromiso contrasta con los hallazgos de Rugama Ortez (2016), quien reportó un nivel deficiente de conocimiento sobre protección radiológica en su población estudiada. En cambio, Molina Paz (2016) señaló que todos los trabajadores comprendían la importancia del uso de EPP, reconociendo su papel fundamental en la prevención de daños por radiación, conforme a los principios de la protección radiológica.

Objetivo 2. Identificar los elementos estratégicos del protocolo de prevención de exposición a radiaciones ionizantes en el personal ocupacionalmente expuesto.

Resumen de entrevistas aplicadas a personal claves (PC), jefaturas de servicios respecto a la percepción de las estrategias del protocolo de prevención aplicadas en el servicio de radiología.

Rotación preventiva del personal

Los entrevistados indicaron que la rotación del personal en áreas de mayor emisión de radiación se realiza cada tres meses. Esta estrategia busca minimizar la acumulación de dosis en los trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOE), contribuyendo a la protección radiológica. Además, la rotación favorece el aprendizaje continuo, ya que permite al personal familiarizarse con distintas áreas del servicio y actualizarse en el uso de nuevas tecnologías incorporadas por el hospital.

Mantenimiento de la infraestructura

El mantenimiento de las instalaciones forma parte de un programa estructurado que incluye inspecciones diarias en las distintas áreas del servicio. Estas acciones permiten detectar y corregir oportunamente cualquier desperfecto que pueda afectar la atención a los pacientes. Las actividades programadas se realizan mensualmente e incluyen reparaciones en paredes, puertas y mobiliario. Las necesidades no previstas se atienden de forma inmediata, garantizando la continuidad operativa del servicio.

Mantenimiento preventivo de equipos

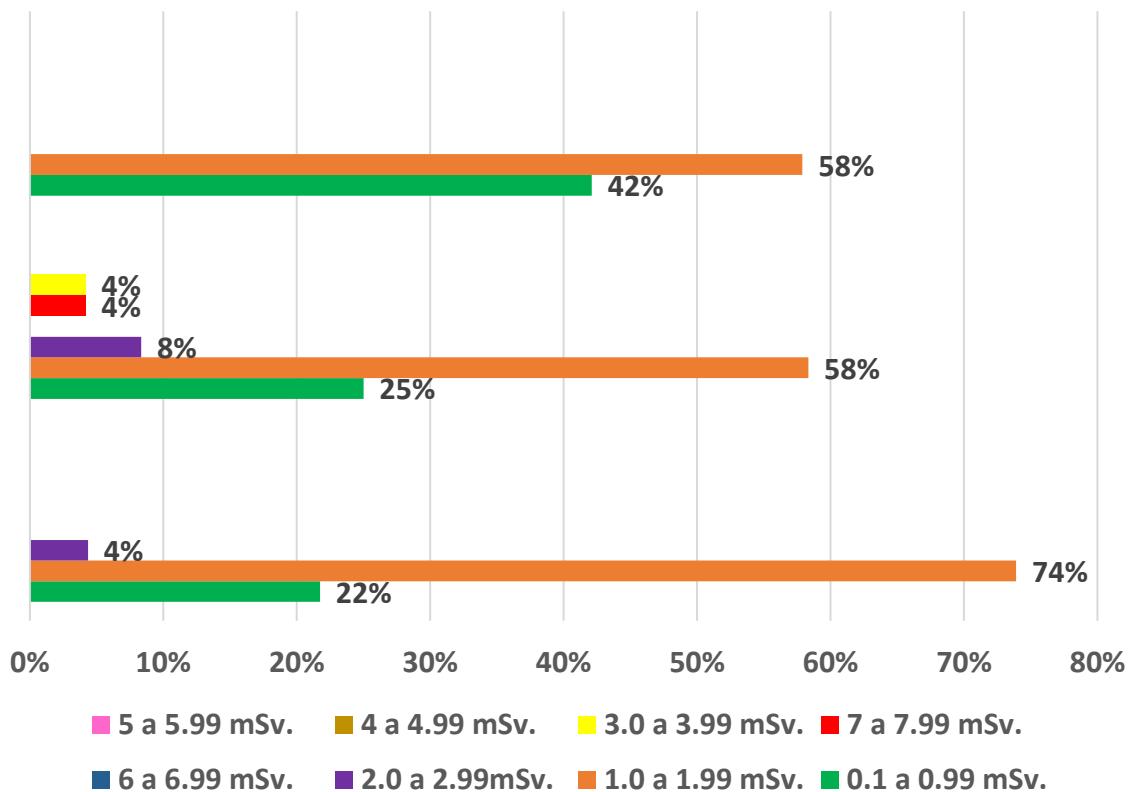
El mantenimiento de los equipos se ejecuta mensualmente en coordinación con el Departamento de Operaciones y servicio y Soporte técnico externo de la empresa Sejiro Yazawa Iwai Nicaragua S.A. (SYINSA). Se presta especial atención a los equipos que emiten radiación ionizante. Estas actividades son supervisadas por el jefe de servicio, jefes de área, el físico médico encargado de protección radiológica y la oficina de calidad, conforme al programa establecido.

Vigilancia y control técnico

Las estrategias de vigilancia incluyen la calibración diaria de los equipos y el uso de listas de verificación (checklists) tanto físicas como digitales, para llevar un control riguroso del mantenimiento. El registro de cada intervención es documentado por el jefe de servicio mediante tarjetas de control, lo que permite asegurar la trazabilidad y el cumplimiento de los protocolos de seguridad.

Control de niveles de radiación

Grafico. 6. Control de niveles de radiación recibida por trabajadores ocupacionalmente expuestos del servicio de imagenología del Hospital Militar Escuela “Dr. Alejandro Dávila Bolaños” en el periodo 2020-2022



Fuente: Base datos de los registros de mediciones dosimétricas

Los niveles de radiación encontrados en los TOE's, fue:

Año 2020: de 0.1 a 0.99 mSv, 22% (5), de 1.0 a 2.99 mSv, 74% (17) y de 2.0 a 2.99 mSv, 4% (1). (Ver anexo 5, Tabla 6)

Año 2021: de 0.1 a 0.99 mSv, 25% (6), de 1.0 a 2.99 mSv, 58% (14), de 2.0 a 2.99 mSv, 8% (2), de 3.0 a 3.99 mSv, % (1) y 5.0 a 5.99 mSv 4% (1).

Año 2022: de 0.1 a 0.99 mSv, 42% (8), de 1.0 a 2.99 mSv, 58% (11)

Los registros dosimétricos muestran que el año con mayor exposición a radiación entre los trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOE) se dieron en el 2021, cuando el 74% recibió dosis en el rango de 1.0 a 2.99 mSv. Aunque este porcentaje fue el más alto del período evaluado, las dosis se mantuvieron por debajo de los límites efectivos máximos establecidos, lo que evidencia una adecuada implementación del protocolo de protección radiológica.

Según el Reglamento Técnico de Protección Contra las Radiaciones Ionizantes (Comisión Nacional de Energía Atómica, 2011), los límites de exposición ocupacional para trabajadores mayores de 18 años son:

- Una dosis efectiva de 20 mSv por año, como promedio en un período de cinco años consecutivos.
- Una dosis máxima de 50 mSv en cualquier año individual.

Los resultados obtenidos en el hospital se encuentran dentro de estos parámetros, lo que refleja un entorno laboral seguro y una gestión responsable del riesgo radiológico.

En contraste, el estudio de Chuco Espinoza (2016), realizado en tecnólogos médicos del servicio de radiología de un hospital nacional en Perú, reportó niveles significativamente más altos de dosimetría efectiva, lo que sugiere diferencias en la aplicación de medidas de protección entre instituciones.

Coordinación con la Comisión Nacional de Energía Atómica (CONEA)

Un elemento importante observado fueron las reuniones de interacción realizadas en el año con la CONEA, cumpliendo así, con el requerimiento de la Comisión Nacional de Energía Atómica de Nicaragua, la que establece a los hospitales, como

a otras instituciones de similar características. Todos los entrevistados expresaron que las reuniones se realizan una vez al año, Dos de ellos agregaron lo siguiente: “Generalmente se realizan reuniones y a la vez cuando se va a renovar licencia hospitalaria” PC2. “Una vez al año y cada vez que toca renovación institucional” PC3.

Los resultados evidencian que los elementos estratégicos del protocolo de prevención de exposición a radiaciones ionizantes han tenido éxito, logrando el objetivo propuesto que era la protección del personal expuesto a radiaciones. Este logro es similar al estudio de Roas Zuniga & Somarriba Vanegas, referente a la implementación de la estrategia nacional de formación y capacitación en seguridad y protección radiológica. (Roas Zuniga y Somarriba Vanegas, 2020).

En el estudio de Morales Barrera & Villarreal Heredia, revela que 7 de la muestra estudiada evidencia una elevada tasa de exposición para terapias de hiperfunción en relación a procedimientos de diagnóstico radiológico (gammagrafías óseas). (Morales Barrera y Villarreal Heredia, Evaluación de los niveles de exposición a la radiación ionizante según los Procedimientos desarrollados en el Personal del Servicio de Medicina Nuclear del Hospital Regional Lambayeque, 2020)

Objetivo 3. Interpretar los elementos de protección radiológica que se destacan en el programa de prevención.

Tabla 2. Elementos de protección radiológica

Descriptor	Dimensión	Categorías	Hallazgos
Elementos de protección radiológica que se destacan en el programa de prevención	Dotación equipos de protección	Chalecos, protector de gónadas	Los equipos de protección Radiológica están en cada una de las áreas donde están los equipos que emite radiación ionizante.
		Protector de tiroides	
		Guantes	Anualmente o en dependencia de la ocurrencia se reponen los equipos que se hayan deteriorado.
		Lentes plomados	
Dotación Dosímetros por recursos al año	Dosímetros	La dotación de dosímetros se realiza desde el ingreso del recurso a nivel individual, uno para cada trabajador del servicio de radiología. Se reemplazan los dosímetros que hayan sido detectado con alguna falla o desperfecto.	
	Programa de educación permanente por año	Capacitaciones realizadas por año	El programa de educación permanente del hospital incorporara cuatro capacitaciones en el año, dos por semestre.

Fuente: Normativa de servicios.

La Tabla. Elementos de protección radiológica, muestra el comportamiento que han tenido estos elementos desde el año 2020 al 2022.

Dotación equipos de protección.

Los equipos de protección fueron habilitados en cada una de las áreas donde estaban los equipos que emite radiación ionizante, dando prioridad: los delantales plomados, chalecos, protector de gónadas, protector de tiroides, guantes y lentes plomados.

El proceso de suministro se hacía anualmente en dependencia del estado del equipo, reemplazando los equipos que se van deteriorado, en este particular las autoridades asumen una responsabilidad más que excelente al gestionar la inmediata reposición de los EPP dañados.

Dotación de densímetros.

Los dosímetros se asignaban de manera personal, a cada uno de los trabajadores se le asignaba individualmente, desde su ingreso al servicio, el cual debía ser portado por el trabajador y al final de la jornada lo guarda dentro de la institución en un área donde no hubiera radiación. En caso de desperfecto o que se le haya deteriorado se les reemplazaba registrando al trabajador el código del nuevo dosímetro.

Programas de Capacitación educación permanente.

Las capacitaciones se incorporan en el programa de educación permanente del hospital, considerando dos sesiones al año, una por semestre, dirigidas exclusivamente a protección radiológica, consecuentemente se desarrollaban dos sesiones en modalidad de charlas a fin de que se empoderarlos del tema, considerando la importancia de la protección radiológica, tema sensible para todos,

Las sesiones eran organizadas en grupos pequeños de manera que los que salían del turno de la noche se integraran con el grupo que estaba de día, hasta cubrir a todos los trabajadores, con el propósito que no se quedara ninguno sin capacitar.

Se estima que el hospital ha cumplido satisfactoriamente con los parámetros establecidos en el protocolo de prevención radiológica, abarcando aspectos personales, laborales y del entorno clínico. No se han registrado accidentes relacionados con exposición a radiación en el servicio, lo que evidencia una gestión efectiva del riesgo.

Este resultado se atribuye, en parte, a la incorporación de equipos de tecnología avanzada, adquiridos en los últimos años, que permiten ajustar parámetros técnicos según el tipo de estudio. Además, disponen de sistemas de bloqueo automático, diseñados para prevenir el uso indebido o responder ante cualquier eventualidad, fortaleciendo así la seguridad tanto del personal como de los pacientes.

A nivel global, el uso de EPP es considerado de vital importancia para proteger la mayor parte de todo el cuerpo contra los peligros en el lugar de trabajo, como en el caso de exposición a la radiación, el equipamiento de protección incluye delantales plomados, protectores de tiroides, gafas protectoras y guantes. (Resolución ministerial relativa a las sanciones adoptadas por incumplimiento a las disposiciones del uso de los equipos de protección personal., 2000).

Objetivo 4. Establecer los efectos protectores de la implementación del protocolo en la salud del personal ocupacionalmente expuesto

Respecto a la historia clínica relacionada a eventos por exposición a radiaciones ionizantes.

Se identificó que el Personal Ocupacionalmente Expuesto (POE) contaba con sus respectivos cheques médicos registrados en el expediente clínico, sin evidencias de afectaciones en su estado de salud. El hallazgo refleja el compromiso institucional con el cumplimiento del protocolo de prevención y de las normativas nacionales e internacionales que regulan la protección radiológica.

Los resultado son congruente con lo planteado por Hernández Piñero y Pernalete Ruiz (2017), quienes destacan la importancia de cumplir con lo establecido en las normas COVENIN 2018-1, 218-2, 2258, 2259, 2274 y 2497, las cuales exigen que todo personal ocupacionalmente expuesto reciba vigilancia médica continua, cuente con protección adecuada y esté informado sobre los límites anuales de dosis de radiación.

Patologías identificadas asociadas a exposición de radiaciones ionizantes.

En la revisión de exámenes de control realizados a los TOE's, no reflejan evidencia de afección por exposición a radiación, los exámenes de piel, cabello, quemaduras, síntomas de cáncer o algún síndrome de radiación aguda sin ningún signo, todos presentaban resultados normales.

El estudio de Izaguirre Beckley (2018) no guarda correspondencia directa con los hallazgos del presente análisis, ya que se centró en las manifestaciones clínicas reportadas por el personal médico del departamento de anestesiología en los quirófanos No. 1, 5 y 6. Entre los síntomas más frecuentes se identificaron: fatiga, palidez, anorexia y náuseas.

Sin embargo, el estudio concluye que no existe una relación directa entre el nivel de exposición a radiación y la aparición de síntomas específicos, lo que sugiere que otros factores podrían estar influyendo en estas manifestaciones clínicas, como el entorno laboral, la carga de trabajo o condiciones individuales de salud.

Estado de salud de los técnicos de rayos X.

En general, el personal del servicio de radiología presenta un estado de salud física y mental, lo cual se relaciona, en parte, con el hecho de que la mayoría son trabajadores jóvenes. No se han identificado afectaciones asociadas a la exposición ocupacional, lo que respalda la efectividad del protocolo de protección radiológica implementado en el hospital.

Este resultado refleja los frutos del esfuerzo institucional en la aplicación del Manual de Seguridad y Protección Radiológica del servicio de imagenología, el cual establece medidas preventivas rigurosas para garantizar la seguridad del personal (Hospital Militar Escuela “Dr. Alejandro Dávila Bolaños”, 2022).

IX. CONCLUSIONES

El objetivo del estudio fue evaluar los procesos desarrollados en la implementación del protocolo de protección a radiaciones ionizantes en los trabajadores ocupacionalmente expuestos del área de rayos X del Hospital, en el cual se destacaron:

1. Las características socio laborales de los trabajadores en su mayoría eran jóvenes, en los que predominaban las mujeres, con formación elevada de técnicos y una parte significativa de médicos radiólogos, con 10 años de laborar en el hospital, habiendo recibido cuatro capacitaciones anuales en protección a radiaciones ionizantes en los años estudiados.
2. Los elementos estratégicos del protocolo de prevención de exposición a radiaciones ionizantes evidenciaron que han tenido éxito, entre las principales actividades de la estrategia; demostrando la efectiva rotación del personal en las áreas más susceptible a radiación, se daba cumplimiento al programa de mantenimiento de infraestructura y equipos radiológicos con supervisión de personal clave del hospital, vigilancia y SYINSA, como parte del soporte técnico.

Resalto la vigilancia y el seguimiento en el área de radiología en todas las actividades, principalmente la calibración de los equipos, efectuadas por jefe de área, el físico médico, el encargado de protección radiológica y la oficina de calidad, teniendo como prioridad las reuniones anuales con la CONEA, dentro de los elementos de la certificación de los procesos a cumplir por el hospital. Las mediciones dosimétricas se cumplían en su totalidad, los resultados obtenidos estaban por debajo de las dosis efectivas máximas, la más alta que se observó fue entre 1.0 a 2.99 mSv.

3. Los elementos de protección radiológica del programa de prevención constaban de la dotación de EPP en cada una de las áreas, el suministro de dosímetros desde el ingreso del personal y un programa anual de capacitación permanente.

Los equipos de protección Radiológica eran habilitados en cada una de las áreas donde están los equipos que emite radiación ionizante, anualmente o en dependencia de la ocurrencia se renovaban los equipos dañados, incluyendo los dosímetros. El programa de educación permanente contenía cuatro sesiones; dos capitaciones y dos charlas en el año.

4. Los efectos protectores de la implementación del protocolo de protección en la salud del personal expuesto, se vio reflejado en la negativa afectación en los trabajadores, ningún accidente de exposición, puesto que los equipos del servicio son de tecnología de punta que cuentan con parámetros numéricos, disponen de botones para bloquear el equipo en caso alguna ocurrencia de desperfecto.

X. RECOMENDACIONES

Considerando los resultados obtenidos en el proceso de aplicación del protocolo de protección a radiaciones ionizantes, es importante continuar con las estrategias y la actualización del Manual de Seguridad y Protección Radiológica del servicio de Imagenología del hospital Militar Escuela “Dr. Alejandro Dávila bolaños”.

Se recomienda a la jefatura del hospital dar continuidad al presente estudio, a fin de profundizar en los elementos que no se lograron individualizar en el presente estudio.

XI. BIBLIOGRAFIA

- Asamblea Nacional de Nicaragua. (Julio de 2007).
C:/Users/Gateway/Downloads/Ley618Nic.pdf.
- B., G. P. (2001). *Radiaciones ionizantes, normas de protección*. Madrid, ESpaña: NTP.614.
- Chuco Espinoza, S. L. (2016). Valores de dosimetría efectiva y equivalente de tecnólogos médicos que laboran en el servicio de radiología. Hospital Nacional PNP “Luis N. Sáenz”. Peru.
- Comision Internacional de Proteccion Radiologica ICRP. (s.f.). Las recomendaciones 2007 de la Comision Internacional de Protección Radiologica. España, Madrid: Senda Editorial S.A. <https://doi.org/ISBN: 978-84-691-5410-G>
- Comision Nacional de Energia Atómica. (Octubre de 2011). Reglamento Técnico de Protección Contra las Radiaciones Ionizantes. Managua, Nicaragua.
- Consejo de Seguridad Nuclear. (2010). *La protección radiológica en el medio Sanitario*. Madrid, España: Consejo de Seguridad Nuclear.
- Cueva Viteri, R. (2008). *Vigilancia medica en trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes*. Maestria, Seguridad, Salud y medio Ambiente, Universidad San Francisco de Quito, Ecuador; Universidad de Huelva, España.
- Gadea, P. B. (2001). *Radioaciones Ionizantes, Normas de Protección*. Madrid, España: NTP. 614.
- Gallegos Díaz , Eduardo. (2010). *Riesgos por exposicion a radiaciones ionizantes*. Estudio, Escuela Tecnica Superior de Ingenieros Industriales, Madrid.
Retrieved 2003, from <http://www.ingenieroambiental.com>
- Hernandez Pinero, A. J., & Pernalete Ruiz, M. E. (2017). Leucemia Ocupacional, Importancia de la Prevencion.
- Hospital Militar Escuela “Dr. Alejandro Dávila Bolaños”. (Julio de 2022). Manual de Seguridad y Proteccion Raiodologica del Servicio de Imagenología. Managua, Nicaragua.
- isastur. (2010). Manual de Seguridad.
http://www.carreteros.org/legislaciona/seguridad/rd773_97/articulos/articulo_7.htm
- Izaguirre Beckley, A. J. (2018). Exposicion a Radiaciones ilonizantes en el personal medico del departamento de Anestesiologia. Guatemala.
- J., A. (2010). *La protección radiológica en el medio sanitario*. Madrid, España: Consejo de Seguridad Nuclear.

- J., Arranz. (2010). *La protección radiológica en el medio sanitario*. Madrid. España: Consejo de Seguridad Nuclear.
- Jay R. Parikh, R. A. (2016). Posibles efectos de la radiación en los radiólogos. *American Journal of Roentgenology*, 208.
<https://doi.org/10.2214/AJR.16.17212>
- La Gaceta Diario Oficial de Nicaragua, Ley 618. Ley General de Higiene y Seguridad del Trabajo. (2007). LEY GENERAL DE HIGIENE Y SEGURIDAD DEL TRABAJO. *LEY GENERAL DE HIGIENE Y SEGURIDAD DEL TRABAJO*. Managua, Nicaragua.
- Lea, D., Gonzalez, E., & Gallardo, J. (1995). PROBLEMAS DE SEGURIDAD RADIODIÁGNASTICA EN BRAQUITERAPIA INTRACAVN ARIA ASOCIADOS A LA TÉCNICA DE CARGA DIFERIDA MANUAL EN VENEZUELA. Venezuela.
- Luna, P. y. (2010). *Medidas básicas de protección radiológica*. México DF.: Instituto Nacional de Cancerología.
- Ministerio del Trabajo. (2008). *Compilación de ley y normativas en materia de Higiene y seguridad del trabajo*. México D:F:: Dirección General de Higiene y Seguridad del Trabajo.
- Molina Paz, Y. N. (2016). CONOCIMIENTOS, ACTITUDES Y PRÁCTICAS SOBRE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL EN LOS TÉCNICOS SUPERIORES DE RAYOS X DEL ÁREA DE IMAGENOLOGÍA DEL HOSPITAL CENTRAL MANAGUA. Managua, Nicaragua.
- Morales Barrera, G., & Villarreal Heredia, O. (2020).
<http://repositorio.udch.edu.pe/handle/UDCH/925>.
- Morales Barrera, G., & Villarreal Heredia, O. H. (2020).
<http://repositorio.udch.edu.pe/handle/UDCH/925>.
- Nuclear, Consejo de Seguridad. (2010). *Manual de procedimientos técnicos Proceso Supervisión y control de II NN y Ciclo*. España.
- Ortiz, A. M. (2020). *Propuesta de Diseño Curricular para el desarrollo de los cursos de Seguridad y Protección Radiológica, para profesionales del área de las radiaciones ionizantes, LAF-RAM UNAN MANAGUA*. Tesis Doctoral, Nicaragua. Retrieved 7 de Marzo de 2023, from
<https://repositorio.unan.edu.ni/>
- Raya, P. (2017). Aportación del Servicio de Protección Radiológica a la seguridad y salud del personal expuesto a radiaciones ionizantes en la Universidad de Córdoba. España.

Resolución ministerial relativa a las sanciones adoptadas por incumplimiento a las disposiciones del uso de los equipos de protección personal. (2000).
Managua, Nicaragua.

Roas Zuniga, N. A., & Somarriba Vanegas, F. I. (2020). *Impacto de la implementación de la Estrategia Nacional de Formacion y capacitacion en seguridad y Protección Radiologica en las organizaciones publicas y privadas que utilizan fuentes de radiaciones ionizantes en Nicaragua. Quinquenio 2015-2020.* Tesis Doctoral, Nicaragua.

Roas Zúniga, N. A., & Somarriba Vanegas, F. I. (2020). Impacto de la implementación de la Estrategia Nacional de Formacion y capacitacion en seguridad y Protección Radiologica en las organizaciones publicas y privadas que utilizan fuentes de radiaciones ionizantes en Nicaragua. Quinquenio 2015-2020. Managua, Nicaragua.

Rugama Ortez, A. (2016). Conocimientos, actitudes y prácticas de la protección radiológica en el personal de salud que labora en el Hospital Escuela Roberto Calderón Gutiérrez de la ciudad de Managua. Managua, Nicaragua.

WHO. (2020). (<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-health-effects-and-protective-measures>

ANEXOS

ANEXO 1. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Objetivo 1: Caracterizar social y laboralmente al personal técnico ocupacionalmente expuesto a radiaciones ionizantes del área de rayos X.

Dimensiones	Variable	Indicador	Definición Operacional	Valores	Escala
Características socio laborales	Edad	% según grupo atareo	Edad de la población al momento del levantamiento de los datos.	Años	Ordinal
	Sexo	% según sexo.	Condición anatomofisiología que diferencia al hombre de la mujer de la población en estudio.	Hombre Mujer	Dicotómica
	Nivel Académico	% según grado académico	Grado académico obtenido en Radiología, de la población en estudio.	Especialidad Medico Radiólogo Licenciado Técnico Auxiliar	Nominal
	Antigüedad laboral	% según años de laborar	Tiempo de laborar en el área de imagenología al momento del levantamiento de los datos.	>5 años. 6 a 10 11 a 15 16. 20 21 a más	Ordinal

Dimensiones	Variable	Indicador	Definición Operacional	Valores	Escala
	Capacitaciones recibidas	% capacitaciones	Capacitaciones en temas de prevención a la exposición de Radiaciones Ionizantes	Anualmente Menos de un año Mas de un año Nunca	Nominal
	Hijos	% de hijos	Número de hijos que tiene la población en estudio	Mas de 5 4 – 3 2 – 1 Ninguno	Ordinal
	Dosimetrías	% dosimetrías	Historial de registro dosimétrico en la vida laboral de la población expuesta en estudio.	Cantidad mensual cantidad anual	Ordinal

Objetivo 2. Identificar los elementos estratégicos del protocolo de prevención de exposición a radiaciones ionizantes en el personal ocupacionalmente expuesto.

Dimensión	Categorías	Indicador	Definición Operacional	Valores	Escala
Elementos estratégicos del protocolo de prevención de exposición a radiaciones ionizantes	Rotación preventiva de personal.	% rotación.	Numero de rotaciones realizadas de la población en estudio según periodicidad en el programa de rotación preventiva.	Mensual Trimestral Semestral Anual Nunca	Nominal
	Mantenimiento de la estructura física.	% según actividades de mantenimiento	Número de actividades de mantenimiento de la estructura física relacionadas con la seguridad radiológica	Mensual Trimestral Semestral Anual Nunca	Nominal
	Mantenimiento preventivo periódico de equipos.	% según actividades de mantenimiento.	Actividades de mantenimiento preventivo de los equipos, relacionados con la seguridad radiológica	Mensual Trimestral Semestral Anual Nunca	Ordinal
	Control de niveles de radiación recibida en las personas	% según resultados de mediciones de densíómetros	Resultados comparativos por año de acuerdo al límite de dosis efectiva para trabajadores expuestos 100 mSv durante todo período de cinco años oficiales	50 mSv 100 mSv 150 mSv 500 mSv	Ordinal

Dimensión	Categorías	Indicador	Definición Operacional	Valores	Escala
			consecutivos, dosis efectiva máxima de 50 mSv en cualquier año oficial. Cristalino 150 mSv por año oficial. Límite piel será de 500 mSv por año oficial. Manos, antebrazos, pies y tobillos será de 500 mSv por año oficial		
	Coordinación la Comisión nacional de energía atómica (CONEA)	# de actividades realizadas con la CONEA	Actividades realizadas en coordinación con la CONEA por año	Actividades por año	Ordinal

Objetivo 3: Interpretar los elementos de protección radiológica que se destacan en el programa de prevención.

Dimensión	Descriptor	Categorías	Personal clave
Elementos de protección radiológica	Dotación de equipos protección personal.	Gabachas Guantes Mascarillas Lentes protectores	Administración Jefatura radiología
	Dotación de densitómetros.	Dosímetros por año por trabajador	Jefatura radiología
	Programas de Capacitación educación permanente.	Numero de capacitaciones realizadas	Jefatura radiología

Objetivo 4: Establecer los efectos protectores de la implementación del protocolo en la salud del personal ocupacionalmente expuesto.

Dimensión	Descriptores	Categorías	Personal Calve
Efectos protectores de la implementación del protocolo en la salud del personal ocupacionalmente expuesto.	Historia clínica relacionada a eventos por exposición a radiaciones ionizantes.	Piel cabello Quemaduras Síntomas de cáncer Síndrome de radiación aguda	Trabajadores
	Patologías identificadas relacionadas a exposición de radiaciones ionizantes.	Piel cabello Quemaduras Síntomas de cáncer Síndrome de radiación aguda	Trabajadores
	Estado de salud actual de este personal	Condición de salud.	Trabajadores

ANEXO 2. INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS

Instrumento 1. ENCUESTA



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua
Centro de Investigaciones y Estudios de la Salud
Escuela de Salud Pública
CIES UNAN-MANAGUA



Investigación Doctoral sobre “Protocolos de Protección a Radiación Ionizante en Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos (TOE’s) del Hospital Militar Escuela “Dr. Alejandro Dávila bolaños” Managua 2020-2022”

ENCUESTA

CODIGO

1. Edad en años cumplidos: _____

2. Marque con una x el sexo al que pertenece: Hombre Mujer

3. Marcar con una x el nivel máximo de estudio alcanzado.
Especialidad Medico Radiólogo Licenciado
Técnico Auxiliar

4. Indicar el rango de años laborados en el área de Radiología, según se indica a continuación:
menos de 5 años. 6 a 10 años 11 a 15 años
16 a 20 años 21 años a más

5. Indique la periodicidad de capacitaciones recibidas en los últimos cinco años, de acuerdo a las siguientes aseveraciones:

Anualmente _____

Menos de un año _____

Mas de un año _____

Nunca _____

6. Seleccione el rango de acuerdo a la cantidad de hijos que tiene actualmente.

Mas de 5 4 – 3 2 – 1 Ninguno

Tabla de registro dosimétrico realizado en la vida laboral del personal que labora en el área de radiología en los años 2020 al 2022

Periodo Cantidad	2020	2021	2022
Mediciones mensuales			
Mediciones anuales			

INSTRUMENTO 2. ENTREVISTAS PERSONAL CLAVE



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua
Centro de Investigaciones y Estudios de la Salud
Escuela de Salud Pública
CIES UNAN-MANAGUA



ENTREVISTAS A PERSONAL DE JEFATURA DEL SERVICIO, ADMINISTRACION Y SERVICIOS GENERALES

Buenos días/tardes estimados, mi nombre es Kenya Mercedes Tercero Robleto, laboro en este hospital y estoy realizando un trabajo de investigación de fines académicos, con el objetivo de “**Analizar la implementación del protocolo de prevención en la salud por efectos de la exposición a radiaciones ionizantes en los trabajadores ocupacionalmente expuestos del área de rayos x del, Hospital Militar Escuela “Dr. Alejandro Dávila Bolaños” del período 2020-2022**”.

Agradeceré el tiempo que me brinden en esta conversación. Sus respuestas serán muy valiosas y de un gran aporte para el hospital. Importante mencionar que esta conversación es totalmente anónima para que se sienta con toda la libertad y confianza de expresar sus pensamientos o sentimientos.

1. ¿Cuáles son las funciones de su puesto relacionado a imagenología?
2. ¿Cuál es su apreciación sobre la importancia del programa de prevención y protección radiológica?
3. ¿Cómo valora el aporte de la capacitación, los equipos de protección y la vigilancia en la protección y prevención de los TOE's?
4. ¿Se les comunica a los TOE's los resultados de las dosimetrías efectuadas?

5. ¿Con que periodicidad se realizan las actividades de mantenimiento de infraestructura y equipos de radiología?
6. ¿Qué sugerencia puede brindar para mejorar las acciones de protección y prevención radiológica en el hospital?

Instrumento 3. FICHA DE RECOLECCION DE INFORMACION

			2020	2021	2022
Elementos de protección radiológica	Dotación equipos de protección	Delantales plomados.			
		Guantes			
		Lentes plomados			
	Dotación Dosímetros por recursos al año	Dosímetros			
	Programa de educación permanente por año	Capacitaciones realizadas según programa por año.			

Instrumento 4. DATOS EXPEDIENTE CLÍNICO

1. Efectos de exposición a radiaciones ionizantes de la población en estudio.

Efectos por año	2020	2021	2022
Piel			
cabello			
Quemaduras			
Síntomas de cáncer			
Síndrome de radiación aguda			

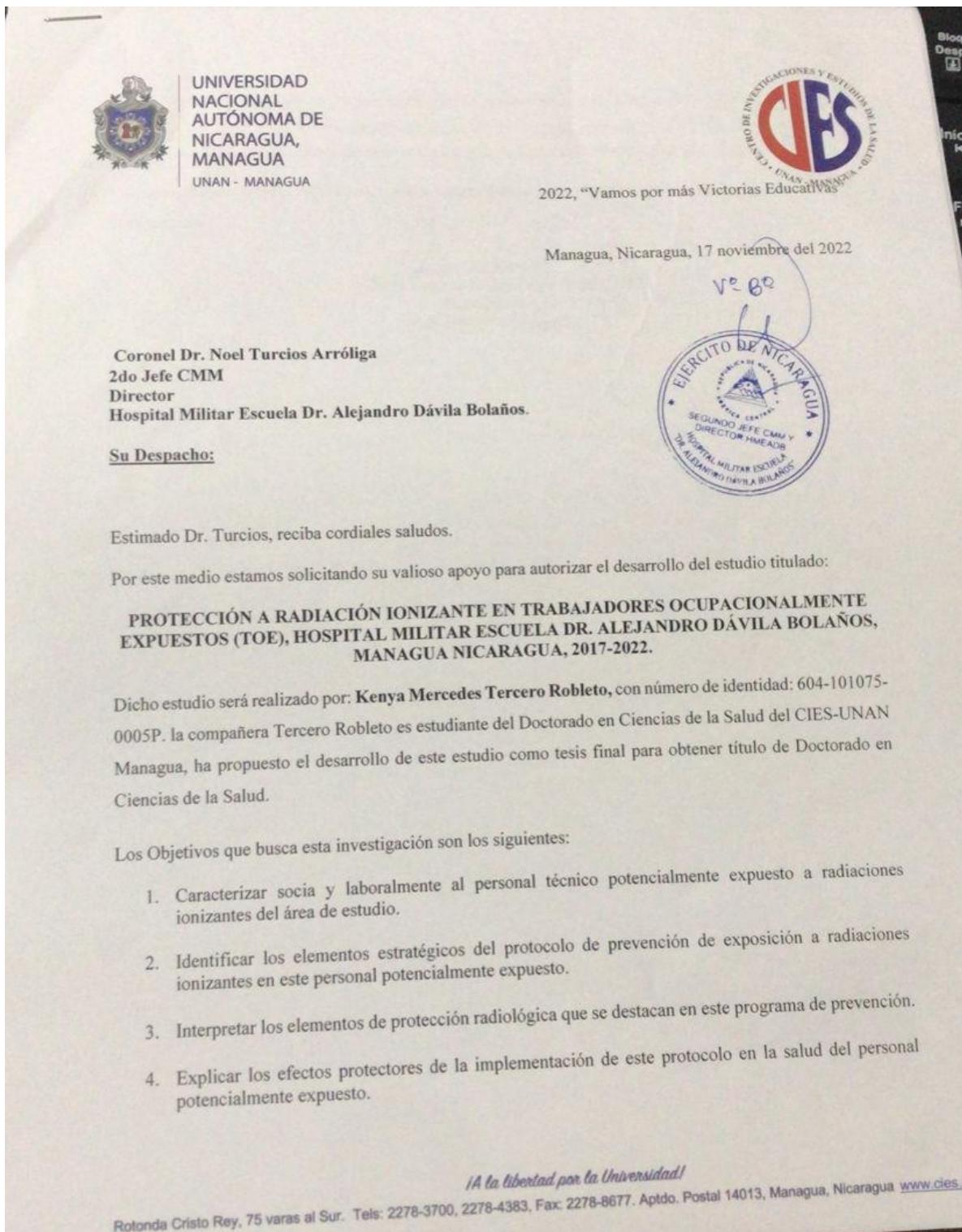
2. Datos del Diagnósticos clínicos del personal en estudio.

Diagnóstico por año	2020	2021	2022
Piel			
cabello			
Quemaduras			
Síntomas de cáncer			
Síndrome de radiación aguda			

3. Estado de salud de la población en estudio de acuerdo a chequeo realizado en el periodo investigado.

Diagnóstico por año	2020	2021	2022
Resultado dosimétrico			
Signos			
EGO			
BHC			
TSH			
Esparmatograma			
EKG			
Examen físico			

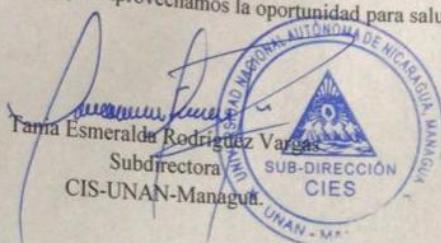
ANEXO 3. CARTA DE AUTORIZACION



Cualquier información adicional a esta investigación puede constatarnos a los teléfonos (505) 22783688 o 22783700. Ext. 8510 o al correo electrónico sergio.gutierrez@cies.unan.edu.ni con PhD. Sergio Gutiérrez Coordinador del programa del doctorado en Ciencias de la Salud del CIES UNAN- Managua.

Agradeciendo de antemano su valioso apoyo. Aprovechamos la oportunidad para saludarle.

Atentamente;



Cc. Archivo.



ANEXO 4. CONSENTIMIENTO INFORMADO



**Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua
Centro de Investigaciones y Estudios de la Salud
Escuela de Salud Pública
CIES UNAN-MANAGUA**



Protocolos de protección a radiación ionizante en trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOE), Hospital Militar Escuela “Dr. Alejandro Dávila Bolaños”, Managua Nicaragua, 2020-2022.

He sido invitado por a participar en el estudio de investigación sobre **“Protección a radiación ionizante en trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOE’s) del Hospital Militar Escuela “Dr. Alejandro Dávila Bolaños”, Managua Nicaragua, 2020-2022”**.

Se ha explicado el propósito e interés del estudio; la información solicitada en la encuesta contiene algunos datos personales y del ámbito laboral la cual será muy valiosa y se manejara con ética y profesionalismo, no se mencionarán nombre de los participantes, estas serán codificadas usando un número de identificación, por lo tanto, serán anónimas.

Considerando de gran valor el aporte que se pueda hacer a la investigación con la información que sea suministrada por mi persona, la cual será manejada de manera confidencial, utilizando código únicamente en vez de mi nombre, y que el interés del estudio es académico y sin ningún otro propósito, entendiendo con claridad la información presentada, acepto participar y **firmar** de manera **libre y voluntaria** el **Consentimiento Informado** para responder las preguntas del estudio.

Dado en la ciudad de Managua, Nicaragua a los ____ días del mes de _____ del 202_____.

Firma del participante

Firma del investigador

ANEXO 5. TABLAS Y GRAFICOS

Tabla 1. Edad de trabajadores ocupacionalmente expuestos del servicios de imagenología hospitalaria.

años	frecuencia	porcentaje
20 a 25 años	2	6%
26 a 30 años	7	20%
31 a 35 años	10	29%
36 a 40 años	5	14%
41 a 45 años	4	11%
46 a 50 años	3	9%
más de 51 años	4	11%
TOTAL	35	100%

Tabla 2. Sexo de trabajadores ocupacionalmente expuestos del servicios de imagenología hospitalaria.

Sexo	frecuencia	porcentaje
Hombre	17	49%
Mujer	18	51%
Total	35	100%

Tabla 3. Formación de trabajadores ocupacionalmente expuestos del servicios de imagenología hospitalaria.

Formación	frecuencia	porcentaje
Medico Radiólogo	12	34%
Licenciatura	5	14%
Técnico	17	49%
Enfermera Especialista Radiología	1	3%
Tota.	35	100%

Tabla 4. Años de laborar de trabajadores ocupacionalmente expuestos del servicios de imagenología hospitalaria.

años laborar	frecuencia	porcentaje
1 a 5 años	4	11%
6 a 10 años	18	51%
11 a 15 años	4	11%
16 a 20 años	5	14%
más de 21 años	3	9%
Menos de 1 año	1	3%
Total	35	100%

Tabla 5. Capacitaciones recibidas por trabajadores ocupacionalmente expuestos del servicio de imagenología hospitalaria.

Capacitacion es	frecuenc ia	porcenta je	2021	porcenta je	2022	porcenta je
			frecuenc ia	frecuenc ia	frecuenc ia	
1 a 2 anuales	10	29%	13	37%	16	46%
3 a 4 anuales	25	71%	22	63%	19	54%
total	35	100%	35	100%	35	100%

Tabla 6. Niveles de radiación recibida por los TOE's.

Acumulada Anual mSv	frecuencia	porcentaje	frecuencia	porcentaje	frecuencia	porcentaje
	2020		2021		2022	
0.1 a 0.99 mSv.	5	22%	6	25%	8	42%
1.0 a 1.99 mSv.	17	74%	14	58%	11	58%
2.0 a 2.99mSv.	1	4%	2	8%		
3.0 a 3.99 mSv.			1	4%		
4 a 4.99 mSv.						
5 a 5.99 mSv.						
6 a 6.99 mSv.						
7 a 7.99 mSv.			1	4%		
8 a más mSv.						
Total	23	100%	24.00	100%	19	100%

ENTREVISTAS PERSONAL CLAVE

1. ¿Se hace rotación del personal que labora el área de radiología, cada cuanto se realiza?
2. ¿Se realizan actividades de mantenimiento de infraestructura del área de radiología? ¿Cada cuanto se hacen?
3. ¿Se realizan actividades de mantenimiento preventivo en los equipos de Imagenología que emiten radiación ionizante, con qué periodicidad se efectúan?
4. ¿Qué actividades de vigilancia se realizan en las áreas donde hay equipos que emiten radiación ionizante del servicio de Imagenología y quien les da seguimiento?
5. ¿Cuántas reuniones se realizan por año con la CONEA?

Estrategias del protocolo de prevención de exposición a radiaciones ionizantes en TOE's

Pregunt 1. as	2.	3.	4.	5
PC-1	Se realiza rotación trimestral en las áreas donde se emite más dosis de radiación.	Diariamente se realiza recorrido en las distintas áreas de servicio con el objetivo de detectar algún daño, a su vez normalmente se programa mantenimiento o de infraestructura como en	mensualmente se programan los mantenimientos a los servicios, coordinando con operaciones y servicio, así como con CANON se realiza	se calibran los equipos diariamente se realiza check list en físico y digital, así como es llevar control en tarjeta de mantenimiento de cada equipo. Supervisa jefe de servicios,

Pregunt 1. as	2.	3.	4.	5
	puertas, sillas, etc.	programaci ón	jefes de áreas medico	
PC-2	Si se realiza rotación, cada 3 meses	Se realiza mantenimiento mensuales y a vez cada que surge una necesidad de reparación de infraestructura de unidad	se realiza mantenimiento por parte del personal de soporte técnico de CAUNRN con supervisión del personal de operaciones y servicio de la institución.	Se calibran los equipos y se realiza llenado de check list, también se llena control de tarjetas de mantenimiento de los equipos, siendo registrado por jefe de servicio, jefe de área, medio B.P.R. y calidad
PC-3	Si, esto se realiza cada tres meses	Si, estos se realizan de forma mensual con Se realizan recorridos por las áreas para revisar la	Mensualmente se efectúan los mantenimientos por parte del personal de CANON, según lo	Se realiza calibración de los equipos Se lleva control de tarjetas de mantenimiento Se lleva check list de mantenimiento

Pregunt 1. as	2.	3.	4.	5	
	infraestructura .	establecido bajo programaci ón previa.	Estas actividades son supervisadas por la jefatura de servicio,		
PC-4	La rotación del personal se lleva a cabo de manera trimestral, evitando así mucha acumulació n de dosis de radiación, permitiendo también el dominio de todos los equipos.	Se realiza mantenimiento preventivo y recorrido diario en todas las áreas de tal manera que se reporta de inmediato cualquier daño encontrado para su reparación.	Si, mensualmente con programación previa coordinada por parte del proveedor de equipos (CANON) y operaciones y servicios.	Las actividades realizadas son supervisadas por el jefe de servicios, jefe de área, Físico - Medico, encargado de protección radiológica y oficina de calidad, Lo que son check list en físico y digital y calibración de equipos.	Si, se realiza reunión una vez al año.

Pregunt 1. as	2.	3.	4.	5	
PC-5	Cada tres meses se rota al personal, evitando mucha acumulación de dosis.	Sí, a su vez se realizan recorridos rutinarios diario en las áreas para identificar temprano daños de infraestructura .Los mantenimientos son mensuales.	Mensualmente se realizan mantenimiento a todo los equipos, se realiza bajo programación previa, coordinada entre el proveedor y la institución (operación y servicio)	Actividades como check list en físico y en digital, calibración de los equipos. Supervisa jefatura, físico médico, EPR, jefes de áreas y calidad.	Una vez al año.
PC-6	Si se realiza rotación, trimestral de áreas donde se emite más dosis de radiación.	Si, diariamente se realiza recorrido en las distintas áreas del servicio con el objetivo de detectar algún daño, a su vez mensualmente se programa mantenimiento	Mensualmente se programan los mantenimientos a los equipos, coordinando con operaciones y servicio, así como con CANON	Se calibran los equipos diariamente, se realiza check list en físico y digital, así como se lleva control en tarjetas de mantenimiento de cada equipo. Supervisa jefe de servicios,	Una vez al año.

Pregunt 1. as	2.	3.	4.	5
	o de infraestructura como es puertas sillas, etc.	se realiza programaci ón.	jefes de áreas, servicio m dico, encargado de protecci n radiol gica y calidad.	
PC-7	Si trimestralmente se rota al personal evitando exceso de radiaci n.	Si, se realiza mantenimiento, pero tambi n preventivos diariamente se realiza revisi n de las distintas areas y ante cualquier da o se reporta inmediatamente.	S i, los mantenimientos preventivos son realizados cada mes con una programaci n realizada y coordinada por operaciones de servicios.	realizaci n de check list en f sico. Calibraci n diaria de los equipos. Supervisa jefe de servicios, jefes de areas, f sico m dico y oficina de calidad.

Pregunt 1. as	2.	3.	4.	5
PC-8	Si, la rotación es cada 3 meses permitiendo así la actualizació n continua del personal con los equipos y también evitar altas dosis de radiación al mismo personal.	Si, mensualmente se realizan reparaciones de paredes, así puertas, así como diariamente si se presenta un daño es reparado de manera inmediata.	Si, de manera mensual cumpliendo un calendario previamente programado por el personal de CANON y de la misma forma.	Calibración de equipos, realización y llenado de check list, supervisa jefe de servicio, jefes de áreas y oficina de calidad de la institución.

Dotación de equipos Medios de Protección Radiológica.

Descriptor	Dimensión	Categorías	Observaciones
Elementos de protección radiológica que se destacan en el programa de prevención	Dotación equipos de protección	chalecos, protector de gónadas	Los equipos de protección Radiológica están en cada una de las áreas donde están los equipos que emite radiación ionizante.
		Protector de tiroides	
		Guantes	Anualmente o en dependencia de la ocurrencia se reponen los equipos que se hayan deteriorado.
Elementos de protección radiológica que se destacan en el programa de prevención	Dotación Dosímetros por recursos al año	Dosímetros	La dotación de dosímetros se realiza desde el ingreso del recurso a nivel individual, uno para cada trabajador del servicio de radiología. Se reemplazan los dosímetros que se hayan sido detectado con alguna falla o desperfecto.
	Programa de educación permanente por año	Capacitaciones realizadas según programa por año.	El programa de educación permanente del hospital incorporara dos capacitaciones en el año, una por semestre y dos charlas.

Elementos de protección radiológica

			2020	2021	2022
Elementos de protección radiológica	Dotación equipos de protección	Delantales plomados.	Se reponen los dañados	Se reponen los dañados	Se reponen los dañados
		Guantes	Se reponen los dañados	Se reponen los dañados	Se reponen los dañados
		Lentes plomados	Se reponen los dañados	Se reponen los dañados	Se reponen los dañados
	Dotación Dosímetros por recursos al año	Dosímetros	Va en dependencia de los ingresos de los colaboradores.	Va en dependencia de los ingresos de los colaboradores	Va en dependencia de los ingresos de los colaboradores
	Programa de educación permanente por año	Capacitaciones realizadas según programa por año.	cuatro	cuatro	cuatro

Efectos de exposición a radiaciones ionizantes en TOE's

Efectos por año	2020	2021	2022
Piel	Ninguna	Ninguna	Ninguna
cabello	Ninguna	Ninguna	Ninguna
Quemaduras	Ninguna	Ninguna	Ninguna
Síntomas de cáncer	Ninguna	Ninguna	Ninguna
Síndrome de radiación aguda	Ninguna	Ninguna	Ninguna

Diagnósticos clínicos de los TOE's.

Diagnóstico por año	2020	2021	2022
Piel	Ninguna	Ninguna	Ninguna
cabello	Ninguna	Ninguna	Ninguna
Quemaduras	Ninguna	Ninguna	Ninguna
Síntomas de cáncer	Ninguna	Ninguna	Ninguna
Síndrome de radiación aguda	Ninguna	Ninguna	Ninguna

Estado de salud de los TOE's.

Diagnóstico por año	2020	2021	2022
Resultado dosimétrico	Normal	Normal	Normal
Signos	Normal	Normal	Normal
EGO	Normal	Normal	Normal
BHC	Normal	Normal	Normal
TSH	Normal	Normal	Normal
Esparmatograma	Normal	Normal	Normal
EKG	Normal	Normal	Normal
Examen físico	Normal	Normal	Normal