

**Diseño de un programa de vigilancia epidemiológica (PVE), para radiación
ionizante aplicado a los trabajadores ocupacionalmente expuestos de la empresa
Osteollanos Ltda.**

**Miguel Ángel Barreto Díaz, Ledys Lorena Landinez Ariza & Ivonne Lucia Serna
Bonilla**

Trabajo de grado para optar el título de especialista en seguridad y salud en el trabajo

Director

Guido Marcelo Rincón Arévalo

PhD

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

Facultad de ingeniería industrial

Especialización en seguridad y salud en el trabajo

2024

Contenido

Introducción	11
1. Identificación de la empresa donde se desarrolló la consultoría	14
2. Descripción del problema.....	15
2.1 Problema identificado para el proceso de consultoría	15
2.2 Formulación del problema	16
3. Justificación.....	17
4. Alcance	21
5. Objetivos.....	22
5.1 Objetivo general.....	22
5.2 Objetivos específicos	22
6. Marco referencial.....	22
6.1 Antecedentes	22
6.2 Marco teórico	27
6.3 Marco conceptual.....	32
6.4 Marco legal	35
6.5 Marco normativo.....	37
7. Diseño metodológico.....	38
7.1 Etapa 1 valoración del riesgo físico por radiación ionizante	39
7.2 Etapa 2 análisis de data.....	40
7.3 Etapa 3 planteamiento de recomendaciones	41
8. Desarrollo	41
8.1 Etapa 1 valoración del riesgo físico radiación ionizante	42

8.1.1.	Identificación de fuentes de radiación	42
8.1.2.	Identificación de trabajadores expuestos	42
8.1.3.	Clasificación de las áreas de trabajo	43
8.1.4.	Caracterización de la exposición:	46
8.1.5.	Evaluación del riesgo	47
8.1.6.	Determinación de medidas de control.....	48
8.1.7.	Disminución de subjetividad de la GTC 45	48
8.2	Etapa 2 análisis de data	49
8.3	Etapa 3 plan de recomendaciones	50
9.	Cronograma	52
10.	Presupuesto	52
11.	Lecciones aprendidas	53
12.	Conclusiones	53
	Referencias.....	55
	Apéndices.....	64

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Identificación de la empresa.</i>	14
Tabla 2. <i>Límites de dosis recomendados</i>	31
Tabla 3. <i>Marco legal</i>	35
Tabla 4. <i>Trabajadores ocupacionalmente expuestos Osteollanos Ltda</i>	43
Tabla 5. <i>Espesor de protección requerido si se utilizan materiales que no sean plomo</i>	44
Tabla 6. <i>Cantidad de dosis que emite el equipo por tipo de estudio</i>	46
Tabla 7. <i>Dosis emitida por el equipo</i>	47
Tabla 8. <i>Acumulado Hp 10 por trabajador</i>	49
Tabla 9. <i>Presupuesto de la propuesta</i>	52

Lista de figuras

Figura 1. <i>Variabilidad de los siniestros ocurridos 2021, 2022 y 2023</i>	18
Figura 2. <i>Distribución de las enfermedades laborales por clase de riesgo</i>	19
Figura 3. <i>Ubicación de Osteollanos Ltda.</i>	21
Figura 4. <i>Documentos por año relacionados con programas de vigilancia epidemiológica para radiaciones ionizantes</i>	26
Figura 5. <i>Plano de la instalación. Identificación de muros aledaños para el cálculo de blindajes y estimación de dosis TOE.</i>	45
Figura 6. <i>Señalización de zona controlada y supervisada donde se encuentran las unidades de rayos X.</i>	46
Figura 7. <i>Gráfica dosimetría acumulada por trabajador</i>	50
Figura 8. <i>Cronograma</i>	52

Lista de Apéndices

Apéndice A. <i>Protocolo evaluaciones médicas ocupacionales</i>	64
Apéndice B. <i>Algoritmo de activación</i>	65
Apéndice C. <i>Algoritmo de activación según resultado de otra IPS</i>	653
Apéndice D. <i>Programa de vigilancia epidemiológica</i>	
Apéndice E. <i>Matriz de identificación de riesgos - metodología guía gtc 45</i>	
Apéndice F. <i>Formato informe mensual de dosimetrías</i>	
Apéndice G. <i>Capacitaciones</i>	
Apéndice H. <i>Lista de chequeo PVE</i>	

Nota: los apéndices D, E, F, G y H son apéndices externos, es por ello que se encuentran sin número de página

Resumen

Actualmente, la innovación tecnológica ha contribuido significativamente en la práctica médica permitiendo al personal sanitario un diagnóstico más preciso y dar nuevos tratamientos a las diferentes enfermedades, el de uso dispositivos médicos implica un riesgo físico generado por las radiaciones ionizantes a las que se exponen los trabajadores, por esta razón es importante establecer protocolos que disminuyan dicha exposición al riesgo. El objetivo de la presente consultoría es diseñar un programa de vigilancia para radiaciones ionizantes aplicado a los trabajadores ocupacionalmente expuestos de la empresa Osteollanos Ltda. En la ejecución de la investigación, se tendrá en cuenta el ciclo PHVA en el que se evaluará el riesgo, se establecerán controles, se recopilará información de las acciones preventivas que adelanta Osteollanos Ltda., y se harán las respectivas recomendaciones con el fin de obtener e identificar de manera oportuna situaciones de riesgo.

Palabras Clave DeCS MeSH: riesgo, radiación ionizante, vigilancia radiológica, protección radiológica

Abstract

Currently, technological innovation has contributed significantly to medical practice, allowing health personnel to make a more precise diagnosis and give new treatments to different diseases. The use of medical devices implies a physical risk generated by the ionizing radiation to which patients are exposed. workers, for this reason it is important to establish protocols that reduce this risk. The objective of this consultancy is to design a surveillance program for ionizing radiation applied to occupationally exposed workers of the company Osteollanos Ltda. In the execution of the research, the PHVA cycle will be taken into account in which the risk will be evaluated, Controls will be established, information will be collected on the preventive actions carried out by Osteollanos Ltda., and the respective recommendations will be made in order to obtain effective risk prevention.

Keywords: risk, ionizing radiation, radiation surveillance, radiation protection.

Glosario

Agente generador del riesgo: situación, persona, cosa o acción que tiene la capacidad de ocasionar un riesgo.

COPASST: comité paritario de seguridad y salud en el trabajo

Dosimetría: evaluación de la dosis personal acumulada de radiación ionizante.

Dosímetro: instrumento de medición de dosis absorbida.

Dosis Ocupacional: la cantidad de radiación ionizante absorbida por cualquier parte del cuerpo que se produce por el trabajo realizado.

Efecto biológico: perturbación del funcionamiento de órganos, tejidos o células provocando enfermedades causado por la dosis recibida debido a la interacción con la radiación ionizante.

Efectos determinísticos: aparecen por elevadas exposiciones a radiación generando daños importantes a un número de células, dando paso a una dosis umbral por debajo de la que dichos efectos no se producen.

Efectos estocásticos: efectos que pueden aparecer dependiendo de la dosis de radiación recibida, su incremento en la exposición a radiación implica un incremento en la probabilidad de transformación de alguna célula; estos efectos también dependen del tipo de radiación, la localización de las células y las características individuales de la persona expuesta.

Exposición: evento en el que las personas están en contacto con los peligros.

Evaluación médica ocupacional: pilar fundamental para proteger y promover la salud de los trabajadores, se realiza para determinar las condiciones físicas, mentales y sociales del trabajador antes, durante y después de su contratación.

Medidas preventivas: procedimientos que sirven para proteger eficazmente la salud de los trabajadores impidiendo la ocurrencia de un accidente o probabilidad de desarrollo de enfermedad laboral.

Radiación ionizante: tipo de energía formada por ondas electromagnéticas capaces de generar iones a su paso por la materia causando alteración en su composición.

Riesgo físico: se refiere a factores con probabilidad inminente de causar daño corporal asociado a un agente o circunstancia que lo causó.

Trabajador Ocupacionalmente Expuesto (TOE): trabajadores presentes en aplicaciones médicas como la radiología, la medicina nuclear y tratamientos como la radioterapia y expuestos a agentes químicos, radiológicos o físicos en su entorno laboral.

Programa de vigilancia epidemiológica: contribuye a la recolección de manera permanente y sistemática la información de las condiciones de salud de los trabajadores lo que permite identificar, valorar, intervenir, monitorear y realizar seguimiento a los factores de riesgo a los que están expuestos los trabajadores.

Protección radiológica: normatividad, métodos y acciones que se tienen en cuenta para evitar los efectos perjudiciales de la exposición a la radiación.

Introducción

La Radiación Ionizante (RI), es energía en forma de ondas o partículas que puede generar cambios en la materia. A nivel mundial se usa la radiación para obtener imágenes clínicas y lograr diagnósticos acertados que permiten realizar tratamientos a algunas enfermedades. Su aplicación en dosis altas tiene la capacidad de destruir células tumorales (SACYL, s.f, párr. 2) en pacientes con patologías específicas.

El uso de la RI, en las Instituciones Prestadoras de Salud (IPS), por parte de profesionales de la salud, sirve para mejorar la calidad de vida de los pacientes, pero durante su empleo existen trazas de radiación dispersa que pueden absorber quienes la manipulan, esta absorción genera cambios en las células de los trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOE), lo que puede ocasionar enfermedades laborales a largo plazo.

Aunque la radiación ionizante ha sido extensamente empleada como una herramienta significativa en el campo de la medicina, la exposición puede originar cambios en órganos, tejidos y células, dependiendo de la dosis recibida, el tipo de radiación y la sensibilidad de cada órgano, tejido y célula. Estos daños generan cambios que se denominan efectos biológicos, los cuales se pueden clasificar en determinísticos o estocásticos (Puerta & Morales, 2020, párr. 1), según sea el caso.

La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), emana paradigmas para generar por medio del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), regulaciones, recomendaciones y aspectos prácticos para ser implementados en los países miembros. Colombia por ser miembro del OIEA, aplica el cumplimiento de estos protocolos que tienen en cuenta la justificación, la optimización y la limitación de dosis en los procedimientos clínicos (CSN, s.f).

Es así como la normatividad legal colombiana bajo la Resolución 18-1434 de 2002, propone la adopción del reglamento de protección y seguridad radiológica, estableciendo requisitos y condiciones mínimas para realizar prácticas seguras donde se cause exposición a la radiación ionizante, minimizando con su implementación las exposiciones innecesarias e identificando las condiciones y requisitos básicos para proteger a las personas y trabajadores frente a esta exposición.

La normatividad colombiana, exige cumplir requisitos físicos y locativos para el servicio de apoyo diagnóstico, sin contemplar el análisis de los resultados de las dosimetrías realizadas y los resultados de los exámenes médicos ocupacionales, siendo estos un insumo básico para elaborar una vigilancia epidemiológica del factor de riesgo. Es así, como la recolección sistemática de esta información permite identificar, valorar, monitorear, rastrear e intervenir los factores de riesgo a los que están expuestos los trabajadores (SURA, 2012, p. 5).

La empresa Osteollanos Ltda., es una IPS, que se encuentra ubicada en la ciudad de Villavicencio, Colombia, y tiene como actividad principal realizar apoyo diagnóstico a los pacientes atendidos. La empresa tiene un manual de protección radiológica según requisitos legales, establece los protocolos a considerar durante la exposición a la radiación, y dentro de la mejora continua requiere diseñar un programa de vigilancia epidemiológica para valorar el riesgo por exposición a radiaciones ionizantes, diseñar programas de prevención e implementar medidas preventivas estableciendo recomendaciones frente a los resultados encontrados.

Finalmente, la presente investigación, tiene como objetivo diseñar un programa de vigilancia epidemiológica para radiación ionizante aplicado a los trabajadores ocupacionalmente expuestos de la empresa Osteollanos Ltda., para ello se seguirán los lineamientos planteados en

las normas nacionales, los requisitos internacionales y la revisión sistemática de la literatura frente al factor de riesgo.

1. Identificación de la empresa donde se desarrolló la consultoría

El Instituto de Osteoporosis de los llanos: Osteollanos Ltda., está constituido como una sociedad limitada inscrita ante la cámara de comercio de Villavicencio en el año 2009 la cual cuenta con 2 trabajadores ocupacionalmente expuestos a radiaciones ionizantes con la capacidad de realizar estudios para el diagnóstico y manejo de osteoporosis a través de diferentes dispositivos y tecnologías. Esta empresa tiene como misión “generar preferencia y satisfacción, que los pacientes acudan al instituto porque se les ofrece una atención especializada que permite un diagnóstico confiable que está encaminado a dar soluciones oportunas, contando con equipos de última tecnología e instalaciones modernas”. Los servicios ofrecidos por Osteollanos Ltda., son: Servicios médicos de diagnóstico, Imágenes radiológicas y Densitometrías óseas.

Tabla 1. *Identificación de la empresa.*

RAZON SOCIAL	DESCRIPCIÓN
NOMBRE REPRESENTANTE LEGAL	Deyvi Galeano López
NIT	900292488-7
CIUDAD	Villavicencio
DEPARTAMENTO	Meta
DIRECCIÓN	Cra 44 B Nro. 33B-111
TELÉFONO	6626392
SUCURSALES o AGENCIAS	NA
NOMBRE DE LA A.R.L.	Positiva
CLASE DE RIESGO ASIGNADO POR LA A.R.L.	III
CÓDIGO DE LA ACTIVIDAD ECONÓMICA SIIU	8691
ACTIVIDAD ECONOMICA	Actividades de apoyo diagnóstico

Adaptado de “Certificado de existencia y representación legal de OSTEOLLANOS Ltda.”. Por Cámara de Comercio de Villavicencio (2023).

2. Descripción del problema

2.1 Problema identificado para el proceso de consultoría

Las radiaciones ionizantes son un tipo de energía a la que se exponen los trabajadores. Esta exposición constituye un riesgo que puede generar cambios y efectos biológicos en las células y el organismo. Los cambios se pueden generar por la radiación dispersa que emanan las fuentes generadoras en las IPS, esta radiación puede ser absorbida por los TOE, siendo una constate incertidumbre a la hora de identificar peligros y valorar los riesgos. Por tanto, es necesario reconocer que la relación entre este tipo riesgos debe incluir el conocimiento científico y el reconocimiento técnico que se merecen.

Las radiaciones ionizantes en el sector salud han sido importantes en el diagnóstico y tratamiento de patologías, sin embargo, siempre se generan riesgos en pacientes y trabajadores TOE, que son quienes las manipulan.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), en el año 2023, determinó que el 98% de las dosis de radiación que recibe la población corresponde a la emitida por dispositivos creados por el ser humano, según estadísticas cada año en el mundo se realizan más de 4.200 millones de pruebas diagnósticas radiológicas, 40 millones de pruebas de medicina nuclear y 8,5 millones de tratamientos con radioterapia (OMS, 2023, párr. 13).

Con el uso de la radiación, la frecuencia de operación, los controles en los equipos y en el ambiente, se conocen los efectos producidos en órganos y tejidos, que son proporcionales con la dosis recibida y el tipo de radiación. Ese tipo de radiación es cuantificada en miliSievert (mSv), mediante el uso de dispositivos como los dosímetros, los cuales sirven para monitorear de la radiación cuando se utilizan valores en mSv superiores para tratamientos como en el cáncer, donde

pueden producirse quemaduras por radiación, caída de cabello o síndrome de irradiación aguda (OMS, 2023, párr. 17).

Desde la Seguridad y Salud en el Trabajo, es importante conocer que este tipo de eventos deben ser cuantificados en la matriz de identificación de peligros y valoración de riesgos de la empresa. Adicionalmente, hay que considerar que las personas expuestas a radiación ionizante se deben proteger con barreras físicas, Elementos de Protección Personal (EPP), teniendo en cuenta su justificación, la optimización y la limitación, proporcionando un beneficio en el diagnóstico y tratamiento con el uso de los dispositivos médicos (Sánchez, 2008, pp. 15-17).

La empresa Osteollanos Ltda., en el manual de protección radiológica presenta los reglamentos y procedimientos recomendados para el trabajo seguro con el uso de radiaciones ionizantes con el fin de proteger a sus trabajadores TOE, y a los miembros del público en general. La institución dentro del mejoramiento continuo diseña un programa de vigilancia epidemiológica para la prevención de los efectos por el uso de la radiación ionizante, que integra la gestión documental creada, los resultados de las mediciones ambientales, los resultados de las dosimetrías de los TOE y los resultados de las evaluaciones medica ocupacionales que sean realizadas.

2.2 Formulación del problema

¿Cuál es la importancia de diseñar un programa de vigilancia epidemiológica para radiación ionizante aplicado a los trabajadores ocupacionalmente expuestos de la empresa Osteollanos Ltda.?

3. Justificación

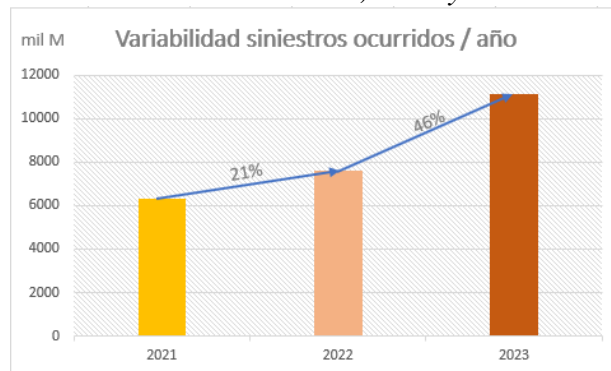
Actualmente, las IPS en Colombia deben cumplir con requisitos normativos para su funcionamiento (Resolución 3100 de 2019), requisitos para reglamentar el uso de equipos generadores de radiación ionizante y el control de calidad en prácticas médicas (Resolución 482 de 2018), requisitos para reducir exposiciones existentes, así como requisitos básicos para proteger a las personas contra la radiación y la seguridad de las fuentes (Resolución 181434 de 2002), entre otros. Estos requisitos normativos deben articularse con énfasis en la prevención, y considerando que el apoyo diagnóstico frente a diversas patologías se ha realizado desde hace más de 100 años, se hace necesario que el uso de las imágenes médicas obtenidas deba ser limitadas (Espinoza, 2023, pp 2-6).

Otros requisitos de obligatorio cumplimiento en Seguridad y Salud en el Trabajo (SST), hacen referencia a estándares asociados con la seguridad laboral (Resolución 0312 de 2019). Desde la SST, se incluyen intervenciones para mitigar riesgos así: Fuente emisora (equipo generador de rayos X), Medio laboral (lugar donde ocurre la exposición) y el Trabajador Ocupacionalmente Expuesto (TOE). En los principios y procedimientos para la operación óptima y segura de unidades generadoras de radiación ionizante (Fuente), se debe garantizar la seguridad durante la operación, teniendo en cuenta los posibles eventos estocásticos o determinísticos que se puedan presentar ya sea a corto o largo plazo (Delgado, et ál., s.f., p 3).

Al revisar los datos de la Federación de Aseguradores Colombianos (FASECOLDA, 2024), entre los años 2021 a 2023 (data disponible), se puede observar el incremento de los accidentes laborales como una estadística que se debe tener presente para estudios relacionados con la seguridad y salud en el trabajo.

Entre los años 2021 y 2022 se muestra una la variabilidad de los siniestros ocurridos del 21%, mientras que los años 2022 y 2023 se registró en un 46%, observando un incremento del 25% como se puede observar en la figura 1.

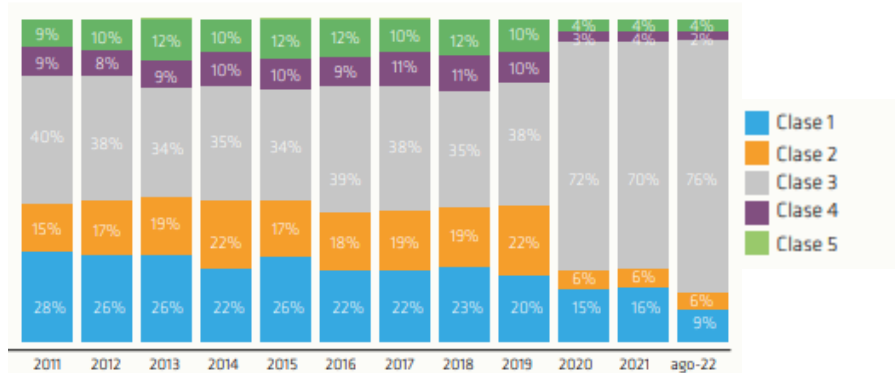
Figura 1. Variabilidad de los siniestros ocurridos 2021, 2022 y 2023



Adaptado de “Siniestros ocurridos. Datos generales”. Por Fasecolda (2024).

Como uno de los eslabones en la cadena de protección a los trabajadores, las actividades de fortalecimiento educativo, campañas o acciones en el acompañamiento y/o capacitaciones en las organizaciones, deben realizarse con el fin de mejorar los indicadores y a corto plazo salvaguardar la seguridad de toda la población trabajadora.

Según Ponce, 2022 en el marco de la revista Fasecolda, al revisar la distribución por clase de riesgo de las enfermedades laborales, se observa que gran parte del sector salud clasificada con riesgo 3 representa elevadas cifras de enfermedades laborales, lo anterior obedece a una tasa del 70% del total de las enfermedades laborales reportadas; evidenciando que, 1.120,5 trabajadores pertenecientes a la clase de riesgo 3 cuentan con una enfermedad laboral (p.3).

Figura 2. *Distribución de las enfermedades laborales por clase de riesgo*

Adaptado de “Distribución por clase de riesgo de las enfermedades laborales – Revista Fasecolda”. Por Ponce G (2022).

Osteollanos Ltda., tiene por objeto social la prestación de servicios médicos de diagnóstico e imágenes radiológicas. Los TOE se encuentran vinculados al SGSSS como riesgo III, y participan activamente de las actividades de formación, se realizan las frecuencias de mediciones dosimétricas según periodicidad establecida y se cumplen con las exigencias normativas en cuanto al licenciamiento de las unidades. Sin embargo, desde SST, se requiere implementar un PVE que integre las mediciones realizadas, los resultados médico ocupacionales y que con la ayuda de todos los involucrados y expuestos en el proceso se logre mitigar el riesgo de exposición al factor de riesgo por radiaciones.

El diseño del programa de vigilancia da cumplimiento a la normatividad legal vigente en el Decreto 1072 de 2015 artículo 2.2.4.6.24. “Medidas de prevención y control”, Resolución 482 de 2018 “por la cual se reglamenta el uso de equipos de radiación ionizante, su control de calidad, la prestación de servicios de protección radiológica y se dictan otras disposiciones”, Resolución 18-1434 de 2002 “por la cual se adopta el reglamento de protección y seguridad radiológica”, código sustantivo del trabajo, entre otras.

Los trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOE) del Instituto de osteoporosis de los llanos (Osteollanos) Ltda., al interactuar con equipos generadores de radiaciones ionizantes

podrían estar expuestos a dicha radiación, para la supervisión, la empresa tiene contratado un servicio mensual de dosimetría que mide las dosis de exposición que puede recibir el trabajador, de igual manera anualmente se realizan exámenes ocupacionales periódicos para hacer vigilancia a la salud y conocer por medio de analitos de laboratorio posibles alteraciones para anticipar el riesgo.

El objetivo es diseñar un programa de prevención y vigilancia epidemiológica para radiaciones ionizantes recibidas por los trabajadores ocupacionalmente expuestos con la finalidad de minimizar los riesgos y efectos secundarios producidos por la radiación ionizante en la institución, de igual manera se pretende revisar el cumplimiento de los requisitos establecidos en el Manual de protección radiológica y el Sistema de seguridad y salud en el trabajo establecidos en Osteollanos Ltda.

De acuerdo con lo anterior, el propósito de esta consultoría es crear un programa de prevención y vigilancia epidemiológica para radiaciones ionizantes, dando respuesta a la necesidad del Sistema de Seguridad y Salud en el trabajo de Osteollanos Ltda., y a los efectos negativos que puede generar la exposición ocupacional de estas radiaciones. En la actualidad se cuenta con un programa de promoción y prevención y un manual de protección radiológica y carece de un programa de vigilancia epidemiológica para radiaciones ionizantes que tenga como finalidad darle manejo a los resultados de dosimetrías y exámenes realizados según el profesiograma establecido para los trabajadores ocupacionalmente expuestos, en busca de promover la seguridad de los trabajadores y dando cumplimiento a la normatividad vigente, al manejo adecuado a los niveles de riesgo que se establecen para los TOES según requisitos legales, técnicos, científicos y propios de la institución.

4. Alcance

Esta consultoría se realiza en el Instituto de Osteoporosis de los Llanos, esta empresa tiene carácter privado y de acuerdo con cámara de comercio, su actividad económica principal corresponde a: Actividades de apoyo diagnóstico. Su ubicación es en la dirección: Calle 44B # 33 – 111 barrio los pinos en Villavicencio, Meta como se evidencia en figura 3.

Aplica entonces en realización de un control y monitoreo de manera oportuna a las actividades o situaciones de riesgo que se llevan a cabo en Osteollanos Ltda para minimizar accidentes de trabajo y el desarrollo de enfermedades laborales. Entonces, se diseña un programa de vigilancia para radiaciones ionizantes aplicado a los trabajadores ocupacionalmente expuestos de la empresa, dicho programa se documenta durante un periodo de 4 meses, donde se observa, analiza y se recopila de manera constante datos e información para el planteamiento del programa.

El programa se fundamenta en la normatividad legal vigente colombiana, teniendo como referencia el sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo y el manual de protección radiológica de la empresa.

El PVE aplica a todo personal clasificado como: Trabajador Ocupacionalmente Expuesto en la empresa Osteollanos Ltda

Figura 3. *Ubicación de Osteollanos Ltda.*



Recuperado de “Ubicación Osteollanos”. Por Google maps. (2024)

5. Objetivos

5.1 Objetivo general

Diseñar un programa de vigilancia para radiaciones ionizantes aplicado a los trabajadores ocupacionalmente expuestos de la empresa Osteollanos Ltda., en el marco del artículo 2.2.4.6.24. “Medidas de prevención y control” del decreto 1072 de 2015

5.2 Objetivos específicos

- Evaluar el nivel del riesgo de radiación ionizante de los trabajadores ocupacionalmente expuestos en la empresa Osteollanos Ltda., y proponer controles administrativos de acuerdo con la GTC 45.
- Realizar seguimiento al historial dosimétrico (Hp 10, Hp 0,07 y Hp 0,3), de la empresa Osteollanos Ltda., durante el periodo 2019-2023
- Sugerir las recomendaciones frente a los métodos de prevención y control aplicados por los trabajadores ocupacionalmente expuestos en Osteollanos Ltda., a partir del análisis realizado al historial dosimétrico.

6. Marco referencial

6.1 Antecedentes

En el apoyo diagnóstico para la salud humana, existen dispositivos, recursos, técnicas y procedimientos que son utilizados para apoyar a los profesionales de la salud en el diagnóstico una

enfermedad o una afección. Una enfermedad puede ser identificada con el uso de los rayos X. Los rayos X fueron descubiertos en 1895 por Wilhelm Conrad Roentgen y se pueden definir como una forma de radiación electromagnética capaz de penetrar objetos opacos y producir imágenes de estructuras internas del cuerpo humano (Tomé, 2019, párr. 1). En 1896, Henri Becquerel descubrió la radiactividad natural y, junto con Marie Curie, se inicia una investigación sobre la radiactividad, que incluyó la emisión espontánea de partículas y radiaciones electromagnéticas por parte de elementos químicos (Criado, A., 2021, párr. 6), como hoy son considerados.

A partir de estos descubrimientos, se dio el paso al desarrollo de la radioterapia para el tratamiento del cáncer. El trabajo pionero en esta disciplina fue el de Víctor Horsley, y la radioterapia se convirtió en una modalidad importante para el tratamiento del cáncer, utilizando la radiación ionizante para destruir las células cancerosas. (Instituto Nacional de Cáncer, 2019, párr. 1).

Estudios posteriores confirmaron la capacidad de la radiación para inducir cambios genéticos y mutaciones en las células, logrando una mayor comprensión de los efectos biológicos de la radiación. Estudios realizados durante años demostraron que las radiaciones ionizantes causan trastornos de la salud humana, modificaciones celulares y efectos a corto y largo plazo por exposición.

A partir de esto, en el año 1950 se empieza a hablar de regulaciones y medidas de seguridad en radiología y radioterapia dando paso a las recomendaciones de la International Commission on Radiological Protection donde se establecen pautas y estándares para garantizar la seguridad en el uso de la radiación ionizante en diversos campos (Consejo de Seguridad Nuclear, 2013, p. 21).

Posteriormente, en el año 1995, el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) publica el manual práctico de seguridad radiológica, manual sobre recintos blindados, este manual

está comprendido por una guía de aplicaciones, una guía de procedimientos y una guía de fundamentos básicos, dentro de la guía de aplicaciones establece la necesidad de los recintos blindados haciendo énfasis en que, en todas las aplicaciones de la radiación ionizante, la dosis de radiación debe permanecer en el valor más bajo que razonablemente se pueda conseguir para lograr este objetivo, se deben tener en cuenta los siguientes principios: mantener el menor tiempo posible de exposición, mantener una distancia mayor entre la fuente y las personas y colocar los materiales de blindaje adecuados con el suficiente espesor en torno a la fuente de radiación (OIEA, 1996, p. 5-12), es así como desde la SST se implementa la Distancia, el Tiempo y el Blindaje como medidas para minimizar los riesgos.

Estos antecedentes son fundamentales para comprender los efectos y riesgos de la radiación ionizante y han sentado las bases para la práctica médica y científica moderna en este campo.

Para diciembre del año 2001 como producto del proyecto de cooperación técnica RLA/9/035 (ARCAL XLIX) surge la implementación de las normas básicas de seguridad internacionales en las prácticas médicas. Protocolos de control de calidad en radiodiagnóstico, documento que tiene como finalidad proponer los protocolos de control de calidad para los campos de aplicación de la radiología siguiendo los criterios dispuestos en las Normas Básicas de Seguridad (NBS), en el programa de garantía de calidad y protección radiológica de las unidades de radiodiagnóstico (IEA/ARCAL CLIC, 2002, pp. 6-7).

El 05 de diciembre de 2002 el ministerio de minas y energía de Colombia emitió la resolución 18-1434 “por la cual se adopta el reglamento de protección y seguridad radiológica” que tiene por objeto:

Establecer los requisitos y condiciones mínimos que deben cumplir y observar las personas naturales o jurídicas interesadas en realizar o ejecutar prácticas que causan exposición a la

radiación ionizante o en intervenir con el fin de reducir exposiciones existentes, así como los requisitos y condiciones básicos para la protección de las personas contra la exposición a la radiación y para la seguridad de las fuentes de radiación, denominados en lo sucesivo protección y seguridad (resolución 18-1434 de 2002, párr. 12)

Consecuentemente, se han realizado diferentes trabajos de investigación como el propuesto por Héctor Alejandro Sánchez Pacheco titulado medidas de prevención contra efectos en la salud por la exposición a radiaciones ionizantes en los trabajadores del sector sanitario en el año 2008 que propuso identificar “¿cuáles son las medidas de prevención contra efectos en la salud por exposición a radiaciones ionizantes en los trabajadores del sector sanitario?”; así mismo esfuerzos llevados a cabo por Mejía, et ál, 2009 dejan ver los efectos de la exposición a radiaciones ionizantes en trabajadores del área de radiología de Dinámica IPS Colombia, en el marco de la vigilancia epidemiológica.

Así mismo el físico médico Jaime Castañeda perteneciente al Instituto de Osteoporosis de los llanos Osteollanos Ltda., en el año 2021 elabora el documento programa de protección y vigilancia radiológica basado en la normatividad legal vigente con el objetivo de presentar reglamentos y procedimientos recomendados para el trabajo con Radiaciones Ionizantes (RI) en la institución, con el fin de proteger a sus trabajadores expuestos y miembros del público en general, prevenir la sobre exposición de los trabajadores ocupacionalmente expuestos y regular la exposición de los pacientes. Además de llevar un registro detallado de accidentes o incidentes en los que se encuentre involucrado el uso de Radiación Ionizante.

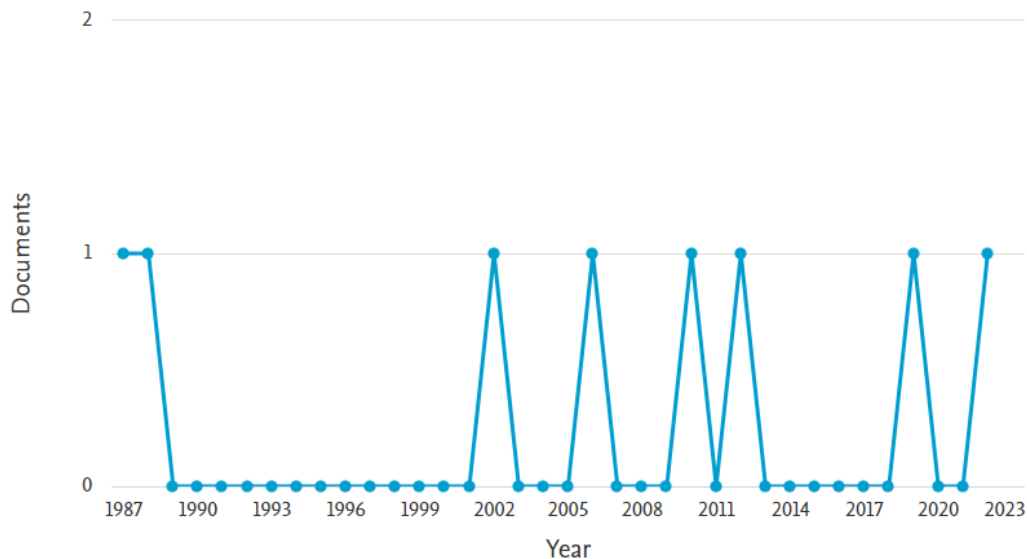
Según el proyecto de investigación llamado Análisis de radiaciones ionizantes sobre el personal de tecnología en imagen de una Unidad Radiológica por Cedeño, et ál, abril 18, 2022, evalúan los riesgos asociados a exposición de radiaciones ionizantes, donde utilizan métodos

cualitativos y cuantitativos, y llevan a cabo un programa sobre riesgos relacionados a exposición de radiaciones ionizantes (pp. 2-4).

Por último, en el año 2023, Monsalve, et ál llevaron a cabo la investigación titulada: “Deficiencia de la monitorización y análisis de los niveles de exposición a las radiaciones ionizantes del personal del área de imagenología”; esta investigación deja ver que los centros de radiología no implementan de manera adecuada el programa de vigilancia epidemiológica para radiaciones ionizantes debido a las barreras que se encuentran como la carencia de conocimiento, los limitados recursos, la falta de capacitación, entre otros (pp. 30 – 35).

Aunque los efectos por la radiación ionizante son muy estudiados, los programas de vigilancia epidemiológica aplicados a esta disciplina presentan menor grado de investigación, como muestra la figura 4.

Figura 4. *Documentos por año relacionados con programas de vigilancia epidemiológica para radiaciones ionizantes*



Recuperado de “Análisis de datos programa de vigilancia epidemiológica para radiaciones ionizantes”. Por Scopus. (2024)

6.2 Marco teórico

Según Galindo, 2024, la radiación que se emite se transmite y absorbe en partículas u ondas es una de las formas de transmisión de la radiación ionizante, que ocurre cuando al interactuar con la materia genera ionización de esta, crea partículas con cargas eléctricas conocidas como iones o pares iónicos cargados positiva y negativamente. Estas radiaciones pueden ser electromagnéticas como los rayos X, rayos gamma y rayos cósmicos que tienen las siguientes características (párr. 1):

- **Rayos X:** este tipo de radiación se da por la interacción entre los electrones y los rayos en la interacción del núcleo del átomo. Este tipo de radiación se da en menor cuantía respecto a las otras radiaciones. El daño que puede generar depende de la dosis a las que se exponga el TOE.
- **Radiación Gamma:** no posee carga eléctrica, este factor hace que no sufra alteraciones al exponerse a campos magnéticos o eléctricos. Este tipo de radiación puede generar un impacto significativo si se expone a la materia, en el ámbito de la medicina se ha logrado concentrar su energía dirigiéndola a células cancerígenas sin afectar a células sanas, generando tratamientos específicos para varios tipos de cáncer.
- **Partículas Alfa:** este tipo de radiación se forma con dos protones y dos neutrones, los cuales al desintegrarse de elementos radiactivos como el uranio, radio y polonio generando radiación, los efectos en la salud depende de la forma en que se expone el cuerpo.
- **Partículas Beta:** son partículas que se mueven a gran velocidad, con carga eléctrica negativa o positiva, las cuales también son llamadas positrones, este tipo de partícula se altera por los campos eléctricos o magnéticos, los efectos en la salud se dan fácilmente por el tamaño de la partícula y su menor masa logrando penetrar tejidos blandos generando efectos negativos a los cuerpos que se exponen a ella (Galindo, 2024).

La radiación ionizante causa efectos en los tejidos vivos, pierde energía cuando interactúa con átomos y moléculas generando la alteración de los tejidos, de esta forma se ha dado paso al término de radiosensibilidad, haciendo referencia a la mayor o menor afectación celular de los distintos tejidos causada por la radiación ionizante. En función de lo anterior, en 1906, Bergonie y Tribondeau proponen la ley que establece que a radiación ionizante presenta mayor eficacia en las células que son activamente mitóticas, que no están diferenciadas y que tienen un amplio futuro o vida media. Estos dos autores establecen que una célula es más radiosensible cuando presenta mayor actividad mitótica, es más radiosensible aquella célula menos diferenciada o indiferenciada y es más radiosensible la célula que tiene por delante un ciclo vital con mayor número de divisiones (Piera, 1988, pp. 12-13).

El uso de las radiaciones ionizantes en la práctica médica moderna es frecuente para el diagnóstico y para la terapia, considerando que ofrecen grandes beneficios a la sociedad, aunque su manipulación implica un riesgo a los trabajadores ocupacionalmente expuestos y que también puede minimizarse si se usan métodos de prevención y control adecuados, un ejemplo es la aplicación de teorías aplicables en radio protección como la ley del cuadrado inverso de la distancia, su aplicabilidad refiere a que fenómenos físicos como la radiación, donde la intensidad es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia del centro de donde originan la intensidad.

En el área de radiodiagnóstico se utilizan varios equipos especializados, incluyendo: Radiografía convencional: tubo de Rayos X y detector de imagen para producir imágenes de estructuras internas del cuerpo. (Brosed, s.f., p. 111). Dentro del radiodiagnóstico se utilizan diferentes equipos especializados que tienen su aplicación en diferentes procedimientos como se menciona a continuación:

- Radiografía convencional: tubo de Rayos X y detector de imagen para producir imágenes de estructuras internas del cuerpo ((Brosed, s.f., p. 56).
- Tomografía Computarizada (TAC o TC): combina múltiples radiografías que crean cortes transversales del cuerpo (Brosed, s.f., p. 136).
- Mamografía: Especializada en la detección temprana de cáncer de mama, en esta se utilizan radiografías de bajas dosis (Brosed, s.f., p. 124)
- Radiografía Intervencionista: se usan equipos como fluoroscopios, angiografías para guías de procedimientos mínimamente invasivos (biopsias y colocación de stents en áreas de cardiología) (Brosed, s.f., p. 161).
- Densitometría Ósea: es una técnica de imagen utilizada para medir la densidad mineral ósea (DMO) y evaluar la cantidad de calcio y otros minerales presentes en un segmento de hueso. Este procedimiento se utiliza principalmente para diagnosticar y monitorear enfermedades relacionadas con la pérdida de masa ósea como la osteoporosis. Esta técnica funciona bajo el principio de absorciometría de rayos X de doble energía (DXA). (Instituto Nacional de Cáncer, S.f, párr. 1).

La Densitometría ósea se desarrolló en el año 1970 con la introducción de la absorciometría dual de los rayos X (DXA o DEXA), la densitometría ósea es el estándar de oro para el diagnóstico de la Osteoporosis, en este examen se evalúa el riesgo de fractura especialmente en mujeres posmenopáusicas y adultos mayores de 65 años (kanis, 2002, párr. 1).

Dentro de los principales contribuyentes de la densitometría ósea se encuentran los siguientes:

- John R. Cameron y James A. Sorenson: Pioneros en la medición de la densidad ósea utilizando técnicas de absorciometría en los años 1960.

- Harry K. Genant: Uno de los principales promotores de la tecnología DXA en los años 1980, contribuyendo significativamente a su desarrollo y adopción clínica.

Entre 1950 y 1960 se dio el desarrollo inicial de técnicas de absorciometría fotónica simple (SPA) y dual (DPA) sentó las bases para la medición de la densidad ósea.

- SPA: Utilizaba un único haz de rayos gamma para medir la densidad ósea en sitios periféricos.
- DPA: Introdujo el uso de dos energías diferentes de rayos gamma, mejorando la precisión de las mediciones.

En 1980, la absorciometría dual de rayos X (DXA) fue introducida, utilizando rayos X en lugar de rayos gamma, lo que permitió mediciones más precisas y una menor exposición a la radiación.

A pesar de que las radiaciones ionizantes juegan un papel importante en el diagnóstico temprano y oportuno de patologías, la transferencia de energía puede traer como consecuencia afectaciones biológicas deterministas y estocásticas de modo directo dependiendo de factores como el tipo de radiación, la dosis y la duración de la exposición, con relación a la dosis recibida.

Los efectos deterministas son los que ocurren con una dosis suficientemente alta y con relación directa con dosis la recibida, estos efectos se vuelven más graves conforme aumenta la dosis de radiación y se manifiestan poco después de su exposición a una dosis alta, ejemplos de efectos deterministas incluyen eritema cutáneo agudo, síndrome de irradiación aguda, lesiones oculares, síndrome de medula ósea. Mientras que los efectos estocásticos o probabilísticos son aquellos que pueden ocurrir de manera aleatoria y cuya probabilidad de aparición aumenta con la dosis de radiación, pero la gravedad no es relacionada con la dosis. (Cáncer, Mutaciones genéticas) estas no tienen un umbral claro de dosis por debajo del cual no hay riesgo (Gamo, S.f., p. 4).

El uso de modelos validados científicamente como el modelo lineal sin umbral (LNT), utiliza los efectos producidos en los supervivientes de grandes desastres nucleares. Este modelo asume que existe una respuesta biológica a la exposición de tipo lineal y que la misma relación continúa dándose a dosis bajas. Por medio de este modelo se calcula que una dosis de radiación genera un caso extra de un tipo definido de cáncer por cada mil personas expuestas, en virtud de lo cual el modelo predice que una milésima de esa dosis causará un caso extra del mismo tipo de cáncer por cada millón de personas expuestas.

Una vez identificado que existen afectaciones biológicas, la comisión internacional de protección radiológica reglamenta por medio de normas específicas fundamentadas en directrices internacionales los métodos adecuados para la prevención del riesgo producido por las radiaciones ionizantes limitando de esta manera la probabilidad de ocurrencia de los efectos secundarios a corto o largo plazo, estableciendo valores considerablemente aceptables para las personas ocupacionalmente expuestas (ICRP, 2007, p. 12).

Es necesario entonces, establecer un nivel de dosis individual el cual sirva como nivel de referencia teniendo la intención inicial de no exceder estos niveles, no obstante, lo ideal consistiría en reducir estos niveles aún más que aquellos valores establecidos como aceptables y que fueron propuestos por la ICRP los cuales se presentan a continuación:

Tabla 2. *Límites de dosis recomendados*

Tipo de límite	Ocupacional
Dosis efectiva	20 mSv por año promediada en periodos definidos en 5 años
Dosis equivalente anual en:	
Cristalino	20 mSv
Piel	500 mSv
Manos y pies	500 mSv

Adaptado de “Las recomendaciones 2007 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica.”. Por ICRP (2007).

Teniendo en cuenta que el límite de dosis efectiva recomendada es de 20 mSv por año, se infiere que el límite de dosis efectiva recomendada mensualmente corresponde a 1,67 mSv, no obstante, lo ideal es que la dosis se encuentra por debajo de 1 mSv para que no haya afectaciones en la salud de los trabajadores ocupacionalmente expuestos.

Entonces, los programas de vigilancia epidemiológica son una herramienta dinámica que permite identificar, evaluar, monitorear, hacer seguimiento e intervenir los factores de riesgo que pueden causar enfermedades profesionales en los trabajadores expuestos, esta herramienta está fundamentada en el ciclo PHVA; dividiendo sus etapas de la siguiente manera (SURA, 2012, pp. 14-30):

- Planear: consiste en la identificación del riesgo y valoración del peligro, caracterizando el evento a vigilar y diagnosticando las condiciones de trabajo y de salud.
- Hacer: aquí se definen los objetivos y metas, además se recolecta información y se estructura un sistema para su consolidación.
- Verificar: se evalúa la efectividad de los controles propuestos identificando el impacto de los controles sobre el nivel de riesgo.
- Actuar: se procede a hacer un ajuste del proceso y de los controles establecidos, redefiniendo prioridades proponiendo acciones de mejoramiento.

6.3 Marco conceptual

Durante siglos, el ser humano ha estado expuesto a diferentes tipos de radiación, como la ionizante, una forma de energía como el calor y la luz, este tipo de energía incluye rayos y partículas emitidos por material radiactivo y equipos de alto voltaje. La radiación ionizante es una

energía electromagnética capaz de generar iones a su paso por la materia causando alteración en su composición. Las radiaciones producidas por equipos de rayos X tiene alta capacidad de penetración, en grandes espesores de materiales y de paso producen daños biológicos a nivel celular y órganos, esto puede inducir al desarrollo de cáncer de piel, pulmones, leucemia, malformaciones fetales sobre todo en el primer trimestre de embarazo (Cherry, 1998, p. 2).

En función de lo anterior, se denomina Trabajador Ocupacionalmente Expuesto a aquel trabajador que en ejercicio de su ocupación se encuentra expuesto constantemente a una dosis ocupacional producto de la radiación ionizante generada por el dispositivo que manipula.

Entonces: existe una dosis absorbida, una dosis equivalente y una dosis efectiva, donde la primera hace referencia a “la energía que la radiación ionizante imparte a la materia por unidad de masa (J/Kg)”, su unidad de medida es el Gray (Gy), esta dosis absorbida juega un papel importante en los efectos biológicos, así como la dosis equivalente cuya unidad de medida es el sievert (Sv) y es “la dosis absorbida corregida por los factores de ponderación” teniendo como función establecer el efecto biológico derivado de la exposición a la radiación y finalmente la sumatoria de las dosis equivalentes presentes para los diferentes tejidos y órganos dan paso al término dosis efectiva, esta última tiene en cuenta la vulnerabilidad de los órganos y tejidos y el tipo de radiación y su unidad de medida es el milisievert (mSv) (Cherry, 1998, p. 3).

La Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de enfermedades (1999) establece que altas dosis de radiación puede causar enfermedades o la muerte, dentro de los efectos secundarios de la exposición a este tipo de radiación se encuentran las quemaduras de la piel, náuseas, caída del cabello, cáncer entre otras, siendo estas últimas las afectaciones biológicas que se caracterizan por la probabilidad de ocurrencia dependiendo de la dosis de radiación, debido a que un incremento en la exposición a radiación genera un aumento en la probabilidad de transformación de algún

órgano o tejido dando paso a la materialización del riesgo físico por radiaciones ionizantes (párr. 12).

Utilizar análisis citogenéticos como la detección de micronúcleos (MN), para realizar estudios en poblaciones de alto riesgo, proporciona un monitoreo del daño celular que pueda causar la exposición. Emplear en estos análisis en tiempos cortos de incubación permiten mejorar la oportunidad diagnóstica por exposición según frecuencia de MN (Rincón, 2021, pp. 86-89), de esta manera poder controlar los efectos producidos por uno de los más importantes cancerígenos laborales mundialmente (Qian et al., 2016, párr. 1) y que están contemplados dentro del sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo, ofreciendo orientación entre exposición a dosis bajas de radiación ionizante y la relación con desmejoras en la calidad de vida (Ministerio de salud y protección social, 2012, pp. 16-20).

Con el propósito de minimizar afectaciones biológicas en los TOE, se crea un programa de vigilancia epidemiológica que tiene como propósito ayudar a la recolección permanente y sistemática de información de las condiciones de salud de los trabajadores permitiendo de este modo identificar, monitorear, realizar seguimiento e intervenir los factores de riesgo a los que están expuestos los trabajadores que manipulan los dispositivos que trabajan con radiación ionizante (Universidad CES, s.f, párr 1.).

6.4 Marco legal

Tabla 3. Marco legal

Norma	Título	Aplicación de la norma
Ley 9 de 1979	Por la cual se dictan medidas sanitarias	<p>Artículo 80: Para preservar, conservar y mejorar la salud de los individuos en sus ocupaciones la presente Ley establece normas tendientes a: Proteger la salud de los trabajadores contra los riesgos causados por las radiaciones.</p> <p>Artículo 150: Para el desarrollo de cualquier actividad que signifique fuentes de radiaciones ionizantes deberán adoptarse todas las medidas necesarias para garantizar la protección de la salud y la seguridad de las personas directa o indirectamente expuestas.</p>
Decreto 588 de 1991	Por el cual se modifican Los Estatutos Básicos Del Instituto De Asuntos Nucleares, IAN	<p>Artículo 2. Objetivos. Prevenir los efectos de las radiaciones ionizantes sobre la población y el medio ambiente mediante la investigación, reglamentación, supervisión y control de sus aplicaciones en el territorio nacional.</p>
Decreto 1494 de 1993	Por la cual se dictan normas sobre calificación. Clasificación e inscripción en el registro de proponentes del servicio de telefonía móvil celular	<p>Artículo 3. Por la cual se dictan normas sobre calificación. Clasificación e inscripción en el registro de proponentes del servicio de telefonía móvil celular</p>
Decreto 2090 de 2003	Por el cual se definen las actividades de alto riesgo para la salud del trabajador	<p>Artículo 2. Se consideran actividades de alto riesgo para la salud de los trabajadores las siguientes con exposición a radiaciones ionizantes.</p>
Decreto 1477 de 2014	Por la cual se expide la tabla de enfermedades laborales.	<p>Sección I: Agentes etiológicos / factores de riesgo ocupacional a tener en cuenta para la prevención de enfermedades laborales. 2. Agentes físicos. Radiaciones ionizantes.</p>
Decreto 1072 de 2015	Por el cual se expide el decreto único reglamentario del sector trabajo	<p>La implementación del SG-SST es de obligatorio cumplimiento. Las empresas, sin importar su naturaleza o tamaño, deben implementar un Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo.</p>
Resolución 2400 de 1979	Por la cual se establecen la normatividad sobre vivienda, higiene y seguridad industrial en los establecimientos de trabajo.	<p>Artículo 98: Todas las radiaciones ionizantes tales como rayos X, rayos gamma, emisiones beta, alfa, neutrones, electrones y protones de alta velocidad u otras partículas atómicas, deberán ser controladas para lograr niveles de exposición que no afecten la salud, las funciones biológicas, ni la eficiencia de los trabajadores de la población general.</p>

Tabla 4. Marco legal

Resolución 4445 de 1996	Por el cual se dictan normas para el cumplimiento del contenido del Título IV de la Ley 09 de 1979, en lo referente a las condiciones sanitarias que deben cumplir los establecimientos hospitalarios y similares	Artículo 33. En los servicios radiológicos se tendrán en cuenta las protecciones necesarias para evitar radiaciones al personal
Resolución 18-1434 de 2002	Por la cual se adopta el Reglamento de Protección y Seguridad Radiológica	Establece los requisitos y condiciones mínimos que deben cumplir y observar las personas naturales o jurídicas interesadas en realizar o ejecutar prácticas que causan exposición a la radiación ionizante o en intervenir con el fin de reducir exposiciones existentes, así como los requisitos y condiciones básicos para la protección de las personas contra la exposición a la radiación y para la seguridad de las fuentes de radiación, denominados en lo sucesivo protección y seguridad
Resolución 90874 de 2014	Por medio de la cual se establecen los requisitos y procedimientos para la expedición de autorizaciones para el empleo de fuentes radiactivas y de las inspecciones de las instalaciones radiactivas.	Artículo 1. Objeto. Establecer los requisitos técnicos y los procedimientos administrativos aplicables en los procesos de solicitud y expedición de autorizaciones para el empleo de fuentes radiactivas y de las inspecciones a las instalaciones radiactivas asociadas con la utilización de fuentes radiactivas, selladas o no selladas, de acuerdo a los estándares internacionales de clasificación de este tipo de fuentes.
Resolución 482 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	Reglamentar tanto el uso de quipos generadores de radiación ionizante y su control de calidad en prácticas médicas, a través del otorgamiento de licencias para el ejercicio de dichas prácticas, como la prestación de servicios de protección radiológica.
Resolución 3100 de 2019	Por la cual se definen los procedimientos y condiciones de inscripción de los prestadores de servicios de salud y de habilitación de los servicios de salud	Ambiente exclusivo, para el equipo generador de radiación ionizante. La dimensión de este ambiente debe ser acorde al tipo de equipo generador de radiación ionizante, su ficha técnica y a los procedimientos que se realicen, debe permitir movilización del talento humano, pacientes, usuarios y equipos biomédicos.
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	Estos estándares mínimos corresponden al conjunto de requisitos, normas y procedimientos de obligatorio cumplimiento por parte de los empleadores y contratantes.

Tabla 5. Marco legal

Circular externa 029 de 2018	Instrucciones para la aplicación de la Resolución 482 de 2018 <i>“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”</i> .	Busca garantizar el uso adecuado de los equipos generadores de radiación ionizante Rayos X. En consecuencia, la figura de director técnico a que refiere dicha resolución, tiene por objeto establecer el personal idóneo para la realización de los servicios de protección radiológica y control de calidad en las instituciones prestadoras de servicios de salud o de los profesionales independientes, tales como controles de calidad y cálculos de blindaje y, por lo tanto, se constituye en un requisito para la obtención de la licencia de prestación de servicios de protección radiológica y control de calidad, de que trata el <u>Capítulo II</u> del precitado acto administrativo.
------------------------------	--	---

Nota: elaboración propia, cuenta con la normatividad legal vigente colombiana relacionada con radiación ionizante

6.5 Marco normativo

Las radiaciones ionizantes y las sustancias radiactivas tienen diversas funciones beneficiosas en diferentes sectores de la industria. En todos los sectores, el riesgo que representan debe ser evaluado y controlado, entonces, las actividades que usan la radiación para fines médicos están sujetas a normas de seguridad mundial que buscan la mejora continua. El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) es la organización encargada de regular la seguridad de la tecnología nuclear teniendo como finalidad proteger la vida y la salud humana contra los efectos nocivos de la radiación ionizante.

En el año 2016 se publican normas de seguridad del OIEA para la protección de las personas y el medio ambiente. Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación, Normas básicas internacionales de seguridad Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación, Normas básicas internacionales de seguridad. Requisitos de seguridad generales, parte 3. N° (GSR Part 3), en donde se establecen los requisitos que se deben cumplir en todas las instalaciones donde se realice cualquier actividad que dé paso a riesgos radiológicos, y es el OIEA quien publica las guías de seguridad para la aplicación de las normas (OIEA, 2016, pp.37-46)

En Colombia, la Norma Técnica colombiana 3701: Higiene y Seguridad (Guía para la clasificación, registro y estadística de accidentes del trabajo y para enfermedades profesionales), tiene por objeto mantener los registros básicos de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales, sirviendo como guía o norma para la identificación de eventos que puedan ser considerados en el ambiente laboral como posibles entradas del programa de vigilancia (NTC 3701, 1995, p. 3).

Finalmente, la Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional. ICONTEC GTC 45 2012, proporciona las directrices para identificar los peligros y valorar los riesgos de seguridad y salud ocupacional (GTC 45, 2012, p 4).

7. Diseño metodológico

La ruta metodológica inicialmente se fundamentó, en la aplicación de la norma técnica GTC 45 del sistema de vigilancia epidemiológica para radiaciones ionizantes en prestadores de servicios, teniendo como guía el ciclo PHVA basado en la valoración del riesgo y en la información proporcionada por la empresa Osteollanos Ltda., en lo referente a la exposición del riesgo físico por radiación ionizante en los trabajadores ocupacionalmente expuestos.

Para el desarrollo de los objetivos propuestos, la consultoría se basó en 3 etapas que corresponden a los tres objetivos específicos planteados:

- Etapa 1: valoración del riesgo físico de radiación ionizante de los trabajadores ocupacionalmente expuestos en la empresa Osteollanos Ltda., con la finalidad de identificar los controles existentes: fuente, medio e individuo y a su vez proponer medidas de intervención: eliminación, sustitución, controles de ingeniería, controles administrativos y EPPs.

- Etapa 2: análisis de data durante el quinquenio: 2019-2023, con el propósito de conocer las tendencias de la estructura del dato e implementar valores institucionales.
- Etapa 3: planteamiento de recomendaciones relacionadas con el análisis de los datos y los controles identificados en la etapa 1 y 2.

7.1 Etapa 1 valoración del riesgo físico por radiación ionizante

Para la evaluación del riesgo a radiaciones ionizantes al que están expuestos los TOE según la Guía Técnica colombiana 45 (Guía para identificar los peligros y valorar los riesgos en seguridad y salud ocupacional), se realizó una rubrica que proporcionó directrices para la identificación, evaluación y control de los riesgos laborales de los trabajadores ocupacionalmente expuestos en la empresa Osteollanos Ltda., siguiendo los siguientes pasos:

- Identificación de Fuentes de Radiación: se enumeraron las fuentes de radiación ionizantes presentes en Osteollanos Ltda. (Consignada en la herramienta de vigilancia y monitoreo)
- Identificación de trabajadores Expuestos: se identificaron todos los trabajadores potencialmente expuestos a la radiación, y se revisaron los registros de dosis personales y colectivas de su historia en la institución. (Consignada en la herramienta de vigilancia y monitoreo)
- Caracterización de la exposición: se determinó la naturaleza y magnitud de la radiación ionizante para cada trabajador y se analizaron las magnitudes empleadas en la empresa.
- Clasificación de las áreas de trabajo: se identificaron y describieron las condiciones de las áreas de trabajo, teniendo en cuenta la Resolución 482 de 2018.

- Evaluación del Riesgo: se evaluaron los riesgos asociados a los trabajadores utilizando la matriz de riesgos correspondiente a la GTC 45, realizada en escenarios diferentes y con los tres interventores de la consultoría (Apéndice E)
- Determinación de medidas de control: se identificaron y priorizaron las medidas y controles necesarios para reducir o eliminar los riesgos identificados.
- Disminución de subjetividad de la GTC 45: cada integrante de grupo de la consultoría realizó la valoración del riesgo de radiación ionizante y se hizo una ponderación entre las 3 diferentes valoraciones con la finalidad de minimizar la subjetividad.

7.2 Etapa 2 análisis de data

La empresa Osteollanos Ltda., mensualmente realiza dosimetrías, las cuales corresponden al cálculo de las dosis absorbidas en tejidos y materia, surgen como resultado de la exposición a radiación, tanto directa como indirectamente, para el desarrollo de esta segunda etapa se recopilaron los resultados de las dosimetrías realizadas al personal de Osteollanos Ltda., durante el quinquenio 2019 – 2023, estos datos corresponden a las tres mediciones asociadas a los trabajadores: Dosis equivalente personal profunda (Hp10), dosis equivalente superficial (Hp 0,07) y dosis equivalente cristalino (Hp 0,3). No obstante, el análisis se fundamentó en la dosis equivalente personal profunda (Hp10) debido a que esta es posible relacionarla con la dosis efectiva y considerando una exposición uniforme y homogénea de todo el cuerpo, adicionalmente y teniendo en cuenta que la dosimetría de película no evalúa la dosis superficial Hp (0,07) ni de cristalino Hp (0,3), se utiliza el resultado de dosis equivalente personal profunda Hp (10), motivo de interés de medición de dosis absorbida recibida por el trabajador durante el quinquenio de análisis.

Posterior a la recolección y limpieza de información, se procedió a realizar el análisis de los datos, estudiando su comportamiento y estructura durante el periodo de análisis.

7.3 Etapa 3 planteamiento de recomendaciones

Una vez evaluado el riesgo físico radiación ionizante y analizado la data relacionada con las dosimetrías realizadas en la empresa Osteollanos Ltda., se estableció un plan de acción para identificar las medidas de control, responsables, y plazos para garantizar la eficacia continua del programa de vigilancia epidemiológica.

8. Desarrollo

Para lograr el desarrollo de la creación del programa de vigilancia epidemiológica en radiaciones ionizantes, durante los meses de marzo a julio de 2024 se realizaron reuniones los miércoles a las 7:30 pm. Durante las reuniones se adelantaba el cronograma de trabajo planteado que consistió en: 1. Búsqueda de bibliografía, 2. Búsqueda de la información de la empresa Osteollanos Ltda. 3. Entrevistas con las partes interesadas: Físico Médico, Empleados, Gerente. 4. Logro de los objetivos de trabajo propuestos 5. Definición de nuevas tareas.

Para la elaboración documental se utilizaron herramientas ofimáticas, revisión documental en la web, utilizando paginas oficiales nacionales e internacionales y los aportes metodológicos y temáticos hechos por el docente y los estudiantes.

Teniendo en cuenta el diseño metodológico para cada etapa se obtuvo lo siguiente:

8.1 Etapa 1 valoración del riesgo físico radiación ionizante

La utilización de fuentes radiactivas actualmente juegan un papel indispensable en el diagnóstico médico y en el tratamiento de algunas enfermedades, razón por la cual su aplicación cada vez es más común, no obstante, esta radiación representa un riesgo significativo a los trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOE), en la presente etapa se hizo la identificación de las fuentes de radiación que se presentan en Osteollanos Ltda., al igual se hizo la identificación de los trabajadores ocupacionalmente expuestos y seguidamente se caracterizó la exposición.

Teniendo en cuenta la información obtenida, se aplicó la GTC 45 para la evaluación y valoración del riesgo a radiaciones ionizantes, en la aplicación de la guía se determinaron las medidas de control correspondientes para minimizar el riesgo, esta guía fue aplicada por cada uno de los integrantes de la consultoría para finalmente hacer una ponderación entre las 3 matrices, obteniendo una evaluación y valoración del riesgo mayoritariamente objetiva.

8.1.1. Identificación de fuentes de radiación

La empresa Osteollanos Ltda., Actualmente cuenta con 2 Densitómetros óseos marca General Electric modelo lunar prodigy advance, estos equipos son utilizados para medir la densidad mineral ósea sirviendo como herramienta para el diagnóstico de osteoporosis. La técnica diagnóstica utilizada por estos equipos es la DXA que consiste en pasar rayos X con dos grados diferentes de energía a través de los huesos para medir la cantidad de calcio y otros minerales.

8.1.2. Identificación de trabajadores expuestos

La empresa Osteollanos Ltda., durante su trayectoria como IPS, ha contado con diferentes tecnólogos y auxiliares en radiología. En el año 2024 cuenta con 3 personas capacitadas para el

manejo adecuado del densitómetro óseo quienes son los trabajadores ocupacionalmente expuestos con los que cuenta la empresa y se relacionan a continuación:

Tabla 6. *Trabajadores ocupacionalmente expuestos Osteollanos Ltda*

Nombre	Edad	Género
Marcela López Cerón	49	Femenino
Lorena Landinez Ariza	42	Femenino
Mariana Galeano Escobar	23	Femenino

Nota: elaboración propia

8.1.3. Clasificación de las áreas de trabajo

La organización de procedimientos y reglamentos de la práctica médica en Osteollanos Ltda., con el uso de las radiaciones ionizantes, dependen de la clasificación de las zonas de la instalación, así como una monitorización del lugar de trabajo, se hace una clasificación con respecto a las distribuciones de los campos de radiación que se tengan para el lugar donde se opere el equipo generador de radiación ionizante teniendo en cuenta las recomendaciones internacionales así:

- **Zona controlada:** espacio donde se encuentran y operan las unidades de rayos X, en esta zona se requieren medidas de protección y seguridad específicas para controlar las exposiciones en condiciones normales, el acceso a esta área está restringido y monitorizado.
- **Zonas supervisadas:** conformada por el cuarto de control, desde donde es operado los equipos y demás zonas colindantes como oficinas y las salas de espera de pacientes.

El oficial de protección radiológica del servicio es el encargado de clasificar las áreas de trabajo de acuerdo a las condiciones propias de la prácticas médicas, la cual deberá estar siempre actualizada de acuerdo con las condiciones reales existentes basándose en las variaciones que puedan sufrir las condiciones de trabajo, por instalación o traslado de nuevos equipos, por

variaciones en las cargas de trabajo que aumentan el uso de la radiación ionizante o por otra razón de peso que puedan alterar los resultados de las medidas obtenidos de las evaluaciones radiológicas.

8.1.3.1 Descripción de las áreas de trabajo: en el año 2023, el físico médico Jaime Castañeda elaboró para el Instituto de Osteoporosis de los llanos Ltda., la memoria descriptiva de los blindajes de la unidad de rayos X (densitómetro óseo), en este documento se establecen los espesores de protección requeridos y los materiales empleados como el plomo, dichos espesores son los requeridos en las áreas donde se encuentran los densitómetros óseos y tienen las siguientes características:

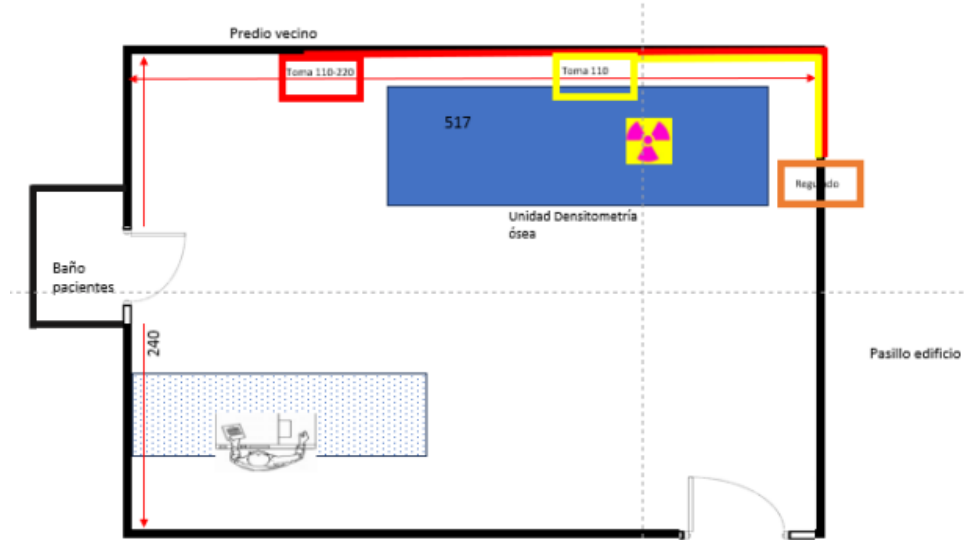
Tabla 7. *Espesor de protección requerido si se utilizan materiales que no sean plomo*

Barreras	Descripción	Concrete (mm)	Gypsum (mm)	Wood (mm)	Steel (mm)	Glass (mm)
1	MURO 1: CONSULTORIO VECINO	12,1703	35.4597	192.5085	0.7417	15.1936
2	MURO 2: PREDIO VECINO	65.9009	207.8179	626.4326	6.7926	76.139
3	MURO 3: PASILLO	40.7092	128.7527	460.0657	3.4807	48.8407
4	MURO 4: PASILLO	-	-	-	-	-

Adaptado de “Memoria descriptiva de los blindajes unidad de rayos X densitómetro óseo.” Por Castañeda, J. (2023)

El trabajador debe situarse a una distancia de 1.5 m del densitómetro como se evidencia en la figura 5. La distancia del campo de radiación es comparable con el fondo de radiación natural, por lo tanto, no se requiere chaleco plomado.

Figura 5. Plano de la instalación. Identificación de muros alledaños para el cálculo de blindajes y estimación de dosis TOE.



Recuperado de “Reporte de información de la instalación salas de Rayos X convencional”. Por Castañeda, J. (2023)

8.1.3.2 Señalización: todas las áreas de los servicios de la IPS están debidamente delimitadas y señalizadas, con el fin de informar a los trabajadores, a los pacientes y al público en general el riesgo de exposición a radiación ionizante generada por el equipo del servicio. El acceso a la zona controlada está limitado para personas no autorizadas mediante una puerta con cerradura. Sólo el personal encargado del manejo del equipo y el paciente tiene la autorización para el ingreso a la zona controlada.

La señalización de la zona controlada esta de manera visible en la sala donde se encuentra el equipo de rayos X, en esta se puede ver el símbolo internacional (trébol magenta sobre fondo amarillo), que indica el riesgo de exposición a radiación ionizante, así mismo en la puerta de ingreso a estas salas, se encuentra instalada la debida señalización que recomienda el cuestionamiento de estado de embarazo.

Figura 6. Señalización de zona controlada y supervisada donde se encuentran las unidades de rayos X.



Recuperado de gestión biomédica prosalco IPS (s.f.)

8.1.4. Caracterización de la exposición:

El densitómetro óseo utiliza bajas dosis de radiación ionizante y produce dos haces de rayos X, los cuales son absorbidos por el hueso y partes blandas respectivamente. Dichas dosis de radiación dependen de la región objeto de estudio (columna vertebral, cadera, fémur o cuerpo entero), de igual manera depende de la exactitud de la medición de la densidad mineral ósea, es decir, si se requiere una imagen de mejor calidad es necesario que se aplique una mayor dosis.

De acuerdo con lo anterior, la realización de las densitometrías que realiza Osteollanos Ltda., implican que el equipo utilizado emite las siguientes dosis por cada estudio que realiza:

Tabla 8. Cantidad de dosis que emite el equipo por tipo de estudio

Tipo de estudio	Cantidad de dosis emitida (μGy)
Estudio de columna	87
Estudio de fémur	37
Estudio de espina lumbar	37
Estudio de mano	2

Adaptado del informe generado por el equipo

Conforme con el Anexo técnico, Manual de inscripción de prestadores y habilitación de servicios de salud de la resolución 3100 de 2019 la empresa Osteollanos Ltda., en atención al

estándar historia clínica y registros realiza un seguimiento a los estudios que se realizan generando una base de datos la cual permite conocer el número de exposiciones e imágenes tomadas, así como la dosis de radiación de acuerdo con la tecnología del equipo usado. Teniendo en cuenta lo mencionado junto con los datos de la tabla 7, para el año 2023 mensualmente el equipo emitió las siguientes dosis:

Tabla 9. *Dosis emitida por el equipo*

Mes	Cantidad de estudios columna	Cantidad de estudios fémur	Cantidad de estudios de espina lumbar	Cantidad de estudios de mano	Total dosis emitida por el equipo ((mGy)
Enero	334	334	181	17	46,91
Febrero	339	339	194	30	47,92
Marzo	330	330	149	40	45,17
Abril	329	329	171	45	45,90
Mayo	340	340	187	66	47,85
Junio	330	330	204	41	47,23
Julio	329	329	186	46	46,45
Agosto	340	340	213	57	48,80
Septiembre	328	328	188	54	46,42
Octubre	342	342	233	57	49,78
Noviembre	337	337	183	30	47,27
Diciembre	273	273	100	9	36,48

Adaptado del informe generado por el equipo

8.1.5. Evaluación del riesgo

Se evaluaron los riesgos asociados a los trabajadores utilizando la matriz de riesgos correspondiente a la GTC 45, realizada en escenarios diferentes y con los tres interventores de la consultoría (Apéndice E).

8.1.6. Determinación de medidas de control

Con el objetivo de prevenir enfermedades o accidentes laborales, una vez ingrese un trabajador nuevo, se le solicitará al empleado los reportes históricos de las dosimetrías producto de los días laborados en la anterior institución, con el propósito de tener un registro de la dosis con la que ingresan a la IPS: Osteollanos Ltda., y proporcionar un adecuado manejo dado el caso lleguen con dosis elevadas. (véase Apéndice C. algoritmo de activación según resultados de otras IPS)

Se continuará con la realización de las evaluaciones médicas ocupacionales de Ingreso, periódicas y Egreso, adicionalmente, se harán las recomendaciones pertinentes atendiendo los diferentes conceptos ocupacionales obtenidos en aras de posteriormente hacer el seguimiento correspondiente y determinar si el trabajador acató o no las recomendaciones.

Así mismo, se comunicará al servicio de dosimetría el ingreso de nuevo funcionario para llevar el control adecuado de la dosis absorbida, estos datos serán ingresados al programa de vigilancia epidemiológica y consignados en la herramienta de seguimiento y monitoreo creada, a su vez estos resultados serán comunicados a los trabajadores por medio del formato Informe mensual de dosimetrías el cual se encuentra consignado en el apéndice F con el objetivo de realizar un control y seguimiento a dichas dosimetrías obtenidas.

De igual manera, se implementarán los controles propuestos en la matriz de identificación y valoración de riesgos.

8.1.7. Disminución de subjetividad de la GTC 45

Cada integrante de grupo de la consultoría realizó la valoración del riesgo de radiación ionizante y se hizo una ponderación entre las 3 diferentes valoraciones con la finalidad de minimizar la subjetividad, esta ponderación se encuentra en el Apéndice E.

8.2 Etapa 2 análisis de data

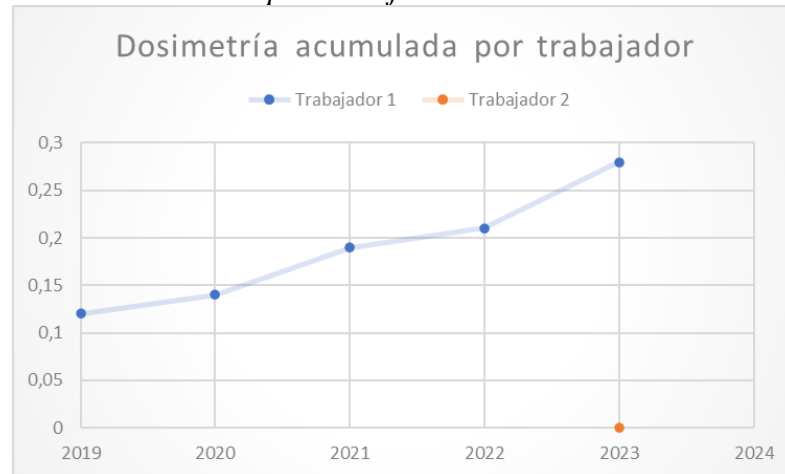
La empresa Osteollanos Ltda., mensualmente realiza dosimetrías, las cuales corresponden al cálculo de las dosis absorbidas en tejidos y materia, que surgen como resultado de la exposición a radiación tanto directa como indirectamente.

Para el desarrollo de esta segunda etapa se recopilieron los resultados retrospectivos de las dosimetrías realizadas al personal de Osteollanos Ltda., durante el quinquenio 2019 – 2023, estos datos corresponden a las tres mediciones asociadas a los trabajadores: Dosis equivalente personal profunda (Hp10), dosis equivalente superficial (Hp 0,07) y dosis equivalente cristalino (Hp 0,3). Para el presente análisis se tuvo en cuenta el acumulado de las dosimetrías (Hp 10) por trabajador durante el tiempo laborado teniendo como resultado la tabla 8 que se presenta a continuación:

Tabla 10. *Acumulado Hp 10 por trabajador*

Año	Trabajador 1	Trabajador 2
2019	0,12	
2020	0,14	
2021	0,19	
2022	0,21	
2023	0,28	0

Adaptado de “archivo de dosimetrías” por Osteollanos Ltda.

Figura 7. *Gráfica dosimetría acumulada por trabajador*

Nota: autoría propia

Teniendo en cuenta el comportamiento de los datos durante el quinquenio analizado, y conociendo que los efectos biológicos por exposición a la radiación ionizante pueden presentarse, se define un nivel de intervención y activación de la vigilancia en **0.84 mSv/mes** según los reportes recibidos. Este valor se define teniendo como base el historial dosimétrico de la empresa, los controles realizados en la fuente y el medio, sin alejar o dejar de lado los requisitos normativos para la valoración y actuación frente al riesgo y teniendo en cuenta que la vigilancia epidemiológica a implementarse conservará mayor rigurosidad de actuación e intervención frente al dato. (véase *Apéndice B. algoritmo de activación*)

8.3 Etapa 3 plan de recomendaciones

Una vez evaluado el riesgo físico radiación ionizante y analizado la data relacionada con las dosimetrías realizadas en la empresa Osteollanos Ltda., se estableció una serie de recomendaciones para garantizar la eficacia continua del programa de vigilancia epidemiológica.

- a) **Mantenimiento y Mejora Continua:** continuar con la evaluación periódica del sistema de vigilancia epidemiológica para identificar áreas de mejora y asegurar que se mantenga actualizado.
- b) **Capacitación Permanente del Personal:** implementar capacitación continua para el personal involucrado en la vigilancia epidemiológica. Esto incluye formación sobre el uso de herramientas tecnológicas, procedimientos de recolección de datos y análisis de tendencias epidemiológicas dando continuidad al cronograma de capacitaciones que se encuentra consignado en el Apéndice G.
- c) **Inspecciones a las áreas de trabajo:** en conjunto con el OPR se realizarán inspecciones a las áreas de trabajo con el fin de verificar las condiciones locativas y de seguimiento al factor de riesgo (Apéndice H). (*Véase Apéndice B. Algoritmo de activación*)
- d) En las reuniones con el vigía, se incluirá y socializará el comportamiento y reporte de las mediciones hechas mensualmente con el fin de dar a conocer el comportamiento de las dosis absorbidas en la empresa.
- e) Dentro del programa de vigilancia se diseña o anexa el documento que contiene el programa de formación en protección radiológica junto con el plan de emergencias radiológicas de la empresa.
- f) Se darán a conocer los resultados de las mediciones hechas a cada uno de los TOE de la empresa y reposará en el área de SST los valores obtenidos en la herramienta de la vigilancia.
- g) Mensualmente se continuará con el diligenciamiento de la herramienta de vigilancia creada y semestralmente se verificarán los indicadores de cumplimiento del programa.

9. Cronograma

Figura 8. Cronograma

CRONOGRAMA DE LA CONSULTORIA																								
CRONOGRAMA PARA EL DISEÑO DEL PROGRAMA DE VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA PARA RADIACION IONIZANTE APLICADO A LOS TRABAJADORES OCUPACIONALMENTE EXPUESTOS DE LA EMPRESA OSTEOLLANOS LTDA																								
TIEMPO DE EJECUCIÓN DE LA CONSULTORIA																								
ACTIVIDAD	NOVIEMBRE				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO			
	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4
FORMULACION DEL PROBLEMA , JUSTIFICACION																								
PLANEACION DEL PVE (OBJETIVOS, OBJETIVOS ESPECIFICOS, ALCANCE Y RESPONSABILIDADES)																								
MARCO REFERENCIAL																								
MARCO TEORICO																								
MARCO CONCEPTUAL																								
MARCO LEGAL																								
APLICACIÓN DE RUBRICA PARA LA EVALUACION DEL RIESGO DE RADIACIONES IONIZANTES DE LOS TRABAJADORES OCUPACIONALMENTE EXPUESTOS DE LA EMPRESA OSTEOLLANOS RESPECTO A LOS REQUISITOS DE LA GTC 45																								
DISEÑO, IMPLEMENTACION Y APLICACIÓN DEL FORMATO DE INSPECCION DE LAS MEDIDAS DE PROTECCION DE LOS TRABAJADORES OCUPACIONALMENTE EXPUESTOS																								
DISEÑO DEL PROGRAMA DE VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA DE RADIACIONES IONIZANTES DE LOS TRABAJADORES OCUPACIONALMENTE EXPUESTOS EN OSTEOLLANOS LTDA																								
ENTREGA DEL PROGRAMA DE VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA DE RADIACION IONIZANTE, EVALUACION, ANALISIS Y RECOMENDACIONES PARA LA PREVENCIÓN DEL RIESGO FISICO DE LOS TRABAJADORES OCUPACIONALMENTE EXPUESTOS DE LA EMPRESA OSTEOLLANOS LTDA																								

Nota: elaboración propia

10. Presupuesto

Los recursos que fueron utilizados para el desarrollo de la consultoría son los siguientes:

Tabla 11. Presupuesto de la propuesta

Presupuesto para la ejecución de la propuesta			
Cantidad	Concepto	Valor Unitario	Valor Total
1	Resma tamaño carta	\$ 11.000	\$ 11.000
3 meses	Internet	\$ 80.000	\$ 240.000
1	Memoria USB	\$ 30.000	\$ 30.000
3	Lapiceros negros	\$ 2.000	\$ 6.000

Tabla 9. *Presupuesto de la propuesta*

50	Impresiones/Fotocopias	\$ 300	\$ 15.000
10	Visitas a la empresa		\$1.000.000
TOTAL			\$1.302.000

Nota: la tabla es de autoría propia e incluye el presupuesto para el desarrollo de la propuesta

11. Lecciones aprendidas

El aprendizaje de la consultoría en la implementación del programa de vigilancia epidemiológica en la empresa Osteollanos Ltda., ofrece numerosas lecciones tanto desde la perspectiva practica como teórica, la implementación de nuevos sistemas puede encontrar resistencia a cambio por parte de los funcionarios, pero comprender los fundamentos teóricos de la vigilancia epidemiológica proporciona una base sólida para la implementación practica y la seguridad de los TOE, definiendo claramente los objetivos, los recursos necesarios, cronograma de trabajo y responsabilidades en la implementación.

La evaluación constante del seguimiento a los programas permite establecer mecanismo de mejoramiento continuo para medir el desempeño y realizar ajustes basados en los resultados obtenidos.

12. Conclusiones

En la etapa de diagnóstico se identificó que Osteollanos Ltda., tenía un sistema básico para la recopilación de datos de exposición a la salud. Contaba con información de los trabajadores ocupacionalmente expuestos, pero hacía falta un programa formal y estructurado de vigilancia epidemiológica para el seguimiento de niveles a que están expuestos los trabajadores.

El diseño del programa de Vigilancia Epidemiológica proporciona beneficios tanto a nivel de la salud y seguridad laboral en riesgos asociados a las radiaciones ionizantes, la estructura de

este programa permitirá una revisión continúa asegurando que se mantenga la reducción a la exposición, protegiendo así la salud de los trabajadores.

Se realizó la identificación de peligros y la evaluación del nivel de riesgo de radiación ionizante en los trabajadores ocupacionalmente expuestos en la empresa Osteollanos Ltda., utilizando la GTC 45. Con esta valoración y el ejercicio de los tres autores se logró minimizar la subjetividad, ponderar objetivamente los niveles de deficiencia propuestos por la Guía y lograr según los periodos de exposición, una valoración más detallada del factor de riesgo.

Se logró realizar seguimiento dosimétrico (Hp 10, Hp 0,07 y Hp 0,3), a los trabajadores de la empresa Osteollanos Ltda., durante el periodo 2019-2023, con el fin de conocer el comportamiento de la data y poder definir los valores de activación para la vigilancia para la empresa según análisis realizado. Este valor fue definido en **0.84mSv/mes**.

A partir del análisis realizado al historial dosimétrico, la actualización y revisión documental y la creación de la herramienta en Excel para el monitoreo del factor de riesgo, se dejan contempladas las sugerencias a implementar en la empresa Osteollanos Ltda., tales como: Mecanismos de activación de la vigilancia, consignación de valores mensualmente, actividades a implementar en la empresa (VIGIA-OPR), entrega de reportes al TOE y la continuidad de controles enfocados en las fuentes emisoras, en el medio laboral y en los procesos de formación y capacitación de los colaboradores.

Referencias

- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de enfermedades (1999). Reseña Toxicológica de la Radiación ionizante (en inglés). Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública.
https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts149.html
- Brosed, Antonio (s.f). Fundamentos de física medica. Volumen 2: radiodiagnóstico: bases física, equipos y control de calidad. Universidad internacional de andalucia.
<https://proteccionradiologica.cl/wp-content/uploads/2016/08/4-Libro-Volumen-2-fisica-medica-esp%C3%B1ol.pdf>
- Cámara de Comercio de Villavicencio (2023). Certificado de existencia y representación legal o de inscripción de documentos. OSTEOLLANOS Ltda.
- Castañeda, J. (20 de octubre de 2021). Programa de protección y vigilancia radiológica. Osteollanos.
- Cedeño, Joshelyn; Escariz, Liliam; Menderos, Katiuska; -haghgou, Linda & et al (11 de enero de 2022). Análisis de radiaciones ionizantes sobre el personal de tecnología en imagen de una Unidad Radiológica. Revista FACSsalud Volumen 6 N° 10 pág. 33-44.
- Cherry, Robert Jr. (1998). Capítulo 48. Radiaciones ionizantes. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. D - INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo).
<https://www.insst.es/documents/94886/162520/Cap%C3%ADtulo+48.+Radiaciones+ionizantes/45ac8cb5-5e10-402f-bf7c-d1aa8e0ced8d>
- Congreso de la república (1979, 25 de enero). Ley 9 de 1979. Por la cual se dictan medidas sanitarias. Alcaldía de Bogotá.
<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1177>

Consejo de Seguridad Nuclear (2013). Tema 7: Aspectos generales de la interacción de la radiación con el medio biológico. Curso de supervisores de instalaciones radiactivas (IR) Módulo básico.

https://csn.ciemat.es/MDCSN/recursos/ficheros_md/1581136598_1572009112950.pdf

Criado Martín, Antonio Javier. (15 de noviembre de 2021). ¿Cómo se descubrió la radiactividad?

Artes y humanidades. Unir la universidad en internet.

<https://www.unir.net/humanidades/revista/descubrimiento-radiactividad/>

CSN (S.f.). Protección radiológica. Consejo de seguridad nuclear. [https://www.csn.es/proteccion-](https://www.csn.es/proteccion-radiologica#:~:text=Desde%201928%20existe%20un%20organismo,protecci%C3%B3n%20contra%20las%20radiaciones%20ionizantes.)

[radiologica#:~:text=Desde%201928%20existe%20un%20organismo,protecci%C3%B3n%20contra%20las%20radiaciones%20ionizantes.](https://www.csn.es/proteccion-radiologica#:~:text=Desde%201928%20existe%20un%20organismo,protecci%C3%B3n%20contra%20las%20radiaciones%20ionizantes.)

Delgado, O., Espinoza, A., Eddin, O., Guerrero, C & Martínez, M. (S.F.). Trabajador(a)

ocupacionalmente expuesto(a) a radiaciones ionizantes. Instituto de Salud Pública.

Gobierno de Chile.

<https://www.ispch.cl/sites/default/files/Nota%20T%C3%A9cnica%20N%C2%B0%2034%20Trabajador%28a%29%20Ocupacionalmente%20Expuesto%28a%29%20a%20Radiaciones%20Ionizantes.pdf>

Espinoza, Alfonso (2023). Elementos para considerar en un programa de vigilancia

epidemiológica de trabajadores ocupacionalmente expuestos a radiaciones ionizantes.

Instituto de Salud Pública. Gobierno de Chile. [https://www.ispch.cl/wp-](https://www.ispch.cl/wp-content/uploads/2024/01/NT-119-Elementos-a-considerar-Programa-Vigilancia-exposcion-ocupacional-a-RI.pdf)

[content/uploads/2024/01/NT-119-Elementos-a-considerar-Programa-Vigilancia-exposcion-ocupacional-a-RI.pdf](https://www.ispch.cl/wp-content/uploads/2024/01/NT-119-Elementos-a-considerar-Programa-Vigilancia-exposcion-ocupacional-a-RI.pdf)

Fasecolda (2024). RL Datos 2.0. Riesgos laborales. Cifras generales.

<https://www.fasecolda.com/ramos/riesgos-laborales/rldatos-dashboard/>

- Gamo Pascual, Vicente. (S.f). Módulo 0: Conceptos básicos sobre protección radiológica. 0.1 Efectos de la radioactividad y protección contra la radiación. Consejo de Seguridad Nuclear. Ministerio del interior. España.
<https://www.csn.es/documents/10182/950714/Curso+General+de+Formaci%C3%B3n+de+Actuantes+en+Emergencias+Nucleares.+TEMA+00.+Conceptos+b%C3%A1sicos+sobre+protecci%C3%B3n+radiol%C3%B3gica>
- Galindo, Andrea (03 de mayo de 2024). ¿Qué es la radiación?. Organismo internacional de energía atómica (IAEA). Ciencia nuclear en detalle.
<https://www.iaea.org/es/newscenter/news/que-es-la-radiacion>
- GTC 45 (2012). Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional.
<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/6034/ParraCuestaDianaMarcelaVasquezVeraErikaVanessa2016-AnexoA.pdf>
- ICRP. (2007). The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP. Publicación 103. Ann ICRP.
https://www.icrp.org/docs/P103_Spanish.pdf
- IEA / ARCAL XLIX (7 de diciembre de 2001). Protocolos de control de calidad en radiodiagnóstico.
<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/MET/arc49-protocolo-cc.pdf>
- Instituto Nacional de Cáncer. (2019). Radioterapia para tratar el cáncer.
<https://www.cancer.gov/espanol/cancer/tratamiento/tipos/radioterapia>

Instituto Nacional de Cáncer (S.f). DXA. Diccionario de cáncer del NCI.

<https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/dxa>

Kanis JA. Diagnosis of osteoporosis and assessment of fracture risk. Lancet. 2002 Jun 1;359(9321):1929-36. doi: 10.1016/S0140-6736(02)08761-5. PMID: 12057569.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12057569/>

Mejía, M & Et al (Noviembre 2009). Efectos de la Exposición a Radiaciones Ionizantes en Trabajadores del Área de Radiología de Dinámica IPS Colombia, en el Marco de la Vigilancia Epidemiológica. Especialización en gerencia de la salud ocupacional.

<https://repository.ces.edu.co/bitstream/handle/10946/2788/Efectos%20de%20la%20exposici%C3%B3n%20a%20radiaciones%20ionizantes%20en%20trabajadores%20del%20c%C3%A1rea%20de%20Radiolog%C3%ADa%20de%20Din%C3%A1mica%20IPS%20Colombia%20en%20el%20Marco%20de%20la%20Vigilancia%20Epidemiol%C3%B3gica.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Ministerio de minas y energías (1993, 3 de agosto). Decreto 1494 de 1993. Se aprueba el acuerdo número 0019 del 18 de junio de 1993 que establece la estructura interna del instituto de ciencias nucleares y energías alternativas. Red jurista.

https://www.redjurista.com/Documents/decreto_1494_de_1993_ministerio_de_minas_y_energia.aspx#/

Ministerio de minas y energías (2002, 5 de diciembre). Resolución 18-1434 de 2002. Se adopta el

Reglamento de Protección y Seguridad Radiológica. Red jurista.

https://www.redjurista.com/Documents/resolucion_181434_de_2002_ministerio_de_minas_y_energia.aspx#/

Ministerio de minas y energías (2014, 11 de agosto) Resolución 90864 de 2014. Se establecen los requisitos y procedimientos para la expedición de autorizaciones para el empleo de fuentes radiactivas y de las inspecciones de las instalaciones radiactivas. Minenergía.
https://www.minenergia.gov.co/documents/7514/Resoluci%C3%B3n_90874_del_11_de_agosto_de_2014.pdf

Ministerio de salud (1996, 2 de diciembre) Resolución 04445 de 1996. Se dictan normas para el cumplimiento del contenido del Título IV de la Ley 09 de 1979, en lo referente a las condiciones sanitarias que deben cumplir los establecimientos hospitalarios y similares. Minsalud.
https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/RESOLUCION%2004445%20de%201996.pdf

Ministerio de salud y protección social (2003, 26 de julio). Decreto 2090 de 2003. Se definen las actividades de alto riesgo para la salud del trabajador y se modifican y señalan las condiciones, requisitos y beneficios del régimen de pensiones de los trabajadores que laboran en dichas actividades. Minsalud.
<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Decreto-2090-2003.pdf>

Ministerio de Salud y Protección Social. (2012). Plan Decenal para el Control del Cáncer. Bogotá D.C. https://www.minsalud.gov.co/Documents/Plan-Decenal-Cancer/PlanDecenal_ControlCancer_2012-2021.pdf

Ministerio de salud y protección social (2018, 22 de febrero). Resolución 0482 de 2018. Se reglamenta el uso de equipos generadores de radiación ionizante, su control de calidad, la prestación de servicios de protección radiológica. Minsalud.

https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%20482%20de%202018.pdf

Ministerio de salud y protección social (2018, 26 de julio). Instrucciones para la aplicación de la

Resolución 482 de 2018. Minsalud.

https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Circular%20No.%2029%20de%202018.pdf

Ministerio de salud y protección social (2019, 25 de noviembre). Resolución 3100 de 2019. Se

definen los procedimientos y condiciones de inscripción de los prestadores de servicios de salud y de habilitación de los servicios de salud. Minsalud.

https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%203100%20de%202019.pdf

Ministro de gobierno de la república de Colombia (1991, 26 de febrero). Decreto 588 de 1991. Se

modifican los estatutos básicos del instituto de asuntos nucleares, IAN. Función pública.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=74456>

Ministerio de trabajo (1979, 22 de mayo) Resolución 2400 de 1979. Se establecen algunas

disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo.

Secretaría jurídica distrital.

<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=53565>

Ministerio de trabajo (2014, 5 de agosto). Decreto 1477 de 2014. Se expide la tabla de

enfermedades laborales. SafetYa. <https://safetya.co/normatividad/decreto-1477-de-2014/>

Ministerio de trabajo (2015, 26 de mayo) Decreto 1072 de 2015. Se expide el decreto único

reglamentario del sector trabajo. Función pública.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=72173#:~:text=El%20Ministerio%20del%20Trabajo.>

Ministerio de trabajo (2019, 13 de febrero). Resolución 0312 de 2019. Se definen los Estándares Mínimos del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo SG-SST. Mintrabajo.

<https://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/59995826/Resolucion+0312-2019-+Estandares+minimos+del+Sistema+de+la+Seguridad+y+Salud.pdf>

Monsalve, Angie; Mendoza, Deiber; Pallares, Elena; Duran, Luisa & Muñoz, Sandra (2023). Deficiencia de la monitorización y análisis de los niveles de exposición a las radiaciones ionizantes del personal del área de imagenología. Tecnología en radiología e imágenes diagnósticas. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/60153/damendezac.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

NTC 3701 (1995). Higiene y seguridad. Guía para la clasificación, registro, estadística de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales. <https://syecoconsultoress.wordpress.com/wp-content/uploads/2018/09/ntc-3701-clasificacion-y-estadistica-de-at-y-el.pdf>

Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) (Abril 1996). Manual práctico de seguridad radiológica. Manual sobre recintos blindados. <https://www.csn.es/documents/10182/1012054/ODM-01-02+Manual+pr%C3%A1ctico+de+seguridad+radiol%C3%B3gica-+recintos+blindados>

- Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) (2016). Normas de seguridad del OIEA para la protección de las personas y el medio ambiente. Requisitos de seguridad generales, parte 3. N° GSR part 3. https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1578_S_web.pdf
- Organización Mundial de la Salud (OMS) (27 de julio de 2023). Efectos en la salud de las radiaciones ionizantes. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-and-health-effects>
- Piera Pellicer, José Alfredo (01 de noviembre de 1988). Protección radiológica en medicina. Radiobiología. <http://www.luciabotin.com/publicaciones/radiobiologia2.pdf>
- Ponce Bravo, G. (2022). Caracterización de la enfermedad laboral 2022. *Revista Fasecolda*, (188), 36–43. <https://revista.fasecolda.com/index.php/revfasecolda/article/view/857>
- Puerta Ortiz J. Anselmo & Morales Aramburo Javier (marzo 2020). Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes. Suplemento de radioprotección. Vol 27. Núm S1. Pag 61-71. <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-colombiana-cardiologia-203-articulo-efectos-biologicos-radiaciones-ionizantes-S0120563320300061>
- Qian Qian, Q. Z., Cao, X. K., Shen, F. H., & Wang, Q. (2016). Effects of ionising radiation on micronucleus formation and chromosomal aberrations in Chinese radiation workers. *Radiation Protection Dosimetry*, 168(2), 197–203. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncv290>
- Rincón Arévalo, Guido Marcelo (2021). Herramienta para predecir el riesgo por exposición a radiaciones ionizantes en trabajadores del sector de la salud utilizando técnicas de *Machine Learning*. Doctorado en ciencia aplicada. Universidad Antonio Nariño. http://repositorio.uan.edu.co:8080/bitstream/123456789/6616/1/2021_GuidoMarceloRinc%C3%B3nAr%C3%A9valo.pdf

Sacyl (s.f). Las radiaciones ionizantes en medicina. Portal de salud.

<https://www.saludcastillayleon.es/AulaPacientes/es/cuida-salud-16ad6f/pruebas-diagnosticas/pruebas-diagnostico-imagen/radiaciones-ionizantes-medicina>

Sánchez Pacheco, Héctor Alejandro. (2008). Medidas de prevención para evitar efectos en la salud

por la exposición a radiaciones ionizantes en los trabajadores del sector sanitario. Pontificia universidad javeriana. Facultad de enfermería-medicina.

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/54907/SanchezPacheco%20HectorAlejandro.pdf?sequence=1#:~:text=Dentro%20de%20las%20medidas%20de,distancia%20a%20la%20fuente%20radiactiva.>

SURA (2012). Sistemas de vigilancia epidemiológica.

<https://www.arlsura.com/files/svealimentos.pdf>

Tomé López, César. (2019). El descubrimiento de los rayos X. Cuaderno de cultura científica.

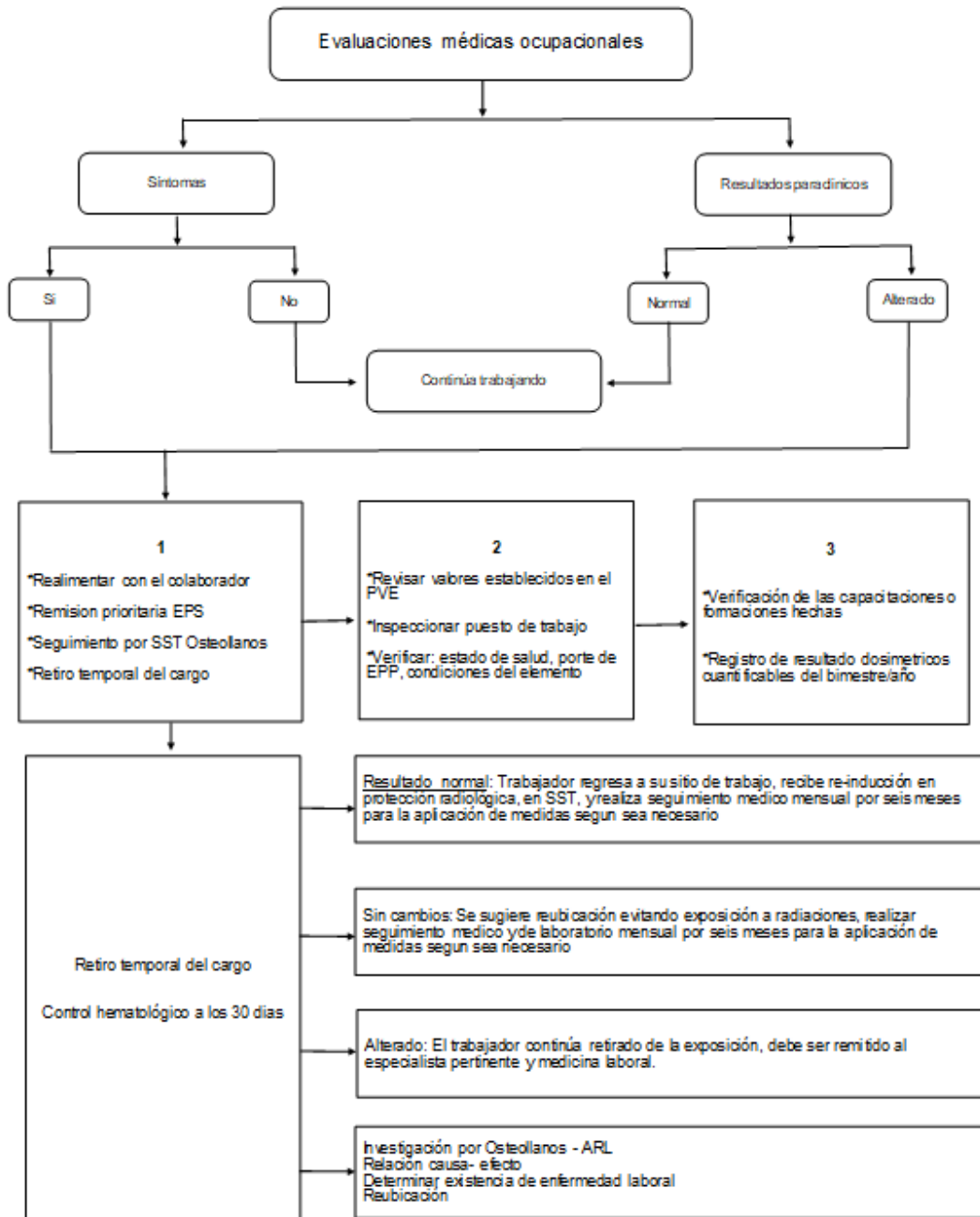
<https://culturacientifica.com/2019/07/16/el-descubrimiento-de-los-rayos-x/>

Universidad CES (S.f.). Programas de vigilancia epidemiológica.

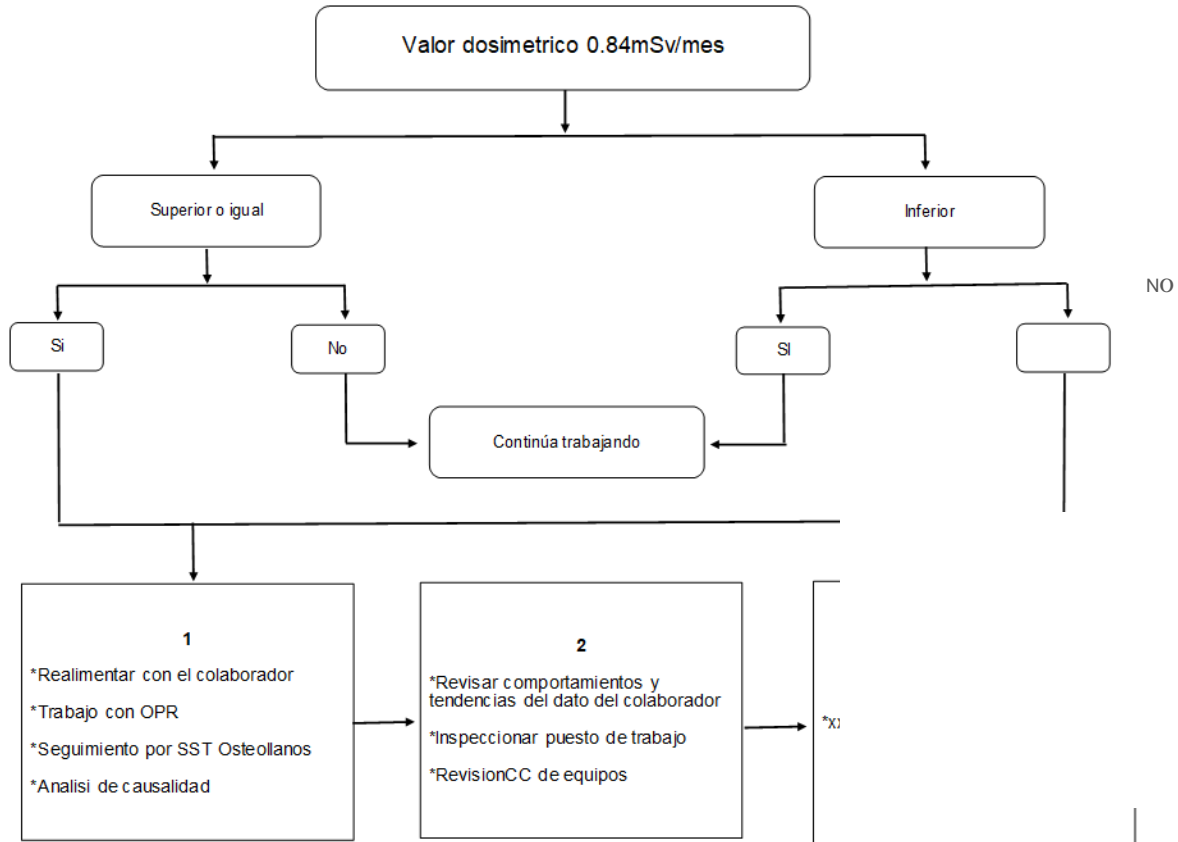
<https://www.ces.edu.co/seguridad-y-salud-en-el-trabajo/programas-de-vigilancia/#:~:text=Los%20Programas%20de%20Vigilancia%20Epidemiol%C3%B3gica,de%20la%20Universidad%20CES%20se>

Apéndices

Apéndice A. Protocolo evaluaciones médicas ocupacionales



Apéndice B. Algoritmo de activación



Apéndice C. Algoritmo de activación según resultados de otra IPS