



Sistema de vigilancia epidemiológica para el riesgo por exposición a radiaciones ionizantes en el personal de una empresa de suministro y mantenimiento de equipos de rayos X, en las sedes de Colombia.

Epidemiological Surveillance System for Risk Due to Exposure to Ionizing Radiation in Personnel of a Company Supplying and Maintaining X-Ray Equipment at Sites in Colombia

Leidy Katherine Mendez Cristancho

Monografía presentada para optar al título de Especialista en Seguridad y Salud en el Trabajo

Asesor

Hernán Darío Sepúlveda Díaz, Magíster (MSc) en Salud Ocupacional

Universidad de Antioquia
Facultad Nacional de Salud Pública Héctor Abad Gómez
Especialización en Seguridad y Salud en el Trabajo
Medellín, Antioquia, Colombia

2024

Cita	Mendez Cristancho (1)
Referencia	(1) Mendez Cristancho. Sistema de vigilancia epidemiológica para el riesgo por exposición a radiaciones ionizantes en el personal de una empresa de suministro y mantenimiento de equipos de rayos X, en las sedes de Colombia. [Trabajo de grado especialización]. Medellín, Colombia. Universidad de Antioquia; 2024.
Estilo Vancouver/ICMJE (2018)	



Especialización en Seguridad y Salud en el Trabajo, Cohorte XXX.



Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: Jhon Jairo Arboleda.

Decano: Edwin Ronaldo González Marulanda.

Jefe departamento: Luz Mery Mejía Ortega.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Tabla de contenido

Resumen	7
Introducción	9
1 Planteamiento del problema	11
2 Justificación	14
3 Objetivos.....	15
3.1 Objetivo general	15
3.2 Objetivos específicos	15
4 Contribución Social.....	16
5 Dimensión Ética.....	17
6 Marco Institucional.....	18
7 Marco Normativo	20
7. 1. Organizaciones Internacionales	20
7.2 Entidades Especificas	20
8 Marco teórico.....	23
8.1 Sistemas de vigilancia epidemiológica.....	23
8.1.1 Atributos del sistema de vigilancia epidemiológica	23
8.1.2 Subsistemas del sistema de vigilancia epidemiológica	24
8.1.2.1 Vigilancia en las personas	24
8.1.2.2 Vigilancia en las fuentes	25
8.1.2.2 Vigilancia en el medio	25
8.2 Radiaciones Ionizantes	25
8.2.1 Rayos X	26
8.2.2. Efectos Biológicos por exposición a radiaciones ionizantes	26
8.2.2.1. Efectos deterministas.....	26

8.2.2.1. Efectos estocásticos	27
8.2.3 Dosis y limites permisibles	27
8.2.4 Sistemas de medición y control.....	28
9 Metodología.....	29
10 Resultados.....	30
11 Discusión	31
12 Conclusiones	32
13 Recomendaciones.....	33
Referencias	34
Anexos	35

Lista de tablas

Tabla 1 <i>Vigilancia a las fuentes</i>	35
Tabla 2. <i>Controles médicos y de laboratorio</i>	37
Tabla 3. <i>Capacitación, inducción y entrenamiento</i>	41
Tabla 4. <i>Equipo de protección personal plomados</i>	42
Tabla 5 <i>Dosimetría personal</i>	43
Tabla 6 <i>Indicadores de gestión</i>	44
Tabla 7 <i>Alertas de gestión</i>	46
Tabla 8 <i>Vigilancia al medio</i>	47
Tabla 9 <i>Medidas de intervención</i>	50

Siglas, acrónimos y abreviaturas

ARCSA	Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria
AIEA	Agencia Internacional de Energía Atómica
ARPANSA	Agencia de Protección Radiológica
CNEA	Comisión Nacional de Energía Atómica
CNR	Comisión Reguladora Nuclear
CSN	Consejo de Seguridad Nuclear
HSE	Health and Safety Executive
ICRP	Comisión Internacional de Protección Radiológica
MSc	Magister Scientiae
NRC	Nuclear Regulatory Commission
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
OMS	Organización Mundial de la Salud
SIVERI	Sistema de vigilancia epidemiológica para el factor de riesgo radiaciones ionizantes
SVE	Sistema de vigilancia epidemiológica
UAEAC	Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil

Resumen

Los sistemas de vigilancia epidemiológica son elementales para prevenir los diferentes problemas de salud que se puedan presentar en la población. En el ámbito laboral permiten analizar las condiciones de trabajo y de salud a las cuales están expuestos los trabajadores, interviniendo de modo eficaz y oportuno su estado de salud, disminuyendo de esta manera, los factores de riesgo presentes, mejorando las condiciones en las cuales interactúan los trabajadores y aumentando la productividad de las organizaciones. **Objetivo:** Diseñar un sistema de vigilancia epidemiológica para el riesgo por exposición a radiaciones ionizantes en el personal de una empresa de suministro y mantenimiento de equipos de rayos X, en las sedes de Colombia. **Métodos:** A partir de revisión documental, definiciones y casos de estudio de vigilancia se definen los objetos del sistema de vigilancia epidemiológica, las premisas, los atributos, características y los subsistemas. Se tuvieron en cuenta los lineamientos planteados en el Sistema de vigilancia epidemiológica para el factor de riesgo radiaciones ionizantes (SIVERI). **Resultados:** El sistema de vigilancia epidemiológica para el riesgo por exposición a radiaciones ionizantes se estructuró bajo los subsistemas de vigilancias a las personas, a las fuentes y el medio. **Conclusiones:** Se presenta el diseño del sistema de vigilancia epidemiológica para el riesgo de radiaciones ionizantes en el personal de una empresa de suministro y mantenimiento de equipos de rayos X como herramienta de trabajo para promover el bienestar integral de los trabajadores y proteger la salud de los trabajadores.

Palabras clave: Radiaciones ionizantes, protección radiológica, salud, vigilancia epidemiológica, rayos x, dosimetría, seguridad y salud en el trabajo, aeropuertos, puerto, Colombia.

Abstract

Epidemiological surveillance systems are essential for preventing various health issues that may arise in the population. In the workplace, they allow for the analysis of working conditions and health to which workers are exposed, intervening effectively and timely in their health status, thereby reducing present risk factors, improving the conditions under which workers interact, and increasing organizational productivity. Objective: To design an epidemiological surveillance system for the risk of exposure to ionizing radiation for the personnel of a company supplying and maintaining X-ray equipment in its Colombian branches. Methods: Based on document review, definitions, and case studies of surveillance, the objects of the epidemiological surveillance system, premises, attributes, characteristics, and subsystems are defined. The guidelines proposed in the Epidemiological Surveillance System for the Ionizing Radiation Risk Factor (SIVERI) were taken into account. Results: The epidemiological surveillance system for the risk of exposure to ionizing radiation was structured under the subsystems of surveillance for people, sources, and the environment. Conclusions: The design of the epidemiological surveillance system for the risk of ionizing radiation in the personnel of a company supplying and maintaining X-ray equipment is presented as a work tool to promote the overall well-being of workers and protect workers' health.

Keywords: Ionizing radiation, radiological protection, health, epidemiological surveillance, X-rays, dosimetry, occupational safety and health, airports, ports, Colombia.

Introducción

En el marco de los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo, los sistemas de vigilancia epidemiológica juegan un papel fundamental para la identificación, análisis y control de riesgos laborales. Esta herramienta es esencial en todos los sectores y cobra un rol principal cuando los trabajadores están expuestos a factores de riesgo que generan un impacto negativo a la salud, como es el caso de las radiaciones ionizantes en la industria de mantenimiento de equipos de rayos X.

Las radiaciones ionizantes representan un riesgo significativo para la salud de los trabajadores laboralmente expuestos, debido a sus potenciales efectos nocivos a corto, mediano y largo plazo. Entre estos efectos se pueden presentar daños celulares, aumento del riesgo de cáncer y otras enfermedades degenerativas. Por lo tanto, la implementación de un sistema de vigilancia epidemiológica específico para este tipo de exposición es crucial para proteger la salud y el bienestar de los trabajadores.

En Colombia, la industria de mantenimiento de equipos de rayos X desempeña un papel esencial en la prestación de servicios de seguridad aeroportuaria y portuaria, asegurando que los equipos de detección estén en condiciones óptimas de funcionamiento. Sin embargo, esta actividad incluye riesgos inherentes debido a la manipulación de equipos que emiten radiaciones ionizantes. Por ello, resulta indispensable diseñar un sistema de vigilancia epidemiológica que permita monitorear de manera permanente la salud de los trabajadores expuestos, identificar oportunamente posibles afecciones y aplicar medidas correctivas inmediatas.

El objetivo de este trabajo es diseñar un Sistema de Vigilancia Epidemiológica (SVE) para gestionar el riesgo por exposición a radiaciones ionizantes en el personal de una empresa dedicada al suministro y mantenimiento de equipos de rayos X, con sedes en Colombia. Este sistema no solo buscará detectar y evaluar los riesgos de manera proactiva, sino también implementar estrategias de mitigación y promoción de la salud que aseguren un entorno laboral seguro y saludable.

Con el diseño de este sistema de vigilancia epidemiológica, se espera promover el bienestar integral del personal, reducir la incidencia de enfermedades relacionadas con la exposición a radiaciones ionizantes y, en última instancia, mejorar la productividad y sostenibilidad de la organización. Este trabajo de monografía servirá como guía para la creación e implementación de sistemas de vigilancia similares en otras industrias y regiones, contribuyendo así al fortalecimiento de la seguridad y salud en el trabajo en Colombia.

1 Planteamiento del problema

Las preguntas que motivan el desarrollo del presente estudio son: ¿Cómo son los niveles de exposición a radiaciones ionizantes en el personal de una empresa de mantenimiento de equipos de rayos X?, ¿Qué riesgos a la salud se asocian a la exposición a radiaciones ionizantes? y ¿Qué medidas de control se han implementado? ¿Qué estrategias de prevención a diferentes niveles se pueden implementar?

Según la OMS (1) las condiciones sociales, económicas, demográficas, ambientales en las cuales se desenvuelve una persona influyen en su estado de salud. Sin embargo, el trabajo ha sido considerado uno de los determinantes más relevantes en las condiciones de vida y salud de las personas, siendo este, un componente en la vida cotidiana adulta, un suministro vital para la dignidad humana y la satisfacción de necesidades personales y colectivas. Por ende, las condiciones de trabajo se transforman en condiciones de salud, si las personas experimentan condiciones positivas los efectos a la salud son favorables, por el contrario, si sus condiciones son negativas los efectos a la salud son perjudiciales.

Así mismo, las empresas, el gobierno, los trabajadores y la sociedad en general deben contar con condiciones de seguridad idóneas y ajustadas al logro de cada propósito planteado, de igual forma, con un sistema que promueva la promoción y prevenga las enfermedades. La seguridad y salud en el trabajo es esencial para fomentar entornos laborales positivos, productivos y sostenibles, además, del cumplimiento normativo y legal, en Colombia y el mundo, se busca brindar estabilidad física, mental y social a los trabajadores, salvaguardándolos de manera integral.

En los sistemas de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo se considera primordial el diseño e implementación de un sistema de vigilancia epidemiológica para la prevención de los problemas de salud enfocado en los riesgos prioritarios que se deriven del desarrollo del trabajo. La vigilancia epidemiológica es un proceso primordial para prevenir las diversas afecciones de la salud a nivel global, generando un foco importante en la salud de la fuerza trabajadora, recolectando de manera sistemática los datos, uno de los usos claves de los SVE son observar continua y permanentemente todos los factores que influyen en el comportamiento del riesgo versus la enfermedad, para llevar

a cabo esto se parte del análisis de los riesgos, recolección y análisis de datos, interpretación de la información y por ultimo el planteamiento de medidas de intervención.

La empresa del estudio en mención está establecida en Colombia, se dedica al suministro y mantenimiento de puentes aeroportuarios, equipos de rayos x, equipos de seguridad, puertas electrónicas y sistemas móviles de transporte. Uno de los riesgos prioritarios es la exposición a radiaciones ionizantes. Aunque las radiaciones ionizantes proporcionan grandes beneficios a la humanidad a nivel industrial en cuanto a su uso eficaz al momento de detectar mercancías peligrosas o nocivas para la salud. Del mismo modo, el uso inapropiado de las mismas puede acarrear un riesgo para la salud del trabajador por elevada exposición y falta de controles, con la consecuente probabilidad de producir enfermedades como cataratas, cáncer, tumores cerebrales, hipotiroidismo, anemia, leucopenia, fibrosis pulmonar, quemaduras, esterilidad, afecciones cardiacas, trastornos neurológicos y del sistema nervioso central y hasta la muerte.

Dicha probabilidad depende directamente de la dosis absorbida, la tasa de dosis, la calidad de la radiación el tejido irradiado y otros factores relacionados como la edad; los cuales desencadenan la aparición de ciertos efectos biológicos que pueden ser relativamente inmediatos o manifestarse posteriormente. Es importante tener en cuenta que la exposición a radiaciones ionizantes debe mantenerse dentro de límites seguros y regulados para minimizar estos efectos. Actualmente la empresa del estudio no cuenta con un sistema de vigilancia epidemiológica para el factor de riesgo radiaciones ionizantes, lo cual imposibilita que se cumplan los parámetros de protección radiológica. Es necesario el diseño de un sistema de vigilancia epidemiológica para el factor de radiaciones ionizantes para garantizar que la exposición se mantenga en niveles seguros tanto para el personal como para el público en general.

Antecedentes

La exposición a radiaciones ionizantes ha sido una problemática continua en el ámbito de seguridad y salud en el trabajo debido a sus perjudiciales y potenciales efectos adversos a la salud, incluyendo cáncer, daños genéticos, cataratas, tumores cerebrales, hipotiroidismo, anemia, leucopenia, fibrosis pulmonar, quemaduras, esterilidad, afecciones cardiacas, trastornos neurológicos y del sistema nervioso central y hasta la

muerte. Entidades internacionales como la OMS, ICRP, CNR, entre otras han manifestado la importancia de implementar sistemas de vigilancia epidemiológica para monitorear y mitigar estos riesgos en los trabajadores laboralmente expuestos, enfocándose en la detección oportuna de los efectos nocivos para la salud y permitiendo intervenciones oportunas que protejan el bienestar integral del trabajador y permita que mantenga o mejore su calidad de vida.

En Colombia se desarrolló el SIVERI “Sistema Vigilancia Epidemiológica para expuestos a Radiaciones Ionizantes” una herramienta de trabajo para las industrias del sector público y/o privado que cuenten con trabajadores laboralmente expuestos a radiaciones ionizantes con el fin de facilitar el control de este factor de riesgo (2).

2 Justificación

Desde su descubrimiento, la aplicabilidad de las radiaciones ionizantes ha aumentado considerablemente, desde el uso en medicina, industrial y agricultura hasta hacer parte de la investigación y docencia. En la parte industrial como los aeropuertos o puertos se pueden usar la capacidad de las radiaciones como detector de seguridad y escaneo mediante rayos x. Del mismo modo, la exposición de los seres vivos a radiaciones ionizantes puede generar efectos adversos a la salud.

La empresa del presente estudio se dedica al suministro y mantenimiento de equipos de seguridad aeroportuaria y portuaria; el personal de mantenimiento de la empresa se ve expuesto a radiaciones ionizantes debido a la rutina de mantenimiento preventivo y correctivo que les realiza a los equipos de rayos X. Por ende, es importante y necesario diseñar un sistema de vigilancia epidemiológico para el factor de riesgo por exposición a radiaciones ionizantes, ya que, permitirá estudiar las condiciones en las cuales se desarrollan este tipo de actividades y dar cumplimiento al sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo.

Al mismo tiempo, los sistemas de vigilancia epidemiológica brindan información necesaria y exacta para tomar decisiones y proponer oportunidades de mejora para mantener y salvaguardar un estado óptimo de salud de los trabajadores. Controlar, monitorear y evaluar continuamente las condiciones de riesgo dentro de la organización permite proyectar a los trabajadores un ambiente de bienestar, gestión y cuidado por parte de la alta gerencia y todas las partes interesadas.

Genera de la misma forma, mayor productividad al tener trabajadores sanos, con bajo nivel de ausentismo, una disminución en la ocurrencia de accidentes laborales relacionados con el riesgo de exposición a radiaciones ionizantes y menor prevalencia de enfermedades generadas por dicha exposición. Las condiciones de trabajo positivas determinaran un estado de salud benéfico para los trabajadores y con él un impacto social positivo. Puesto que, el impacto secundario se irradia a las familias de las cuales son parte estos trabajadores y su entorno ambiental y social.

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

Diseñar el Sistema de vigilancia epidemiológica para el riesgo por exposición a radiaciones ionizantes en el personal de una empresa de suministro y mantenimiento de equipos de rayos X, en las sedes de Colombia.

3.2 Objetivos específicos

Definir los subsistemas que permitan recolectar, analizar e interpretar información para el riesgo por exposición a radiaciones ionizantes

Definir indicadores y alertas que permitan activar las medidas de prevención y control en la persona y el ambiente

Diseñar el sistema de vigilancia epidemiológica

4 Contribución Social

Salvaguardar la salud de las personas y protegerlas de los riesgos asociados con la exposición a radiaciones ionizantes. El diseño del sistema de vigilancia epidemiológica por exposición a radiaciones ionizantes esta dirigido a una empresa de suministro y mantenimiento de equipo de rayos x y su enfoque radica en:

Prevención de riesgos para la salud: El sistema ayuda a identificar y mitigar los riesgos de exposición a radiaciones ionizantes, lo que reduce la probabilidad de efectos adversos para la salud.

Monitoreo de exposiciones laborales: Protege a los trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes al garantizar que sus niveles de exposición estén dentro de los límites de seguridad establecidos.

Concientización de los trabajadores: Informa a la población de trabajadores sobre los riesgos y las medidas de protección relacionadas con la radiación ionizante, promoviendo una mayor conciencia y educación sobre el tema.

5 Dimensión Ética

Los estudios relacionados inmersos en el campo de la salud humana deben alinearse con las “Normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud” (3), establecidas en la resolución No. 008430 de 1993 del Ministerio de Salud. El presente estudio tuvo como fin el diseño de un sistema de vigilancia epidemiológica para el riesgo por exposición a radiaciones ionizantes en el personal de una empresa de suministro y mantenimiento de equipos de rayos X, en las sedes de Colombia, se cumplieron todos los aspectos éticos orientados a la protección de la dignidad, los derechos y el bienestar de cada persona que hace parte del sistema de vigilancia.

6 Marco Institucional

La empresa del actual estudio es de origen internacional, cuenta con Ingenieros especializados en el área con más de 20 años de experiencia. El objetivo de la empresa es dominar el mercado Latinoamericano y seguir penetrando el mercado Global a través de altos estándares de calidad orientados al servicio. El COR de la compañía está enfocada en brindar soluciones tecnológicas innovadoras de equipos especializados para aeropuertos, puertos o industrias que requieran automatizar y controlar sus procesos de inspección.

Adicional se ofertan los servicios de suministro y mantenimiento de equipos de seguridad. Han participado en la modernización y ampliación de aeropuertos como: Guayaquil, Haití, Quito, Curacao, Luxemburgo, Yerevan (Armenia), Panamá, Kingston, Praga, Menorca, Cam Ranh (Vietnam), Entebe (Uganda), Brisbane (Australia), San José de Costa Rica, Puerto Vallarta, México D.F., entre otros.

La era de la globalización ha ocasionado una exigencia en el mercado, impulsando la mejora continua de los procesos, la competitividad enfocada en la reducción de costos de operación e incremento de la eficiencia de los equipos. El compromiso de la empresa es permanente, enfocado en la satisfacción de los diferentes clientes. Por ejemplo: La inspección con equipos de rayos X desempeña un papel crucial en la seguridad aeroportuaria y portuaria en Colombia y en todo el mundo. Su importancia radica en varios aspectos fundamentales:

Detección de objetos prohibidos: Los equipos de rayos X permiten identificar objetos y sustancias prohibidas, como armas, explosivos, drogas y otros dispositivos peligrosos, que podrían representar una amenaza para la seguridad aeroportuaria.

Prevención de actos terroristas: La inspección con rayos X ayuda a prevenir actos de terrorismo y secuestro aéreo al detectar potenciales amenazas antes de que lleguen a bordo de aeronaves.

Protección de pasajeros y tripulación: La detección temprana de amenazas a la seguridad permite tomar medidas para proteger a los pasajeros y la tripulación, garantizando un entorno más seguro en el aeropuerto y en los vuelos.

Cumplimiento de regulaciones internacionales: Colombia, al igual que otros países, está sujeta a regulaciones y estándares internacionales en materia de seguridad aeroportuaria. La inspección con rayos X es un componente clave para cumplir con estas normativas, como las establecidas por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), la Administración de Seguridad del Transporte de los Estados Unidos (TSA) y la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (UAEAC):

Facilitación del tráfico aéreo: Aunque la seguridad es la prioridad, la inspección con rayos X también contribuye a la eficiencia y la agilidad en el proceso de embarque y desembarque, al permitir la detección de amenazas sin necesidad de revisar minuciosamente cada pasajero o equipaje.

Disuasión de actividades ilícitas: La presencia visible de equipos de rayos X y la amenaza de ser inspeccionado disuaden a individuos con intenciones maliciosas de intentar actos ilícitos en el aeropuerto.

Protección de la infraestructura crítica: Los aeropuertos son infraestructuras críticas que deben ser protegidas para garantizar la continuidad de los servicios de transporte aéreo y el comercio internacional.

Mejora de la percepción de seguridad: La presencia y el uso de equipos de rayos X en los aeropuertos pueden aumentar la percepción de seguridad de los pasajeros y el personal, lo que contribuye a un ambiente más tranquilo y confiable.

Por ende, la empresa se ha enfocado en prestar el servicio de mantenimiento de los equipos de seguridad en aeropuertos y puertos entendiendo que, la inspección con equipos de rayos X ayuda a detectar y prevenir amenazas, mantener el cumplimiento de regulaciones y proporcionar un entorno más seguro y eficiente para los viajeros y la comunidad aeroportuaria.

De igual modo, presta el servicio de mantenimiento a puentes de abordaje, puertas electrónicas y sistemas de bandas transportadoras en Aeropuerto Internacional Camilo Daza, Aeropuerto internacional Palonegro, Aeropuerto Internacional Almirante Padilla, Aeropuerto Internacional Simón Bolívar, Aeropuerto Alfonso López Pumarejo, Aeropuerto Yariguíes y Aeropuerto Internacional Ernesto Cortissoz. El horario laboral del personal de mantenimiento varía de acuerdo con el sitio de trabajo y las necesidades de cada cliente.

7 Marco Normativo

La regulación de radiaciones ionizantes en el mundo se lleva a cabo a través de diversas entidades gubernamentales y organismos internacionales. Estas organizaciones establecen normativas y directrices para garantizar el uso seguro de las radiaciones ionizantes y conforme a estándares de protección radiológica en campos como la medicina, la industria y la investigación. A continuación, se mencionan algunas de las entidades más relevantes:

7. 1. Organizaciones Internacionales

Organización Mundial de la Salud (OMS): La OMS proporciona orientación y apoyo técnico en temas de salud relacionados con las radiaciones ionizantes. Colabora con otras organizaciones internacionales para desarrollar estándares y directrices.

Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP): La ICRP es una entidad independiente que emite recomendaciones sobre protección radiológica. Sus directrices influyen en las normativas nacionales e internacionales.

Agencia Internacional de Energía Atómica (AIEA): La AIEA, parte de las Naciones Unidas, promueve el uso seguro y pacífico de la energía nuclear. Desarrolla estándares y brinda asistencia técnica en temas de seguridad nuclear.

Consejo de Seguridad Nuclear (CSN): A nivel europeo, el CSN contribuye a la regulación y supervisión de la seguridad nuclear y la protección radiológica.

7.2 Entidades Específicas

Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA): En varios países, como Argentina, la CNEA regula y supervisa las actividades nucleares, incluyendo la protección radiológica.

Agencia de Protección Radiológica (ARPANSA): En Australia, ARPANSA es la agencia gubernamental responsable de la protección radiológica y la seguridad nuclear.

Nuclear Regulatory Commission (NRC): En los Estados Unidos, la NRC regula la seguridad nuclear y la protección radiológica, emitiendo normativas y otorgando licencias.

Health and Safety Executive (HSE): En el Reino Unido, la HSE juega un papel importante en la regulación de la seguridad nuclear y la protección radiológica.

Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA): En Ecuador, ARCSA tiene un rol en la regulación y control de la radioprotección en el ámbito de la salud.

La normatividad de protección radiológica en Colombia se basa en regulaciones y directrices emitidas por la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (UAEAC) y el Ministerio de Salud y Protección Social, así como en el cumplimiento de estándares internacionales relacionados con la radioprotección. Algunas de las normativas y regulaciones clave orientadas a protección radiológica y al diseño e implementación de los sistemas de vigilancia epidemiológica son:

Ley 9 de 1979: Esta ley establece que es función del Ministerio de Salud proteger a la población contra los riesgos causados por la radiación, y que deben adoptar todas las medidas necesarias para garantizar la protección de la salud y seguridad de las personas (4).

Ley 1562 de 2012 (Ley de Riesgos Laborales): Esta ley establece el Sistema de Riesgos Laborales en Colombia y regula la prevención, identificación, evaluación y control de los factores de riesgo que puedan afectar la salud de los trabajadores (5).

Decreto 1072 de 2015 (Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo): Este decreto reglamenta, entre otros aspectos, la salud ocupacional y la seguridad en el trabajo. Específicamente, en el Título 2, Capítulo 6, se aborda la vigilancia epidemiológica (6).

Resolución 0312 de 2019 (Por la cual se adopta el formato único de inspección, vigilancia y control del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo): Esta resolución establece los criterios e indicadores para la inspección, vigilancia y control de los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo, incluyendo aspectos epidemiológicos (7).

Resolución 0482 de 2018: En esta resolución se reglamenta el uso de equipos generadores de radiación ionizante, su control de calidad, la prestación de servicios de protección radiológica y se dictan otras disposiciones (8).

Normativa de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (UAEAC): La UAEAC emite regulaciones específicas para la protección radiológica en la aviación, incluyendo la regulación de la exposición a radiaciones ionizantes en la operación de equipos de rayos X en aeropuertos y a bordo de aeronaves.

Directrices de la Comisión Reguladora Nuclear (CNR): La CNR emite directrices y regulaciones relacionadas con la seguridad radiológica en Colombia, especialmente en aplicaciones industriales y de investigación que involucran radiaciones ionizantes.

Regulaciones de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI): Colombia sigue las regulaciones de la OACI en lo que respecta a la protección radiológica en la aviación civil, incluyendo la inspección y seguridad de equipos de rayos X utilizados en aeropuertos.

Convenio sobre la Protección Física de Materiales Nucleares y sus Protocolos Complementarios: Colombia es parte de este convenio internacional, que establece regulaciones para la protección de materiales nucleares y radiológicos utilizados en aplicaciones civiles.

8 Marco teórico

8.1 Sistemas de vigilancia epidemiológica

Los sistemas de vigilancia epidemiológico son una herramienta esencial dentro de los Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud en el trabajo, puesto que, la recolección continua de los datos inherentes al estado de salud, su análisis e interpretación para definir estrategias de prevención o mecanismos de intervención hacen que esta herramienta permiten el monitoreo continuo de enfermedades y accidentes laborales según el factor de riesgo a estudiar, permitiendo tener control de los factores o variables que potencializan o desencadenan una enfermedad (9).

La implementación de los sistemas de vigilancia epidemiológica permite dar cumplimiento normativo según las regulaciones establecidas, previenen enfermedades y accidentes laborales en relación del riesgo, controla enfermedades, proporciona bienestar integral a cada uno los integrantes expuestos a diferentes tipos de riesgos, inherente a ello ayuda a la mejora del clima laboral y la productividad de las organizaciones, ya que, al velar por la salud de cada individuo existe un alto interés en proporcionar calidad de vida laboral y con ello proyectarla a los entornos sociales.

8.1.1 Atributos del sistema de vigilancia epidemiológica

Los atributos principales de los sistemas de vigilancia epidemiológica deben ser (10):

Continua y Sistemática: La recolección de datos debe ser constante y sistemática para garantizar la detección precoz de cambios en los patrones de enfermedades.

Sensibilidad: La capacidad del sistema para identificar todos los casos de una enfermedad o evento de salud de interés, incluyendo aquellos que son mínimos.

Especificidad: La habilidad para distinguir entre los casos verdaderos de una enfermedad y aquellos que no lo son.

Representatividad: Los datos recolectados deben proyectar la situación de salud de la población objetivo, reduciendo los sesgos.

Oportunidad: La información debe ser recolectada, analizada y difundida en un tiempo oportuno para permitir una respuesta rápida y efectiva.

Simplicidad: El diseño del sistema debe ser sencillo para facilitar su operación y manejo, manteniendo la calidad de los datos.

Flexibilidad: La capacidad para adaptarse a nuevas situaciones de salud, enfermedades emergentes o cambios en las necesidades de información.

Aceptabilidad: El grado en que los individuos y organizaciones involucradas en la recolección y reporte de datos están preparados a participar en el sistema.

Validez: La precisión de los datos recolectados en términos de veracidad y confiabilidad.

Costo-efectividad: El sistema debe ser viable y factible, asegurando que los recursos invertidos generen un retorno benéfico en la salud de los trabajadores y la productividad de la empresa.

Capacidad de respuesta: La habilidad para implementar inmediatamente medidas de control y prevención basadas en la información analizada.

Confidencialidad: Protección de la privacidad y confidencialidad de los datos recolectados (datos personales).

8.1.2 Subsistemas del sistema de vigilancia epidemiológica

8.1.2.1 Vigilancia en las personas

La vigilancia en las personas se centra en recopilación y análisis metodológico de los datos obtenidos en relación con la salud de la población objeto de estudio, se incluyen las enfermedades asociadas al factor de riesgo, encuestas de salud y las alertas para detectar de manera prioritaria alguna alteración en la salud de la población (11). Las estrategias se centran en disminuir la exposición a los riesgos en las personas mediante la concientización, formación de los trabajadores, uso de elementos de protección y mediciones personales.

Por ejemplo: la vigilancia de las personas frente a la exposición al riesgo de radiaciones ionizantes se enfoca en medidas preventivas y protectoras, esto incluye el uso de equipos de protección para radiación como lo son delantales plomados, protectores de tiroides, protectores de gónadas, entre otros; dosímetros personales, alineación a límites de tasas de dosis efectivas, capacitación, entrenamiento y formación

de protección radiológica para el manejo de radiación, y la vigilancia medica laboral para detectar oportunamente anomalías por exposición a radiaciones ionizantes.

8.1.2.2 Vigilancia en las fuentes

La vigilancia en la fuente se describe como la identificación y monitoreo de los agentes que generan el riesgo (12), esta estrategia busca mitigar o eliminar los riesgos desde el origen, promoviendo la sustitución o el rediseño de equipos o la modificación de la operación o proceso para reducir la segregación de contaminantes. Para las radiaciones ionizantes la vigilancia en la fuente incluye el mantenimiento y calibración adecuada de los equipos emisores, la implementación de barreras que aislen o dispersen la radiación, el inventario de los equipos emisores, ficha técnica y manuales de los fabricantes de equipos.

8.1.2.2 Vigilancia en el medio

La vigilancia en el medio son las medidas diseñadas en el entorno de trabajo para disminuir la exposición a riesgos, por ende, implica la observación y el análisis de factores ambientales relacionados con la fuente generadora de riesgo (13), para el control en el medio por riesgo de exposición a radiaciones ionizantes se realiza el monitoreo de niveles de radiación (dosimetrías ambientales), zonificación de áreas, implementación de sistemas de extracción o ventilación, entre otros.

8.2 Radiaciones Ionizantes

Las radiaciones ionizantes son radiaciones con suficiente energía para ionizar átomos y moléculas, causando daños celulares. La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) define las radiaciones ionizantes como "radiaciones que tienen la capacidad de producir iones directa o indirectamente" (13). La radiación ionizante incluye a las partículas alfa, partículas beta, rayos X y rayos gama. Este tipo de radiación puede desprender electrones de los átomos, creando iones, lo cual puede alterar las estructuras moleculares y celulares, y tiene aplicaciones y riesgos significativos en diferentes campos.

8.2.1 Rayos X

Los rayos X son una forma de radiación electromagnética de alta energía que se utiliza en diferentes sectores como lo son: la medicina, ciencia y sector industrial. Fueron descubiertos por Wilhelm Conrad Röntgen en 1895 y desde entonces ha tenido un campo de aplicación extenso. Según la ICRP, "los rayos X son una forma de radiación electromagnética con alta energía y corta longitud de onda, capaces de atravesar el cuerpo humano y producir imágenes de estructuras internas" (13). Los rayos X son una herramienta fundamental por su capacidad para revelar información oculta y proporcionar diagnósticos y análisis precisos, siempre teniendo en cuenta la importancia de medidas necesarias para velar por el bienestar del personal expuesto.

8.2.2. Efectos Biológicos por exposición a radiaciones ionizantes

La capacidad de los rayos x para efectuar cambios físicos o químicos en el material biológico puede modificar el funcionamiento del cuerpo humano en general (células, órganos, tejidos), generando lesiones o enfermedades que pueden aparecer de manera inmediata, a mediano o a largo plazo. Se debe tener en cuenta que las radiaciones ionizantes tienen una alta capacidad de perjudicar la salud de las personas expuestas, los efectos adversos por exposición a radiaciones ionizantes pueden agruparse en efectos deterministas y los efectos estocásticos:

8.2.2.1. Efectos deterministas

Son aquellos que surgen como resultado de elevadas exposiciones a radiación, que implican daños graves a un elevado número de células y en el cual existe una cantidad mínima de radiación necesaria para producir un efecto, debajo del umbral máximo no se ocasionarán dichos efectos (13). Existen tres tipos de respuesta por parte de las células cuando se encuentran sometidas a radiaciones ionizantes: La primera es la muerte de la célula durante la exposición, afectación divisoria de la célula o dilación en la división de la célula durante un tiempo específico.

Por ejemplo, los efectos deterministas, como quemaduras por radiación, caída del cabello, o cataratas, tienen un umbral de dosis porque estos efectos no se producen hasta

que la dosis alcanza un nivel crítico. Una vez superado este umbral, la severidad del efecto aumenta con la dosis.

8.2.2.1. Efectos estocásticos

Se caracterizan por la razón de que la probabilidad de que ocurra el efecto se atribuye a la dosis de radiación, puesto que, un incremento en la exposición a radiación conlleva a un incremento en la probabilidad de mutación de alguna célula del organismo. Por lo tanto, el impacto y la gravedad de estar expuesto a radiaciones ionizantes depende de aspectos como preexistencia o predisposición genética, el tipo de radiación o las características del personal expuesto. (14)

Los efectos biológicos estocásticos se dividen en dos: Somáticos y hereditarios. Los somáticos se presentan en el individuo expuesto a las radiaciones ionizantes, pueden reflejarse en la aparición de cáncer o tumores. Y, los hereditarios se extienden a la descendencia familiar directa debido a que se pueden presentar mutaciones en las células reproductoras del personal expuesto.

8.2.3 Dosis y límites permisibles

La dosis de radiación se puede medir de varias formas. La primera es la dosis absorbida, esta se usa para evaluar la probabilidad de afectaciones bioquímicas en tejidos específicos, en este caso es la acumulación de energía en el tejido humano como resultado de la exposición a equipos emisores de radiaciones ionizantes. Los rayos x penetran el cuerpo y acumula energía en los diferentes órganos o tejidos internos. La unidad de medición para la dosis absorbida es el miligray (mGy) (15).

La segunda dosis es la equivalente esta se usa para valorar los efectos adversos biológicos esperados a partir de las dosis absorbidas. Se usa para medir impacto que este tipo de radiación en los tejidos irradiados. Y, la tercera es la dosis efectiva, esta se mide en mSv y tiene en cuenta la dosis absorbida por todos los órganos del cuerpo, el daño relativo generado por la exposición a radiación y la sensibilidad de cada órgano.

El límite de dosis efectiva máxima que puede recibir un individuo es de 50 mSv por año. Distribuyéndose de la siguiente manera, todo el organismo 20 mSv (media) y 50

mSv (máximo), cristalino 150 mSv, piel 500 mSv, extremidades 500 mSv en la zona controlada (16)

8.2.4 Sistemas de medición y control

Los sistemas de medición y control de radiaciones ionizantes son indispensables para brindar la seguridad en entornos donde existe exposición a radiaciones ionizantes (17). Estos sistemas permiten monitorear y controlar los niveles de exposición para proteger a los trabajadores. A continuación, se detallan los componentes y tipos de estos sistemas:

Detectores de radiación: son los dispositivos que detectan y miden el nivel de radiación. Los más frecuentes son los dosímetros personales, estos son usados por el personal expuesto para medir la dosis de radiación recibida durante su tiempo de exposición. **Instrumentación de Monitoreo Ambiental:** son los equipos que se usan para medir el nivel de radiación en el entorno. El más común es el dosímetro ambiental este dispositivo se fija en las fuentes o equipos emisores de radiaciones ionizantes.

También se incluyen los protocolos de protección radiológica, las barreras y blindajes, los sistemas de ventilación, la señalización y los controles de acceso, los indicadores de seguimiento y alarmas de alerta definidas, las mediciones medicas laborales, los reportes de mantenimiento y calibración de los equipos,

9 Metodología

La metodología empleada tuvo como objetivo el diseño de un sistema de vigilancia epidemiológica para el riesgo por exposición a radiaciones ionizantes en el personal de una empresa de mantenimiento de equipos de rayos X, en las sedes de Colombia. Se realizó una investigación cualitativa de orden explicativo efectuando la búsqueda en las diferentes bases de datos de Google con los siguientes descriptores: sistemas de vigilancia epidemiológica, radiaciones ionizantes, rayos x, límites permisibles de dosis, efectos biológicos por exposición a radiaciones ionizantes, vigilancia en las personas, el medio y la fuente y sistemas de medición y control.

A partir de las bases de datos se definieron los aspectos importantes que permitieron plantear las definiciones, casos de objeto de vigilancia, los componentes del sistema, las diferentes premisas, los atributos, los subsistemas a vigilar (vigilancia a las personas, al medio y la fuente), indicadores y alertas que permitan activar las medidas de prevención y control de las personas en el ambiente. Se revisó y se tomaron algunos lineamientos establecidos en el SIVERI “Sistema de vigilancia epidemiológica para el factor de riesgo radiaciones ionizantes” para el diseño del sistema de vigilancia.

10 Resultados

El sistema de vigilancia epidemiológica está conformado por los siguientes subsistemas: vigilancia en las personas, vigilancia en la fuente y vigilancia en el medio. En la vigilancia en las personas se ingresan al sistema de vigilancia epidemiológica por exposición a radiaciones ionizantes al personal adscrito al área de mantenimiento que realiza el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos de rayos x y/o trabajadores que presenten condiciones asociados a efectos de las radiaciones

En la vigilancia en las fuentes se vigilarán todos los equipos emisores de radiaciones ionizantes, en este caso, los rayos x asignados al área de mantenimiento. Actualmente la empresa en mención cuenta con siete rayos x. En la vigilancia en el medio se proyectan mediciones dosimétricas ambientales en las áreas de exposición para monitorear continuamente el factor de riesgo.

Se definieron los indicadores y las alertas para el monitoreo eficaz y continuo, permitiendo una intervención oportuna para mitigar riesgos, proteger la salud de los trabajadores y garantizar el cumplimiento de las normativas de seguridad. Así mismo, las medidas de prevención y control incluyendo los controles administrativos, auditorias, análisis de incidentes, reubicación y/o reconversión de mano de obra.

Con la información descrita se presenta el diseño del SVE con énfasis radiaciones ionizantes (ver anexo 1) que permita monitorear y mitigar estos riesgos en los trabajadores laboralmente expuestos, enfocándose en la detección oportuna de los efectos nocivos para la salud y permitiendo intervenciones oportunas que protejan el bienestar integral del trabajador y permita que mantenga o mejore su calidad de vida.

11 Discusión

Para el diseño del sistema de vigilancia epidemiológica se siguieron los lineamientos y la metodología establecida en el SIVERI “Sistema de vigilancia epidemiológica para el factor de riesgo radiaciones ionizantes”, para el presente sistema de ajustaron los indicadores presentados en el documento, puesto que, no se ajustaban al caso de estudio.

12 Conclusiones

La vigilancia integral de las fuentes de radiación, del personal y del medio son esenciales para garantizar una gestión segura y responsable de las radiaciones ionizantes, garantizando que los equipos de rayos X, operen dentro de los límites seguros y no emitan niveles peligrosos de radiación. Minimizando la exposición del personal por fuera de los límites permisibles de exposición a radiación, reduciendo el riesgo de efectos adversos a la salud e identificando oportunamente los mecanismos de intervención.

Los indicadores y alertas son componentes esenciales de un sistema eficaz de gestión de la radiación. Los indicadores proporcionan la información necesaria para evaluar continuamente la seguridad y la efectividad de las medidas de protección, mientras que las alertas garantizan una respuesta rápida y adecuada ante cualquier situación de riesgo.

El sistema de vigilancia epidemiológica para el riesgo por exposición a radiaciones ionizantes en el personal de una empresa de suministro y mantenimiento de equipos de rayos X en Colombia es una herramienta crucial para proteger la salud de los trabajadores. La implementación de medidas de control en la fuente, el medio y las personas, junto con un enfoque en la capacitación y la mejora continua, puede garantizar un entorno laboral seguro y saludable.

13 Recomendaciones

Se recomienda la implementación de mediciones higiénicas en las personas y en el medio: dosimetrías personales y dosimetrías ambientales.

Iniciar la implementación inmediata del sistema de vigilancia epidemiológica diseñado.

Se sugiere iniciar con los exámenes médicos laborales al personal que se encuentra laboralmente expuesto a equipos emisores de radiaciones ionizantes.

Se hace necesario la socialización del sistema de vigilancia epidemiológico diseñado al personal laboralmente expuesto.

Referencias

1. Determinantes Sociales de la Salud. Ginebra: OMS; 2008.
2. Montoya Granados M, Quiceno Villegas L, Gómez Palacio M, Castro González M, Hernández M, Osorio Ospina R, et al. Sistema de vigilancia epidemiológica para el factor de riesgo radiaciones ionizantes. Medellín; 2000.
3. Colombia. Ministerio de Salud. Resolución 8430 de 1993 por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. Bogotá: El ministerio; 1993.
4. Colombia. El Congreso de Colombia. Ley 9 de 1979 por la cual se dictan medidas sanitarias. Diario Oficial, 35308 (Jul. 16 1979).
5. Colombia. El Congreso de Colombia. Ley 1562 de 2012 por la cual se modifica el Sistema de Riesgos Laborales y se dictan otras disposiciones en materia de Salud Ocupacional. Diario Oficial, 48488 (Jul. 11 2012).
6. Colombia. Ministerio de Trabajo. Decreto 1072 de 2015 por el cual se expide el decreto único reglamentario del sector trabajo. Bogotá: El ministerio; 2015.
7. Colombia. Ministerio de Trabajo. Resolución 0312 de 2019 Por la cual se definen los Estándares Mínimos del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo SG-SST. Bogotá: El ministerio; 2019.
8. Colombia. Ministerio de Salud y protección social. Resolución 0482 de 2018 por la cual se reglamenta el uso de equipos generadores de radiación ionizante, su control de calidad, la prestación de servicios de protección radiológica, y se dictan otras disposiciones. Bogotá: El ministerio; 2018.
9. Thacker S, Berkelman R, Stroup D. The science of public health surveillance. *Journal of Public Health Policy* .1989;10:187-203.
10. García Pérez C, Aguilar P. Vigilancia epidemiológica en salud. *Rev. AMC*.2013; Volumen 17: 784-805.
11. Thacker S, Berkelman R, Stroup, D, Brookmeyer R. *Principles and Practice of Public Health Surveillance*. New York: Oxford University Press; 2012.
12. Heymann D. *Control of Communicable Diseases Manual*. Washington: American Public Health Association; 2008.
13. Recomendaciones de 1990 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica ICRP 60; Adelaida 1990 Nov 13-16. Adelaida: Comisión Internacional de Protección Radiológica;1990.
14. UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation). *Sources and Effects of Ionizing Radiation*. UNSCEAR 2000 Report. New York: United Nations; 2000.
15. Dixon R, Ogden K. A field guide to radiation safety terminology. [Acceso 8 May 2017]. Disponible en: http://evtoday.com/pdfs/et0816_F1_Dixon.pdf
16. ICRP. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. *Ann ICRP*. 1991;21(1-3).
17. World Health Organization (WHO). Los sistemas de medición y control de radiaciones ionizantes son indispensables para brindar la seguridad en entornos donde existe exposición a radiaciones ionizantes. Geneva: WHO.

Anexos

Anexo 1. Sistema de vigilancia epidemiológica por exposición a radiaciones ionizantes.

Población Objeto

Comprende todas aquellas personas que debido a sus funciones laborales están potencialmente expuestas a radiaciones ionizantes, en este caso, se incluye dentro del sistema de vigilancia epidemiológica el personal que efectúa el mantenimiento de los equipos de rayos X o trabajadores que presenten condiciones asociadas a efectos de las radiaciones. La exposición laboral comprende todas las dosis recibidas por un trabajador durante las jornadas de trabajo; no se incluyen, por tanto, las dosis debidas a la radiación natural o tratamientos médicos.

En casos de aprendices o estudiantes de 16 a 18 años que reciban formación para un empleo que implique exposición a la radiación, también se consideran como ocupacionalmente expuestos y deberá controlarse su exposición de manera que no se rebasen los límites establecidos para este grupo.

Vigilancias a las fuentes

La vigilancia en las fuentes de emisión de radiaciones ionizantes es un componente, ya que, permite identificar y controlar los niveles de exposición en el lugar de trabajo. Se vigilarán todos los equipos emisores de radiaciones ionizantes, en este caso, los rayos x asignados al área de mantenimiento.

Tabla 1 *Vigilancia a las fuentes*

ITEM	TEMA	OBSERVACIÓN
Identificación de Fuentes de Emisión	Equipos de Rayos X	Industriales
	Instrumentos de medición y calibración	Equipos utilizados para verificar el funcionamiento y la precisión de los dispositivos de rayos X.

Control de Fuentes de Emisión	Blindaje	Uso de barreras físicas para reducir la exposición a la radiación. Esto puede incluir paredes de plomo, cabinas de control y protectores móviles. Depende del nivel de radiación.
	Distancia	Aumentar la distancia entre la fuente de radiación y los trabajadores. La intensidad de la radiación disminuye significativamente con la distancia.
	Tiempo	Limitar el tiempo que los trabajadores pasan cerca de las fuentes de radiación. Menor tiempo de exposición reduce el riesgo de efectos adversos.
Mantenimiento y Calibración de Equipos	Inspecciones periódicas	Hay que asegurar que todos los dispositivos de medición de radiación estén correctamente calibrados según los estándares internacionales.
	Calibración	
	Documentación	Mantener registros detallados de todas las inspecciones,

		mantenimientos y calibraciones realizadas.
Garantía de proveedores	Calidad	Exigir datos de (fabricación, blindaje, certificado de pruebas de escapes y transporte seguro).

Vigilancias a las personas

La vigilancia en las personas que trabajan en entornos donde están expuestas a radiaciones ionizantes es esencial para garantizar su seguridad y salud. Esta vigilancia se enfoca en el monitoreo de la exposición individual, la evaluación de salud regular y la implementación de medidas preventivas y correctivas. Se incluyen dentro del sistema de vigilancia epidemiológica a los trabajadores expuestos laboralmente a equipos emisores de radiación ionizante, en este caso rayos x y a los trabajadores que presenten condiciones asociados a efectos de las radiaciones, ya sean detectados por exámenes médicos efectuados dentro la empresa o por entes de salud externos como las EPS. Se debe tener en cuenta que el límite de dosis efectiva máxima es de 50 mSv por año. Distribuyéndose de la siguiente manera, todo el organismo 20 mSv (media) y 50 mSv (máximo), cristalino 150 mSv, piel 500 mSv, extremidades 500 mSv en la zona controlada.

Tabla 2. *Controles médicos y de laboratorio*

TIPO DE EXAMEN	LABORATORIOS	APTITUD PARA EL CARGO	OBSERVACIONES
	Hemoleucograma, sedimentación y extendido de sangre periférica (tipo V), componentes: Eritrocítico, incluye recuento de	Los trabajadores que se proyecten a realizar actividades netamente de mantenimiento a equipos emisores de radiaciones ionizantes son considerados No aptos si son: Menores de	El examen se realizará antes de exponerse a radiaciones ionizantes. Si es apto con restricciones se

<p>Pre- Ingreso</p>	<p>reticulocitos, leucocitario, plaquetario, hemoglobina, hematocrito, volumen corpuscular medio, hemoglobina corpuscular media, concentración media de hemoglobina corpuscular, urea, creatinina, BUN, bilirrubinas total y directa, fosfatasas alcalinas, espermograma, LH, FSH, T3, T4, TSH.</p>	<p>18 años, mujeres en embarazo o lactantes, personas con nefropatía, hepatopatía, neuropatía central, tuberculosis, dermatitis crónicas.</p> <p>Quienes al hemograma presenten:</p> <p>Leucocitos menores de 4.000 o mayores de 15.000</p> <p>Neutrófilos menores de 2.400</p> <p>Linfocitos menores de 1.000</p> <p>Hematíes menores 3´500.000 o mayores de 5´900.000</p> <p>Reticulocitos más del 2%</p> <p>Variaciones en el recuento de leucocitos, en exámenes repetidos, mayores del 10%.</p> <p>Y se considerará apto con restricciones si en el examen se evidencia alguna alteración médica que lo limitará de</p>	<p>deben reevaluar las tareas con el fin de modificarlas a razón de que no afecten el bienestar laboral del colaborador.</p> <p>El medico laboral que efectuó el examen médico determinara según los resultados obtenidos si el trabajador debe ingresar al sistema de vigilancia epidemiológica.</p>
-------------------------	---	--	---

		algunas actividades asignadas a su cargo.	
Periódico	Hemoleucograma, sedimentación y extendido de sangre periférica (tipo V), componentes: Eritrocítico, incluye recuento de reticulocitos, leucocitario, plaquetario, hemoglobina, hematocrito, volumen corpuscular medio, hemoglobina corpuscular media, concentración media de hemoglobina corpuscular, urea, creatinina, BUN, bilirrubinas total y directa, fosfatasas alcalinas, espermograma, LH, FSH, T3, T4, TSH.	Mujeres en embarazo o lactantes. Personas con nefropatía, hepatopatía, neuropatía central, tuberculosis, dermatitis crónicas. Quienes al hemograma presenten: Leucocitos menores de 4.000 o mayores de 15.000 Neutrófilos menores de 2.400 Linfocitos menores de 1.000 Hematíes menores 3´500.000 o mayores de 5´900.000 Reticulocitos más del 2% Variaciones en el recuento de leucocitos, en exámenes repetidos, mayores del 10%.	El examen se realizará anualmente. Si se presentan alteraciones (neutropenia, leucopenia, trombocitopenia) se retirará al trabajador de la exposición al riesgo y se hará control hematológico a los 25 días. Si transcurrido un mes el análisis hematológico es normal, el trabajador podrá regresar a su sitio de trabajo; de lo contrario deberá mantener separado de la exposición hasta tanto se normalice su cuadro hemático.

			<p>Si los exámenes resultan alterados, a consideración del médico ocupacional, se puede realizar exámenes complementarios de tipo cromosómico, como el de intercambio de cromátidas hermanas para detectar alteraciones a nivel de ADN.</p>
Egreso	<p>Hemoleucograma, sedimentación y extendido de sangre periférica (tipo V), componentes: Eritrocítico, incluye recuento de reticulocitos, leucocitario, plaquetario, hemoglobina, hematocrito, volumen corpuscular medio,</p>	No aplica	<p>El examen médico se realizará una vez culmine la relación laboral del trabajador con la empresa por Pensión o cese de las actividades del trabajador.</p> <p>El examen médico de las personas expuestas a</p>

	hemoglobina corpuscular media, concentración media de hemoglobina corpuscular, urea, creatinina, BUN, bilirrubinas total y directa, fosfatasas alcalinas, espermograma, LH, FSH, T3, T4, TSH.		radiaciones ionizantes se deberá guardar en la empresa por un período ajustado a la normatividad legal.
--	---	--	---

Tabla 3. *Capacitación, inducción y entrenamiento.*

ITEM	TEMAS	OBSERVACIONES
Inducción	Énfasis Seguridad y Salud en el Trabajo, identificación de peligros, evaluación y control de riesgos (radiaciones ionizantes). Uso y mantenimiento de EPP (plomados) si aplica. Protección radiológica.	Se realizará antes de empezar las labores asignadas.
Reinducción	Énfasis Seguridad y Salud en el Trabajo, identificación de peligros, evaluación y control de riesgos (radiaciones ionizantes). Uso y mantenimiento de EPP (plomados) si aplica. Protección radiológica.	Se realizará de acuerdo con la normatividad legal y/o parámetros establecidos.
Entrenamiento	Protocolo de manejo y mantenimiento de equipos radiactivos. Uso y mantenimiento de EPP (plomados) si aplica. Protección radiológica.	Se realizará antes de empezar las labores asignadas y cuando se asignen nuevos equipos que emitan radiaciones ionizantes.

Equipo de protección personal plomados: La selección del equipo de protección personal que se vaya a utilizar debe estar de acuerdo con el tipo de exposición, del mismo modo, se definirá el tiempo y frecuencia de entrega. Cada uno de estos equipos de protección personal está diseñado para mitigar los riesgos asociados con la exposición a radiaciones ionizantes, asegurando la seguridad y la salud de los trabajadores en entornos laborales donde estos riesgos están presentes.

Tabla 4. *Equipo de protección personal plomados*

EPP	DESCRIPCIÓN	USO
Delantales Plomados	Estos delantales están hechos de materiales plomados y proporcionan una barrera efectiva contra la radiación ionizante, especialmente los rayos X.	Se usan para proteger el torso y los órganos internos durante procedimientos médicos o en áreas donde la exposición a la radiación es alta.
Gafas de Protección	Gafas de Protección	Utilizadas principalmente en entornos médicos y laboratorios donde los ojos están expuestos a radiación.
Guantes Plomados	Guantes diseñados con materiales plomados para proteger las manos y los brazos.	Esencial para el personal que maneja directamente materiales radiactivos o trabaja en cercanía de fuentes de radiación.
Protectores de Tiroides	Collares o protectores hechos de materiales plomados que protegen la glándula tiroides, una de las partes más sensibles del cuerpo a la radiación.	Se utilizan junto con otros EPP durante procedimientos radiológicos.

Protectores de Gónadas	Dispositivos plomados diseñados para proteger las gónadas (testículos y ovarios) de la exposición a la radiación.	Utilizados en entornos médicos y de investigación para proteger la salud reproductiva.
Pantallas de Protección	Barreras físicas de plomo o vidrio plomado que se colocan entre el trabajador y la fuente de radiación.	Proporcionan una protección adicional, especialmente en laboratorios y áreas donde se maneja radiación de manera continua.
Ropa Plomada	Ropa especial que contiene plomo u otros materiales protectores, diseñada para cubrir y proteger varias partes del cuerpo.	Utilizada en entornos de alto riesgo donde la exposición a la radiación es significativa y continua.

Dosimetría personal: para todo el personal expuesto a radiaciones ionizantes. Esta dosimetría se recomienda que se haga con dosímetros de película y/o TLD (termoluminiscencia) o con características similares o superiores. La frecuencia de mediciones se efectuará de acuerdo con el tipo de radiación.

Tabla 5 *Dosimetría personal*

ITEM	DESCRIPCIÓN	USO
------	-------------	-----

Dosímetros Personales	Dispositivos que miden la cantidad de radiación recibida por el trabajador.	Son esenciales para monitorear y registrar la exposición acumulada a lo largo del tiempo, permitiendo tomar medidas preventivas.
-----------------------	---	--

Indicadores de gestión/ alertas: Estos indicadores y alertas son esenciales para un monitoreo eficaz y continuo, permitiendo una intervención oportuna para mitigar riesgos, proteger la salud de los trabajadores y garantizar el cumplimiento de las normativas de seguridad.

Tabla 6 *Indicadores de gestión*

TIPO DE INDICADOR	INDICADOR	DESCRIPCIÓN
Indicadores de Exposición	Dosis Individual de Radiación	Medida de la dosis de radiación recibida por cada trabajador, comparada con los límites legales y recomendados.
	Promedio de Dosis de Radiación	Promedio de dosis de radiación recibida por los trabajadores en un período específico.
	Porcentaje de Trabajadores con Exposición por encima de los límites.	Proporción de trabajadores que han recibido una dosis de radiación por encima de los límites establecidos.
Indicadores de Cumplimiento		Dosimetrías ejecutadas versus dosimetrías planeadas.

	Frecuencia de Calibración de Equipos de Medición (en caso de tener equipos propios)	Número de veces que los equipos de medición de radiación se calibran dentro del período establecido.
	Tasa de Inspecciones Ejecutadas	Proporción de inspecciones de seguridad y auditorías completadas respecto al plan anual.
	Número de Incidentes y/o Accidentes Relacionados con Radiación	Número de incidentes y accidentes reportados que involucran exposición a radiaciones ionizantes.
	Tasa de Enfermedades Laborales Relacionadas con la Radiación	Incidencia de enfermedades laborales relacionadas con la exposición a radiaciones ionizantes entre los trabajadores.
	Tasa de Uso de Equipos de Protección Personal (EPP):	Proporción de trabajadores que utilizan correctamente los EPP en áreas de riesgo.
	Porcentaje de Trabajadores Capacitados	Proporción de trabajadores que han recibido formación sobre riesgos y medidas de

		protección contra radiaciones ionizantes.
	Frecuencia de Programas de Sensibilización.	Número de programas de concienciación realizados en un período específico.
	Tasa de Participación en Programas de Capacitación	Proporción de trabajadores que asisten a programas de capacitación y formación sobre protección radiológica.
Indicadores de Implementación de Medidas de Control	Número de Medidas Correctivas Implementadas	Cantidad de acciones correctivas y preventivas implementadas tras la identificación de riesgos.
	Eficacia de Medidas de Control	Evaluación del impacto de las medidas de control implementadas en la reducción de la exposición a radiaciones ionizantes.
	Frecuencia de Revisión de Protocolos de Seguridad	Número de veces que los protocolos y procedimientos de seguridad son revisados y actualizados.

Tabla 7 Alertas de gestión

ALERTAS DE GESTIÓN	DESCRIPCIÓN
Alerta por Superación de Dosis	Activación de alertas automáticas cuando la

	dosis de radiación recibida por un trabajador supera los límites preestablecidos.
Alerta por Fallos en Equipos de Medición	Notificaciones inmediatas sobre fallos o mal funcionamiento de equipos de medición de radiación.
Alerta de Incidentes	Notificaciones sobre incidentes o accidentes relacionados con radiaciones ionizantes, activando protocolos de emergencia y respuesta inmediata.

Vigilancia al medio

La vigilancia del medio donde las personas están expuestas a radiaciones ionizantes es esencial para garantizar su seguridad y salud. Esta vigilancia se enfoca en el monitoreo del medio de exposición.

Tabla 8 *Vigilancia al medio*

ITEM	TEMA	DESCRIPCIÓN
Monitoreo de Niveles de Radiación	Dosímetros ambientales	Dispositivos fijos que registran los niveles de radiación en áreas específicas del lugar de trabajo.
	Mapeo de Radiación	Crear mapas de radiación que muestren las áreas de

		<p>mayor exposición en el entorno laboral. Estos mapas deben ser revisados y actualizados regularmente para reflejar cualquier cambio en la distribución de las fuentes de radiación.</p>
<p>Implementación de Medidas de Control</p>	<p>Zonificación de Áreas</p>	<p>Delimitar zonas de trabajo según los niveles de radiación (cumpliendo normatividad), estableciendo áreas controladas y supervisadas. Las áreas con altos niveles de radiación deben tener acceso restringido y señalización adecuada para advertir a los trabajadores.</p>
<p>Evaluación de las Condiciones de Trabajo</p>	<p>Ventilación y Contención</p>	<p>Asegurar que las áreas de trabajo estén adecuadamente ventiladas y que las fuentes de radiación estén contenidas dentro de barreras apropiadas para reducir la dispersión de radiación al medio ambiente.</p>

	Evaluación de Riesgos	Realizar evaluaciones de riesgos para identificar y evaluar las condiciones de trabajo que puedan contribuir a la exposición a radiaciones ionizantes. Esto incluye la revisión de procedimientos de trabajo, la disposición de equipos y la utilización de barreras protectoras.
Monitoreo y Evaluación Continua	Revisión de Datos	Analizar los datos de monitoreo ambiental para identificar tendencias y patrones en la exposición a la radiación. Esta información puede ser utilizada para ajustar las medidas de control y mejorar la seguridad en el entorno laboral.
Comunicación y Reporte	Informes Periódicos	Generar informes periódicos sobre los niveles de radiación en el medio ambiente laboral y las medidas de control implementadas. Estos informes deben ser compartidos con la alta dirección y los trabajadores para mantenerlos

		informados sobre las condiciones de seguridad.
--	--	--

Medidas de intervención

Son esenciales para mitigar los riesgos asociados con la exposición a radiaciones ionizantes en el entorno laboral.

Tabla 9 *Medidas de intervención*

ITEM	DESCRIPCIÓN
Auditorías internas	Realizar auditorías para revisar la efectividad de las medidas de control y el cumplimiento de los procedimientos de seguridad.
Análisis de incidentes	Investigar cualquier incidente de exposición para comprender sus causas y prevenir futuras ocurrencias.
Retroalimentación	Recopilar y analizar la retroalimentación de los trabajadores para mejorar las prácticas y procedimientos de seguridad
Controles Administrativos	Implementar procedimientos administrativos para controlar la exposición, como la rotación de personal y la limitación del tiempo de trabajo en áreas con alta radiación. Estos controles ayudan a minimizar la dosis acumulada por los trabajadores.
Restricción, reubicación y/o reconversión de mano de obra	Si se presentan alteraciones en (neutropenia, leucopenia, trombocitopenia) o el medico laboral determina restricciones con tiempo establecido se reubicará temporalmente al trabajador aislándolo de la exposición a radiaciones ionizantes y se hará control hematológico a los 25 días. Si pasado un mes el análisis hematológico esta dentro de los rangos normales, el trabajador podrá retornar a su sitio

	<p>de trabajo; de lo contrario deberá mantenerse aislado de la exposición hasta que se normalice su cuadro hemático.</p> <p>Si los análisis de laboratorio son normales podrá regresar a su sitio de trabajo al completar el mes; de lo contrario hasta cuando los análisis de laboratorio sean normales.</p> <p>Si se evidencia algún efecto nocivo prolongado que se genere por la exposición a radiaciones ionizantes se efectuara con el trabajador la reconversión de mano de obra.</p>
--	--