

**EXPOSICIÓN A RADIACIÓN IONIZANTE EN EL INSTRUMENTADOR
QUIRÚRGICO EN LA INSTITUCIÓN ERASMO LTDA, VALLEDUPAR, 2026**

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA DE INSTRUMENTACIÓN QUIRÚRGICA
VALLEDUPAR
2026

**EXPOSICIÓN A RADIACIÓN IONIZANTE EN EL INSTRUMENTADOR
QUIRÚRGICO EN LA INSTITUCIÓN ERASMO LTDA, VALLEDUPAR, 2026**

AUTOR

ANDREA CAROLINA CORTINA LOBO

LAURA MARCELA GAITAN ORTIZ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Instrumentador Quirúrgico

TUTOR

PAOLA FERNANDA MORALES PLATA

INSTRUMENTADORA QUIRÚRGICA

ESPECIALISTA EN GERENCIA DE SERVICIOS EN SALUD

MAGISTER EN EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO SOCIOCULTURAL

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR, FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

INSTRUMENTACIÓN QUIRÚRGICA

VALLEDUPAR – CESAR

2026

TABLA DE CONTENIDO

Resumen	10
Abstract	12
Introducción	13
1. Planteamiento del problema	15
1.1 Descripción del problema	15
1.2. Formulación de la pregunta problema	17
2. Justificación	18
3. Propósito	20
4. Objetivos	21
4.1 Objetivo General	21
4.2 Objetivos Específicos.....	21
5. Línea investigativa.....	22
6. Delimitación y factibilidad	23
6.1 Factibilidad	23
6.2 Delimitación espacial	23
6.2.1 Espacio temporal	23
6.2.2 Espacio geográfico	23
7. Marco teórico.....	25
7.1. Marco conceptual	25
7.2. Estado del arte	26
7.2.1 Antecedentes internacionales	26
7.2.2 Antecedentes nacionales.....	28
7.3 Bases teóricas.....	30
7.4 Bases legales	40
8. Diseño metodológico	42
8.1 Tipo de estudio	42
8.2 Población.....	43
8.3 Muestra	43
8.4 Variable	44
9. Unidad de análisis	45

9.2 Criterios de inclusión.....	45
9.2.1 Criterios de exclusión.....	45
9.2.2 Técnicas de obtención de la información	45
9.3 Fuentes primarias	45
9.4 Análisis y presentación de la información	46
9.5 Análisis de la información	46
9.6 Presentación de la información	46
9.7 Difusión de la información	47
9.7.1 Aspectos éticos de la investigación.....	47
10. Resultados y análisis de la información	49
11. Discusión	63
12. Conclusión.....	65
13. Recomendaciones	67
14. Referencias bibliográficas.....	68
Anexo.1 Matriz de operacionalización de variables	77
Anexo. 2 instrumento	78
Anexo 3. Consentimiento.....	85

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de las radiaciones ionizantes y su aplicación en el ámbito médico	31
Tabla 2. <i>Límites de dosis ocupacional según ICRP</i>	36
Tabla 3. <i>Comparación de efectos biológicos de la radiación</i>	37
Tabla 5. Distribución de registros de observación por instrumentador quirúrgico y semana.....	51
Tabla 6. Distribución de los turnos según duración.	52
Tabla 7. Frecuencia de uso de equipos emisores de radiación ionizante por turno	53
Tabla 8. Estadísticas descriptivas del número de procedimientos con fluoroscopia por turno	53
Tabla 9. Distribución del tiempo estimado de exposición a radiación por turno	54
Tabla 10. Porcentaje de cumplimiento de medidas de protección radiológica (global y por IQ)	55
Tabla 11. Frecuencia de mantenimiento de distancia de seguridad por instrumentador	56
Tabla 12 Tabla cruzada: tiempo de exposición por categoría de distancia de seguridad mantenida.....	57
Tabla 13, Índice de Cumplimiento en Protección Radiológica (ICPR) por instrumentador	58
Tabla 15. Comparación de indicadores clave entre semana 1 y semana 2	59

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de Valledupar, Cesar.....	24
Figura 4. Número de registros de observación por instrumentador quirúrgico y semana de estudio.	52
Figura 5. Distribución del número de procedimientos con fluoroscopia por turno según instrumentador. La línea horizontal en cada caja indica la mediana; los puntos superpuestos muestran los valores individuales.	53
Figura 6. Tiempo estimado de exposición a radiación ionizante por turno.	54
Figura 7. Mapa de calor del cumplimiento de EPP por instrumentador. Verde = 100 %; amarillo/rojo = incumplimiento. La única celda crítica corresponde a gafas plomadas en IQ-02.....	56
Figura 8. Mantenimiento de la distancia de seguridad respecto al campo de radiación por instrumentador. Ningún IQ registra la categoría “Siempre”.....	57
Figura 9. Distribución del ICPR por instrumentador. La línea discontinua horizontal indica la media global (93,1 %). IQ-03 alcanzó el 100 % en todos sus turnos; IQ-02 se mantuvo en 75 % por ausencia sistemática de gafas plomadas.	59
Figura 10. Evolución del ICPR por instrumentador a lo largo del período de observación. La línea punteada vertical delimita la Semana 1 de la Semana 2.	60
Figura 11. Número de procedimientos con fluoroscopia por turno a lo largo del período de observación. La curva de suavizado (LOESS) indica la tendencia global.	60

Dedicatoria

A Dios, por darme la oportunidad de aprender y cumplir mis sueños, iluminando cada paso con Su amor y propósito.

A mis padres, Diosa Lobo y Miguel Cortina, quienes con su ejemplo de esfuerzo, dedicación y amor incondicional me enseñaron a nunca rendirme.

A mis hermanas, Laura, Elianys y Adriana, por su compañía, sus palabras de aliento y por recordarme que la unión familiar es un tesoro invaluable. Cada gesto de apoyo y cada sonrisa compartida me dieron fuerzas para continuar.

A mi hermano Miguel, que ahora me acompaña desde el cielo. Su recuerdo vive en mí como una llama que me impulsa a seguir adelante. Él creyó en mi éxito y partió con la esperanza de verlo cumplido. Hoy, con esta tesis, honro su memoria y demuestro que su fe en mí no fue en vano. Aunque físicamente no esté, su espíritu ha sido uno de mis motores más grandes para alcanzar esta meta.

A Diego, por creer en mí desde el primer día y acompañarme con paciencia y amor en este proceso. Su confianza fue un impulso constante que me ayudó a llegar hasta aquí.

A todos aquellos que, de una u otra manera, han acompañado este proceso: familiares, amigos, y en especial Francisco y Laura,

Andrea Carolina Cortina Lobo.

Dedico este proyecto principalmente a Dios, por brindarme la fortaleza, sabiduría y constancia necesarias para alcanzar una de las metas más importantes de mi vida.

A mi madre, Judith Amparo Ortiz, por su amor infinito, entrega y dedicación, por enseñarme a luchar con valentía y demostrarme que los sueños se construyen con esfuerzo y perseverancia. Este logro también es tuyo.

A mi familia, especialmente a mi tía Arleth Patricia Ortiz, por su cariño, consejos y acompañamiento permanente, convirtiéndose en un pilar fundamental durante mi formación académica.

A mis amigas Mariangel Osorio y Laura Oliveros, por compartir conmigo este proceso, por su lealtad, comprensión y por motivarme constantemente a continuar aún en los momentos más difíciles. Cada paso recorrido en este camino también lleva un pedacito de ustedes.

Laura Marcela Gaitan Ortiz

Agradecimientos

A Dios, por todas las bendiciones recibidas y por otorgarnos la fortaleza, la sabiduría y las herramientas necesarias para alcanzar esta meta profesional. Su guía constante nos permitió mantenernos firmes en los momentos de dificultad y perseverar hasta culminar este proceso académico.

A la Universidad Popular del Cesar, institución que nos abrió sus puertas y nos brindó la oportunidad de formarnos en nuestra carrera. Gracias a su compromiso con la educación y al espacio de crecimiento que nos ofreció, hoy podemos celebrar la culminación de esta etapa tan significativa en nuestras vidas.

A los docentes, quienes con dedicación y entrega nos transmitieron conocimientos teóricos, prácticos y profesionales. Más allá de la enseñanza académica, nos ofrecieron un ejemplo de ética, responsabilidad y humanismo que llevaremos con orgullo al campo laboral. Su orientación y vocación han dejado una huella profunda en nuestra formación.

A nuestra asesora de proyecto, Paola Morales Plata, por su valiosa guía metodológica, técnica y teórica. Su apoyo incondicional, su paciencia y su compromiso fueron fundamentales para el desarrollo y culminación de este trabajo. Reconocemos en ella no solo una orientadora académica, sino también un respaldo humano que nos motivó a alcanzar este logro.

Resumen

La exposición ocupacional a radiación ionizante en instrumentadores quirúrgicos representa un riesgo invisible y acumulativo que, sin una adecuada vigilancia, puede derivar en efectos biológicos graves a largo plazo, como cataratas subcapsulares posteriores, alteraciones hematológicas y un mayor riesgo de neoplasias. Sin embargo, en Valledupar no existían estudios locales que caracterizaran este riesgo en instituciones prestadoras de servicios de salud.

El objetivo del presente estudio fue determinar el nivel de exposición a radiación ionizante en los instrumentadores quirúrgicos de la Clínica Erasmo Ltda. de Valledupar durante el primer trimestre de 2026, así como identificar las fuentes de exposición, los procedimientos de mayor riesgo y el grado de cumplimiento de las medidas de protección radiológica.

Se llevó a cabo un estudio descriptivo, observacional, de corte transversal y diseño censal, con una población de cuatro instrumentadores quirúrgicos activos (IQ-01 a IQ-04). La recolección de datos se realizó mediante observación directa durante diez días hábiles (17 al 26 de abril de 2026), obteniéndose 18 registros válidos. El instrumento incluyó variables relacionadas con la exposición a radiación, el uso de elementos de protección personal (EPP) y el perfil sociodemográfico de los participantes.

El fluoroscopio (arco en C) fue la única fuente de radiación ionizante presente en el 100 % de los turnos, con una media de 2,28 procedimientos por turno. En el 66,7 % de los registros se reportaron tiempos de exposición entre 31 y 60 minutos. El Índice de Cumplimiento en Protección Radiológica (ICPR) alcanzó un 93,1 % de manera global; no obstante, se identificaron dos brechas críticas: el uso de gafas plomadas presentó un incumplimiento del 27,8 % (con un 0 % en el caso del IQ-02) y ningún instrumentador mantuvo de forma consistente la distancia de seguridad —el 50 % de los registros correspondió a la categoría “Nunca” y el 50 % restante a “A veces”.

Estos hallazgos evidencian que un alto cumplimiento global puede enmascarar deficiencias específicas con implicaciones clínicas directas, particularmente sobre la salud ocular del personal. El estudio constituye la primera evidencia sistematizada sobre este problema en Valledupar y aporta insumos relevantes para la formulación de protocolos de protección radiológica, programas de capacitación continua y sistemas de vigilancia epidemiológica ocupacional en la institución y la región.

Palabras clave: radiación ionizante, instrumentador quirúrgico, salud ocupacional, protección radiológica, fluoroscopia, Valledupar.

Abstract

Occupational exposure to ionizing radiation among surgical instrument technicians represents an invisible and cumulative risk that, without proper monitoring, may lead to serious long-term biological effects such as posterior subcapsular cataracts, hematological alterations, and an increased risk of neoplasms. However, in Valledupar no local studies had been conducted to characterize this risk in healthcare institutions.

The objective of this study was to determine the level of exposure to ionizing radiation among surgical instrument technicians at Clínica Erasmo Ltda. in Valledupar during the first quarter of 2026, as well as to identify the sources of exposure, the procedures with the highest risk, and the degree of compliance with radiological protection measures.

A descriptive, observational, cross-sectional, census-based study was carried out with a population of four active surgical instrument technicians (IQ-01 to IQ-04). Data collection was conducted through direct observation over ten working days (April 17–26, 2026), yielding 18 valid records. The instrument included variables related to radiation exposure, use of personal protective equipment (PPE), and the sociodemographic profile of participants.

The fluoroscope (C-arm) was the only source of ionizing radiation present in 100% of the shifts, with an average of 2.28 procedures per shift. In 66.7% of the records, exposure times ranged between 31 and 60 minutes. The Radiological Protection Compliance Index (RPCI) reached 93.1% globally; however, two critical gaps were identified: the use of leaded glasses showed a 27.8% non-compliance rate (with 0% compliance in the case of IQ-02), and no technician consistently maintained the recommended safety distance — 50% of the records corresponded to the category “Never” and the remaining 50% to “Sometimes.”

These findings demonstrate that high overall compliance may conceal specific deficiencies with direct clinical implications, particularly regarding ocular health. This study provides the first systematized local evidence on this issue in Valledupar and offers relevant input for the development of radiological protection protocols, continuous training programs, and occupational epidemiological surveillance systems within the institution and the region.

Keywords: ionizing radiation, surgical instrument technician, occupational health, radiological protection, fluoroscopy, Valledupar

Introducción

La radiación ionizante ha sido reconocida como una herramienta indispensable en la práctica médica, especialmente en procedimientos quirúrgicos mínimamente invasivos y ortopédicos que requieren guía fluoroscópica. Sin embargo, su uso ha implicado riesgos ocupacionales significativos para el personal de salud que permanece en proximidad constante al campo operatorio. Organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA) han advertido que el incremento de procedimientos guiados por fluoroscopia ha elevado la exposición del personal quirúrgico, particularmente de los instrumentadores, quienes se ubican en la zona de mayor dispersión de radiación (OMS, 2021).

La evidencia científica ha demostrado que la exposición crónica, incluso en dosis bajas, genera efectos biológicos acumulativos como cataratas subcapsulares posteriores, alteraciones hematológicas, lesiones dérmicas y un aumento en el riesgo de neoplasias. La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) ha subrayado que estos efectos pueden presentarse aun cuando las dosis recibidas estén por debajo de los límites legales, lo que refuerza la necesidad de aplicar el principio ALARA (“tan bajo como razonablemente alcanzable”) y de fortalecer las estrategias de protección radiológica mediante capacitación continua, vigilancia dosimétrica y monitoreo médico periódico (Alhasan & Aalam, 2022).

En Colombia, estudios recientes han evidenciado que, aunque los profesionales de la salud reconocen la existencia de radiación ionizante y los elementos de protección personal disponibles, su uso es inconsistente. Factores como la falta de protocolos claros, la presión asistencial y la percepción errónea del riesgo han contribuido a una exposición innecesaria (Bautista et al., 2024). En el contexto local de Valledupar, el incremento en el uso de arcos en C y fluoroscopios en procedimientos ortopédicos y de trauma ha intensificado la exposición del personal de instrumentación quirúrgica, quienes permanecen en contacto directo con la fuente emisora (Barrios et al., 2021).

El estudio realizado en la institución Clínica Erasmo Ltda permitió identificar que, aunque existe una sólida adhesión al uso de delantales plomados y dosímetros personales, persisten brechas críticas en la protección ocular y en el mantenimiento de la distancia de seguridad. La

ausencia sistemática de gafas plomadas en un porcentaje significativo de turnos y el incumplimiento de la distancia recomendada reflejaron prácticas que incrementan el riesgo de cataratas subcapsulares posteriores y otros efectos acumulativos (Ye et al., 2025). Estas falencias, sumadas a la heterogeneidad en los registros y al corto período de observación, evidenciaron la necesidad de investigaciones más amplias y prolongadas que permitan estimar dosis acumuladas anuales y evaluar efectos de largo plazo (Alarcón, 2021).

En este sentido, el trabajo desarrollado tuvo como propósito determinar el nivel de exposición a la radiación ionizante en los instrumentadores quirúrgicos de una institución prestadora de salud en Valledupar durante el año 2026, así como caracterizar las medidas de protección radiológica adoptadas en la práctica cotidiana. Los resultados obtenidos aportan información relevante para la formulación de estrategias de control y prevención que garanticen la seguridad laboral y la calidad de la atención en salud.

1. Planteamiento del problema

1.1 Descripción del problema

A nivel internacional, la exposición en el ámbito profesional por la radiación ionizante en el personal sanitario ha sido reconocida como un problema de salud pública y de seguridad laboral por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA). Asimismo, las organizaciones han señalado que el incremento de procedimientos guiados por fluoroscopia y técnicas mínimamente invasivas ha elevado la exposición del personal quirúrgico, especialmente en salas de cirugía donde se utilizan arcos en C y equipos de rayos X móviles (OMS, 2021). Por su parte, diversos estudios en Europa y Estados Unidos evidencian que el personal que permanece más cerca del campo operatorio, como cirujanos e instrumentadores, recibe dosis acumulativas mayores en comparación con otros profesionales, particularmente cuando no se emplean adecuadamente los dispositivos de protección radiológica (Barrios et al., 2021).

De igual manera, investigaciones más recientes han documentado que el sometimiento prolongado a radiación ionizante en entornos médicos se asocia con una mayor prevalencia de opacidades del cristalino, especialmente cataratas subcapsulares posteriores, en profesionales expuestos en comparación con personal no expuesto, lo cual refuerza los hallazgos previos sobre riesgos oculares derivados de esta exposición, por consiguiente, un estudio observacional realizado entre trabajadores radiológicos encontró que casi la mitad de los casos de opacidad del cristalino ocurrían en la región subcapsular posterior y que la prevalencia aumentaba de manera lineal con la dosis acumulada y los años de exposición laboral (p. ej., personal en medicina nuclear, terapias de radiación e intervencionismo) (Ye et al., 2025).

Estos resultados concuerdan con una revisión sistemática publicada en 2022 que reportó un incremento significativo en el riesgo de cataratas, especialmente subcapsulares posteriores, en trabajadores de la salud expuestos a radiación ionizante, lo que subraya la relevancia de programas de vigilancia dosimétrica, entrenamiento específico y el uso sistemático de dispositivos de protección ocular para reducir la dosis efectiva recibida por el cristalino. En este contexto, organizaciones internacionales como la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) han destacado que incluso dosis bajas acumulativas pueden contribuir a efectos estocásticos a largo

plazo, recomendando el fortalecimiento de estrategias de protección radiológica basadas en el principio ALARA (“tan bajo como razonablemente alcanzable”), capacitación continua y monitoreo médico periódico para mitigar estos riesgos ocupacionales. (Alhasan, A. S., & Aalam, W. A., 2022).

En las instituciones prestadoras de servicios de salud de Valledupar (IPS), el uso de equipos médicos emisores de radiación ionizante como arcos en C, fluoroscopios y equipos de rayos X portátiles ha aumentado en procedimientos quirúrgicos mínimamente invasivos, ortopédicos, vasculares y de trauma. Esta tecnología, aunque indispensable para el diagnóstico y tratamiento, implica un riesgo ocupacional significativo para el personal que permanece en el quirófano durante el procedimiento, especialmente para el instrumentador quirúrgico, quien permanece en proximidad constante a la fuente emisora (Barrios et al., 2021).

Estudios recientes en Colombia han evidenciado que, a pesar de que los instrumentadores quirúrgicos reconocen la existencia de radiación ionizante y los elementos de protección personal (EPP) disponibles, su uso es inadecuado e inconsistente y factores como la falta de capacitación continua, la ausencia de protocolos claros, la presión asistencial y la percepción errónea del riesgo contribuyen a esta situación (Bautista et al., 2024).

La exposición crónica a radiación ionizante, incluso en dosis bajas, puede generar efectos biológicos acumulativos como cataratas, lesiones cutáneas, alteraciones hematológicas y aumento del riesgo de cáncer, si no se adoptan medidas correctivas y de control, el personal de instrumentación quirúrgica seguirá enfrentando un riesgo invisible pero potencialmente grave, con implicaciones tanto para su bienestar como para la calidad y seguridad de la atención en salud (Barrios et al., 2021).

La exposición prolongada a radiación ionizante en personal de salud, aunque se mantenga por debajo de los límites legales, puede producir efectos biológicos acumulativos. Entre los trabajadores de salud expuestos de forma crónica a radiación ionizante, las principales enfermedades reportadas son Cataratas subcapsulares posteriores, hasta un 18 % de prevalencia en personal con más de 10 años de exposición; Alteraciones hematológicas (disminución de linfocitos y plaquetas), detectadas en 12 % de los monitoreados; Lesiones dérmicas crónicas (eritema, descamación), alrededor del 8 % y el riesgo de cáncer ocupacional (especialmente leucemia y

cáncer de tiroides) se estima entre 1,5 y 2 veces mayor que en población no expuesta, dependiendo de la dosis acumulada. (Sistemas de Gestión Colombia S.A.S., 2024, p. 15).

En este contexto, la exposición continua del instrumentador quirúrgico a radiación ionizante en las IPS de Valledupar representa un riesgo latente que, de no ser abordado, podría derivar en un aumento progresivo de enfermedades ocupacionales y en la disminución de la calidad de vida laboral de estos profesionales. La ausencia de estudios locales actualizados y de estrategias preventivas efectivas coloca en evidencia la necesidad de una investigación que permita caracterizar la magnitud del problema y proponer medidas de control y protección radiológica. (Alarcón, N. 2021).

1.2. Formulación de la pregunta problema

¿Cuál es el nivel de exposición a la radiación ionizante en los instrumentadores quirúrgicos en la institución Erasmo Ltda en Valledupar?

2. Justificación

La protección frente a la radiación ionizante constituye un principio fundamental en la seguridad y salud en el trabajo dentro del sector sanitario estipulado por organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA). Por su parte, la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) ha establecido lineamientos orientados a minimizar la exposición ocupacional mediante la aplicación del principio ALARA (As Low As Reasonably Achievable), el uso adecuado de elementos de protección personal y el monitoreo dosimétrico. (OMS, 2020); (ICRP, 2020)

Dado lo anterior, la investigación pretende determinar el nivel de exposición a la radiación ionizante en los instrumentadores quirúrgicos de una institución prestadora de salud en Valledupar en el año 2026, la cual, en el contexto social, esta investigación es necesaria debido al riesgo ocupacional al que están expuestos los instrumentadores quirúrgicos en las instituciones prestadoras de salud de Valledupar. Del mismo modo, la identificación del nivel de exposición y de las condiciones de protección radiológica permitirá visibilizar una problemática que, aunque frecuente, suele ser subestimada. Los principales beneficiarios serán los profesionales de instrumentación quirúrgica, quienes podrán contar con evidencia que respalde la implementación de medidas de protección más estrictas, contribuyendo a la preservación de su salud y calidad de vida laboral. (Barrios Villegas, J. E., 2021); (Alarcón, N, 2021).

Desde el ámbito académico, el estudio aporta información actualizada sobre una temática poco documentada a nivel local, debido a que la ausencia de investigaciones recientes en Valledupar limita la comprensión de la magnitud del riesgo ocupacional en este grupo específico de profesionales. Por tanto, el presente trabajo contribuirá al fortalecimiento del conocimiento científico en salud ocupacional y protección radiológica, sirviendo como antecedente para futuras investigaciones en el área. (Jaramillo-Garzón, W., & Díaz-Martínez, L. C, 2025); (Rico Borja, 2023).

En el plano metodológico, la investigación permitirá caracterizar de manera sistemática la exposición a radiación ionizante en instrumentadores quirúrgicos, integrando variables sociodemográficas, laborales y de cumplimiento de medidas de protección, lo que facilitará la generación de datos objetivos que podrán ser utilizados como línea base para evaluaciones

posteriores, auditorías internas o estudios comparativos en otras instituciones. (ICRP, 2020); (OMS, 2020).

Por último, en el ámbito práctico, los resultados podrán orientar la formulación o fortalecimiento de protocolos institucionales de protección radiológica, programas de capacitación continua y estrategias de vigilancia epidemiológica ocupacional. Asimismo, la investigación brindará insumos para la toma de decisiones por parte de directivos y responsables de seguridad y salud en el trabajo, promoviendo entornos quirúrgicos más seguros y alineados con las recomendaciones nacionales e internacionales en materia de protección radiológica. (IAEA, 2024)

3. Propósito.

El propósito de esta investigación consiste en examinar el nivel de exposición a la radiación ionizante al que se encuentran expuestos los instrumentadores quirúrgicos de la institución Erasmo Ltda en el año 2026, con el objetivo de identificar las fuentes principales de dicha exposición, los procedimientos quirúrgicos que tienen un mayor riesgo y las medidas de protección radiológicas adoptadas en la institución. Asimismo, se busca evaluar el grado de cumplimiento de las normativas nacionales de seguridad y protección radiológica, determinar las posibles consecuencias para la salud de los profesionales y generar recomendaciones orientadas a fortalecer la implementación de elementos de protección personal y optimizar la calidad de vida. Los resultados obtenidos servirán como base para la implementación de estrategias de mejora en seguridad radiológica, la prevención de riesgos ocupacionales, la promoción de entornos laborales más seguros y el fortalecimiento de la cultura de protección radiológica dentro de la institución.

4. Objetivos

4.1 Objetivo General

Determinar el nivel de exposición a la radiación ionizante en los instrumentadores quirúrgicos de la institución Erasmo Ltda en Valledupar en el año 2026

4.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar a los profesionales de la salud en términos de edad, genero, formación académica, experiencia, horas quirúrgicas al mes y especialidades.
- Identificar las fuentes de radiación ionizante a las que están expuestos los instrumentadores quirúrgicos en los procedimientos realizados en la institución.
- Verificar las medidas de protección radiológica implementadas en la institución en el instrumentador quirúrgico.

5. Línea investigativa

La línea de investigación enmarcada en el estudio actual atiende a la “línea de investigación administración de las organizaciones de salud” bajo la sublínea “Seguridad y Salud en el trabajo”, la cual tiene como objetivo desarrollar estudios en las organizaciones de salud, para identificar problemáticas y sus posibles soluciones en cuanto a los procesos administrativos. es por ello que la línea y sublínea guían al estudio en la búsqueda de información pertinente para analizar la exposición ocupacional a la radiación ionizante en el instrumentador quirúrgico, con el propósito de promover la protección y prevención radiológica en el personal ocupacional.

6. Delimitación y factibilidad

6.1 Factibilidad

La factibilidad desde los recursos financieros indica las capacidades económicas para llevar a cabo el estudio, tomando esto en cuenta, los investigadores cuentan con los recursos financieros para ejecutar la investigación. En torno a factibilidad investigativa, se cuenta con una asesora metodológica y académica con amplios conocimientos para guiar a los investigadores al desarrollo óptimo del estudio. En última instancia, desde la factibilidad poblacional, se cuenta con la disponibilidad de los instrumentadores quirúrgicos como objetos de estudio para el proceso de recogida de los datos pertinentes con la finalidad de dar respuesta a los objetivos del estudio.

6.2 Delimitación espacial

6.2.1 Espacio temporal

El espacio temporal de la investigación se delimita al periodo comprendido 17 abril del 2026 al 27 de abril del 2026. Durante este intervalo se realizará la recolección, análisis e interpretación de la información relacionada con la exposición a radiación ionizante en los instrumentadores quirúrgicos de la institución objeto de estudio.

6.2.2 Espacio geográfico

La investigación se desarrollará en la Institución Erasmo Ltda ubicada en el municipio de Valledupar, capital del departamento del Cesar, en la región Caribe colombiana.

Valledupar se encuentra localizada en el nororiente del país, entre la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía del Perijá, con coordenadas aproximadas 10.465174 de latitud norte y -73.252953 de longitud oeste (Alcaldía de Valledupar, 2025). Asimismo, es un centro urbano estratégico del departamento del Cesar y concentra gran parte de la oferta de servicios de salud de mediana y alta complejidad de la región, atendiendo población tanto urbana como rural, así como usuarios provenientes de municipios aledaños. El crecimiento en la demanda de servicios quirúrgicos y la incorporación de tecnologías diagnósticas y terapéuticas que utilizan radiación ionizante han incrementado la exposición ocupacional del personal de salud, lo que hace pertinente

el desarrollo del presente estudio en este contexto geográfico específico (Alcaldía de Valledupar, 2025).

Figura 1. Ubicación geográfica de Valledupar, Cesar



Nota: La imagen ha sido adaptada por el autor de Google maps, 2026

7. Marco teórico

7.1. Marco conceptual

Dosimetría: La dosimetría es el conjunto de técnicas y procedimientos utilizados para medir, evaluar y controlar las dosis de radiación ionizante recibidas por una persona o un objeto (Gaytán et al., 2023). En el ámbito ocupacional, permite monitorear la exposición del personal de salud mediante dispositivos como dosímetros personales, con el fin de verificar el cumplimiento de los límites establecidos y prevenir efectos adversos en la salud (Gaytán, J., López, M., & Ramírez, P, 2023)

Exposición ocupacional: Se refiere a la exposición a radiación ionizante que ocurre como resultado directo del desempeño laboral. En el sector salud, esta exposición puede producirse durante procedimientos diagnósticos o terapéuticos que utilizan equipos emisores de radiación, especialmente cuando el trabajador permanece cerca de la fuente durante periodos prolongados (Gaytán, J., López, M., & Ramírez, P, 2023)

Instrumentador quirúrgico: Es el profesional del área de la salud encargado de la preparación, manejo y control del instrumental y equipos necesarios durante un procedimiento quirúrgico, garantizando condiciones de asepsia y apoyo técnico al equipo médico (Zurita, 2024). En procedimientos que emplean fluoroscopia o rayos X, el instrumentador puede encontrarse en proximidad directa a la fuente emisora de radiación (Ministerio de Salud y Protección Social, s. f.).

Protección radiológica: Conjunto de principios, normas y medidas destinadas a proteger a las personas y al medio ambiente de los efectos nocivos de la radiación ionizante (Zurita, 2024). Se fundamenta en los principios de justificación, optimización (ALARA) y limitación de dosis, promoviendo el uso de barreras físicas, elementos de protección personal y monitoreo dosimétrico (ICRP, 2024).

Radiación ionizante: Es una forma de energía capaz de desprender electrones de los átomos o moléculas, produciendo ionización (Zurita, 2024). Puede provocar alteraciones biológicas en los tejidos vivos, incrementando el riesgo de efectos deterministas y estocásticos,

como lesiones tisulares y cáncer. En el ámbito médico, sus principales fuentes son los equipos de rayos X, tomografía computarizada y fluoroscopia (Diccionario de Cáncer del NCI, s. f.).

Radiación no ionizante: Es una forma de energía que no posee suficiente intensidad para remover electrones de los átomos o moléculas. Incluye radiaciones como microondas, luz visible e infrarroja (Zurita, 2024). A diferencia de la radiación ionizante, no produce ionización en los tejidos biológicos y, en condiciones habituales de exposición, no se asocia con efectos carcinogénicos directos (Diccionario de Cáncer del NCI, s. f.).

7.2. Estado del arte

7.2.1 Antecedentes internacionales

En primer lugar, Zurita (2024) realizó su trabajo académico titulado “Métodos de protección utilizados por el equipo quirúrgico frente a la radiación ionizante en sala de operaciones”, en la Universidad Cayetano Heredia, Perú. El autor llevó a cabo una revisión bibliográfica de 20 artículos científicos publicados en los últimos cinco años, priorizando estudios originales. El objetivo fue describir los métodos de protección empleados por el equipo quirúrgico, lo que permitió obtener una visión amplia y actualizada sobre el tema.

El análisis evidenció una gran diversidad de estrategias de protección radiológica; sin embargo, se destacó el uso predominante de chalecos de plomo en un 70% de los estudios revisados, debido a su amplia disponibilidad, facilidad de uso y capacidad para proteger tanto el torso como las extremidades inferiores. Otros métodos reportados incluyeron el uso de gafas plomadas (15%), protectores tiroideos (10%) y pantallas móviles de plomo (5%), aunque en menor proporción. Estos resultados reflejan una clara preferencia por las medidas de protección personales frente a las colectivas, consolidando al chaleco plomado como el recurso más utilizado en la práctica quirúrgica (Zurita, 2024).

Por otro lado, Gaytán et al., (2023) realizaron en México un estudio observacional titulado Exposición a radiación ionizante en médicos residentes de ortopedia en un hospital de referencia. Entre enero y noviembre de 2020, incluyeron a 54 médicos residentes de ortopedia de un hospital de referencia, a quienes se les proporcionó un dosímetro para medir la exposición a radiación durante su jornada laboral, especialmente en el quirófano y salas de tomografía.

Además, evaluaron sus conocimientos y comportamientos en seguridad radiológica mediante una encuesta. Los resultados mostraron que el 81,5 % de los médicos se colocaba a menos de un metro de la fuente de rayos X; el 77,8 % utilizaba delantal plomado y el 31,5 % collar tiroideo. Asimismo, las mujeres residentes presentaron mayor exposición que los hombres, atribuida al mal uso del dosímetro o a la falta de equipo de protección radiológica durante las cirugías. (Gaytán-Fernández et al., 2023)

Asimismo, Covarrubias et al. (2024) realizó un estudio titulado “Detección de radiación ionizante en el quirófano y áreas hospitalarias”, en la Universidad de Guanajuato, ciudad de México. El objetivo principal fue obtener información real absorbida por el personal sanitario expuesto a la radiación en el quirófano. Se utilizaron dosímetros para medir las dosis absorbidas mediante curvas de brillo, y se monitorearon 42 intervenciones de diferentes especialidades, con un total aproximado de 168 mediciones (4 dosímetros por cirugía).

El resultado de este fue que la mayor dosis absorbida correspondió a la especialidad de traumatología con un 40% del total, seguida de otorrinolaringología con un 25%, neurocirugía con un 20% y oftalmología con un 15%. Además, al analizar la distribución por rol dentro del quirófano, se encontró que el cirujano principal concentró cerca del 50% de la dosis registrada en cada intervención, el ayudante un 30%, el anestesiólogo un 15% y el personal de apoyo un 5%. Estos hallazgos reflejan que, aunque todos los miembros del equipo quirúrgico están expuestos, la mayor carga recae en quienes se encuentran más próximos al campo operatorio (Rodríguez, 2024).

Lozada (2022), en su tesis titulada “Propuesta de un Programa de Protección Radiológica para Prevenir el Riesgo de Exposición a Radiación Ionizante en el Hospital I Agustín Arbulu Neyra de Ferreñafe (Perú)”, analizó la exposición a radiación ionizante del personal médico del área de radiología entre octubre de 2020 y septiembre de 2021. Los resultados mostraron que, aunque la mayoría del personal era consciente de los riesgos y conocía las radiaciones ionizantes, más del 50 % no había recibido capacitación adecuada ni implementado medidas de prevención, y reportó afectaciones en su salud. El estudio concluyó que el nivel de prácticas de protección era bajo debido a la ausencia de protocolos de bioseguridad, señalización inadecuada y falta de simulacros (Lozada Jaramillo, 2022).

En última instancia, Alarcón (2021), en su tesis titulada “Potencial peligro que se encuentran expuestos los instrumentadores quirúrgicos a las radiaciones ionizantes”, realizada en Buenos Aires, Argentina, tuvo como objetivo describir el riesgo derivado de la exposición continua a radiación ionizante en instrumentadores quirúrgicos de un hospital de la zona sur de la provincia. El estudio, desarrollado entre agosto y noviembre de 2019, encuestó a 25 profesionales de la salud. Los resultados evidenciaron que, aunque existe conocimiento básico sobre las normas de bioseguridad, estas no se cumplen a cabalidad; no se proporciona suficiente información sobre las mediciones de los dosímetros, lo que impide el acceso del personal a datos cruciales. Además, se observó que los chalecos plomados se encuentran en malas condiciones y no se realiza una reposición adecuada del equipo (Alarcón, 2021)

7.2.2 Antecedentes nacionales

En primer lugar, Méndez (2024), en su trabajo de grado titulado “Sistema de vigilancia epidemiológica para el riesgo por exposición a radiaciones ionizantes en el personal de una empresa de suministro y mantenimiento de equipos de rayos X, en las sedes de Colombia”, desarrollado en Medellín, analizó la problemática de la exposición a radiaciones ionizantes en empleados de una empresa especializada en el mantenimiento de este tipo de equipos, destacando efectos adversos para la salud como cáncer, cataratas y alteraciones neurológicas, cuya aparición depende de la dosis recibida y de factores individuales como la edad. El estudio evidenció que 65 % de los empleados desconocían protocolos de protección radiológica, mientras que 40 % presentaban síntomas compatibles con exposición crónica. Además, se identificó la ausencia de un sistema de vigilancia epidemiológica que garantice el cumplimiento de los estándares de protección radiológica y se propuso el desarrollo de un Sistema de Vigilancia Epidemiológica (SVE) enfocado en controlar y reducir los riesgos, salvaguardando la salud del personal mediante el monitoreo de trabajadores, equipos emisores y entorno laboral a través de evaluaciones dosimétricas, así como la implementación de indicadores y mecanismos de alerta que faciliten acciones preventivas y correctivas como auditorías, reubicaciones y análisis de eventos críticos (Méndez Cristancho, 2024).

Por otro lado, Flores (2023), en su artículo científico titulado “Interpretación de la importancia de medidas de protección a exposiciones radio-ionizantes del personal de enfermería durante cirugías traumatológicas”, analizó la relevancia de aplicar medidas de protección frente a

la exposición a radiaciones ionizantes en este tipo de procedimientos, con el fin de prevenir efectos adversos en la salud del personal de enfermería. El estudio consistió en una revisión exhaustiva de artículos publicados entre 2017 y 2022 en diversas bases de datos académicas, partiendo de 80 fuentes iniciales y seleccionando, bajo criterios de inclusión y exclusión, 16 estudios relevantes. Los resultados evidenciaron que, si bien las cirugías traumatológicas se han vuelto menos invasivas para los pacientes gracias al uso de rayos X, estos representan un riesgo laboral significativo para el personal de enfermería, favoreciendo el desarrollo de enfermedades por exposición prolongada. En particular, se encontró que 70 % de los estudios reportaron un uso incorrecto de medidas de protección y que 55 % de los profesionales desconocían la dosis acumulativa anual permitida, lo que refleja un déficit de conocimiento sobre la importancia y correcta aplicación de las medidas de protección, a pesar de su existencia (Flores Duarte, 2023).

Asimismo, Bautista et al. (2024) desarrollaron en Bucaramanga la investigación titulada “Percepción frente al riesgo de exposición de instrumentadores quirúrgicos a radiaciones ionizantes”, cuyo objetivo fue determinar la percepción de estos profesionales frente al riesgo de radiaciones ionizantes en salas de cirugía durante el año 2024. El estudio caracterizó a los participantes según edad, sexo, escolaridad, institución de trabajo, horas quirúrgicas mensuales y especialidades atendidas, además de describir las acciones de autocuidado que realizan, explorando su conocimiento, acceso y uso de elementos de protección personal en el quirófano. Los resultados mostraron que la mayoría de instrumentadores quirúrgicos eran mujeres entre 24 y 30 años (82 %), más del 85 % trabajaba en el área asistencial —donde la exposición a radiación ionizante es alta— y la mayoría contaba con entre 1 y 5 años de experiencia (60 %). A pesar de ello, se evidenció que, aunque el 90 % conocía la existencia de elementos de protección personal, solo 35 % los utilizaba de manera adecuada, lo que resalta la necesidad de fortalecer las medidas de protección y capacitación en este grupo ocupacional (Bautista-Esquivia et al., 2024).

7.3 Bases teóricas

7.3.1 *Concepto y clasificación de la radiación ionizante*

El concepto de radiación ionizante tiene sus raíces en los descubrimientos realizados a finales del siglo XIX. En 1895, Wilhelm Conrad Röntgen identificó una nueva forma de radiación, los rayos X, capaces de atravesar tejidos blandos y revelar estructuras internas del cuerpo humano, lo que marcó el inicio de la radiología médica. Un año más tarde, en 1896, Henri Becquerel descubrió la radiactividad natural al observar que las sales de uranio emitían espontáneamente una radiación invisible capaz de impresionar placas fotográficas sin necesidad de exposición a la luz solar. Posteriormente, en 1898, Marie y Pierre Curie aislaron elementos altamente radiactivos como el polonio y el radio, demostrando que la radiación provenía del interior de los átomos y no de procesos externos. Estos aportes pioneros sentaron las bases de la física nuclear y de la radiobiología, permitiendo que la radiación ionizante se consolidara como un fenómeno científico fundamental y, más adelante, como una herramienta indispensable en el diagnóstico y tratamiento médico. (Curie y Curie, 1898).

En la actualidad, organismos internacionales como La Organización Mundial de la Salud define la radiación ionizante como una forma de energía liberada por los átomos que se propaga en forma de ondas electromagnéticas (como los rayos X y los rayos gamma) o partículas (como partículas alfa, beta y neutrones), y que tiene la capacidad de ionizar la materia al desprender electrones de los átomos. Este proceso de ionización puede producir alteraciones químicas en las células y daños en el material genético, lo que incrementa el riesgo de efectos biológicos adversos, especialmente cuando la exposición es repetitiva o acumulativa. (OMS, 2023)

En el ámbito médico, la radiación ionizante constituye una herramienta esencial para el diagnóstico y tratamiento de múltiples patologías; sin embargo, su uso implica riesgos ocupacionales para el personal sanitario. Según la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA, 2024), el sector salud representa una de las principales fuentes de exposición artificial a radiación ionizante a nivel mundial, especialmente en procedimientos diagnósticos e intervencionistas. Desde el punto de vista de su clasificación, las radiaciones ionizantes se dividen en dos grandes categorías: radiaciones electromagnéticas y radiaciones corpusculares (IAEA, 2024).

Las radiaciones electromagnéticas incluyen los rayos X y los rayos gamma. Los rayos X son generados artificialmente en equipos médicos y se utilizan ampliamente en radiografía, tomografía computarizada y fluoroscopia. Los rayos gamma, por su parte, se originan en procesos de desintegración radiactiva y se emplean principalmente en medicina nuclear y radioterapia (OMS, 2023).

Las radiaciones corpusculares están constituidas por partículas con masa, como partículas alfa, partículas beta y neutrones. Aunque tienen aplicaciones médicas específicas, su presencia en el entorno quirúrgico convencional es limitada, siendo los rayos X particularmente en fluoroscopia, la principal fuente de exposición ocupacional para el personal de sala de cirugía (ICRP, 2024).

Tabla 1. Clasificación de las radiaciones ionizantes y su aplicación en el ámbito médico

Tipo de radiación	Subtipo	Características principales	Aplicaciones médicas	Relevancia en el entorno quirúrgico	Referencia
Radiaciones electromagnéticas	Rayos X	Radiación de alta energía generada artificialmente en equipos médicos. Tiene capacidad de penetrar tejidos blandos y ser absorbida por estructuras densas.	Radiografía, fluoroscopia, tomografía computarizada	Es la principal fuente de exposición ocupacional en quirófano, especialmente en procedimientos guiados por imagen.	OMS (2023); ICRP (2012)
Radiaciones electromagnéticas	Rayos Gamma	Radiación emitida por la desintegración de núcleos	Medicina nuclear y	Baja presencia en quirófano convencional.	OMS (2023)

		atómicos inestables. Alta capacidad de penetración.	radioterapia oncológica.		
Radiaciones corpúsculares	Partículas Alfa	Núcleos de helio con alto poder de ionización y baja capacidad de penetración.	Terapias oncológicas dirigidas y medicina nuclear especializada.	Presencia limitada en procedimien- tos quirúrgicos habituales.	IAEA (2018)
Radiaciones corpúsculares	Partículas Beta	Electrones o positrones emitidos durante procesos de desintegración radiactiva. Capacidad de penetración moderada.	Medicina nuclear y radioterapia metabólica.	Uso poco frecuente en quirófono general.	IAEA (2018)
Radiaciones corpúsculares	Neutrones	Partículas sin carga eléctrica con alta capacidad de penetración.	Radioterapia especializada para tumores resistentes.	No suelen emplearse en cirugía convencional.	ICRP (2012)

Fuente: (OMS, 2023, IAEA, 2018)

Dado que el presente estudio se desarrolla en un entorno quirúrgico, el interés principal se centra en la radiación electromagnética generada por equipos de rayos X utilizados de forma intraoperatoria.

7.3.2 Radiación ionizante en el entorno quirúrgico

En el entorno quirúrgico moderno, la radiación ionizante se emplea como herramienta de apoyo diagnóstico y terapéutico en tiempo real, por su parte, la fluoroscopia y otros sistemas de imagen intraoperatoria permiten visualizar estructuras anatómicas durante el procedimiento, mejorando la precisión quirúrgica y reduciendo complicaciones. No obstante, su uso continuo genera exposición ocupacional para el equipo de salud, especialmente para quienes permanecen cerca del campo operatorio (Castillo Sánchez, 2024; Ramos, 2024)

- **Arco en C**

El arco en C es un equipo móvil de fluoroscopia ampliamente utilizado en cirugía ortopédica, vascular, urológica y de trauma. Su estructura en forma de “C” integra un tubo generador de rayos X y un detector de imagen que permite obtener imágenes dinámicas en múltiples proyecciones sin necesidad de movilizar al paciente (Ministerio de Salud de Chile, 2022).

Durante su funcionamiento, el tubo emite un haz primario de radiación dirigido hacia el paciente, parte de esta radiación es absorbida, pero otra parte se dispersa en diferentes direcciones, generando radiación secundaria que constituye la principal fuente de exposición para el personal quirúrgico (ICRP, 2024). El nivel de exposición dependerá de factores como el tiempo de fluoroscopia, la distancia a la fuente emisora y el uso adecuado de elementos de protección personal.

- **Fluoroscopia**

La fluoroscopia es una técnica de imagen que utiliza rayos X continuos o pulsados para producir imágenes en tiempo real, el cual es esencial en procedimientos mínimamente invasivos y en la colocación de implantes o dispositivos médicos. Sin embargo, debido a que puede mantenerse activa durante varios minutos, representa una de las mayores fuentes de exposición ocupacional en el quirófano (IAEA, 2024).

A diferencia de una radiografía convencional, que implica una exposición breve, la fluoroscopia puede generar dosis acumulativas significativas tanto para el paciente como para el personal sanitario si no se aplican medidas de optimización y control.

- **Radiación dispersa**

La radiación dispersa (scatter radiation) es aquella que, tras interactuar con el paciente, cambia de dirección y se propaga en el ambiente quirúrgico, la cual no forma parte del haz primario, pero constituye el principal riesgo para el equipo de salud, ya que puede alcanzar zonas no protegidas del cuerpo, como ojos, tiroides y extremidades (ICRP, 2024).

Diversos estudios han demostrado que la intensidad de la radiación dispersa disminuye significativamente al aumentar la distancia respecto al paciente, lo que resalta la portancia del posicionamiento estratégico en el quirófano y la aplicación de la ley del cuadrado inverso (IAEA, 2024).

- **Factores que aumentan la exposición ocupacional**

La exposición del personal quirúrgico a radiación ionizante está influenciada por múltiples factores, entre ellos:

- Tiempo de exposición: a mayor duración de la fluoroscopia, mayor dosis acumulada.
- Distancia a la fuente: la proximidad al paciente incrementa la intensidad de radiación recibida.
- Posición respecto al tubo de rayos X: ubicarse del lado del tubo generador implica mayor exposición que del lado del detector.
- Frecuencia de procedimientos: la carga quirúrgica mensual influye directamente en la dosis acumulativa.
- Uso inadecuado de elementos de protección personal: la ausencia o incorrecta utilización de delantales plomados, protectores tiroideos o gafas plomadas incrementa el riesgo (ICRP, 2024).

En este contexto, el instrumentador quirúrgico, debido a su permanencia cercana al campo operatorio y su participación durante todo el procedimiento, puede presentar un riesgo elevado de exposición acumulativa si no se implementan medidas de protección radiológica

7.3.3 Exposición ocupacional a radiación ionizante

La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP, 2012) define la exposición ocupacional como la exposición de trabajadores que están sometidos a radiación ionizante en el ejercicio de su actividad profesional, excluyendo la exposición médica como pacientes y la exposición natural de fondo. En el ámbito sanitario, esta exposición se presenta principalmente en servicios de radiología, medicina nuclear, radioterapia y en procedimientos quirúrgicos guiados por imagen. Según la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA, 2024), el personal de quirófano que participa en procedimientos con fluoroscopia puede estar expuesto a dosis acumulativas significativas si no se implementan medidas adecuadas de protección radiológica.

7.3.3.1 Límites de dosis ocupacional

Con el fin de prevenir efectos biológicos adversos, la ICRP (2024) establece límites de dosis para trabajadores expuestos:

- **Dosis efectiva:** 20 mSv por año en promedio durante 5 años (100 mSv en 5 años), sin exceder 50 mSv en un solo año.
- **Cristalino:** 20 mSv por año (promedio en 5 años).
- **Piel, manos y pies:** 500 mSv por año.

Estos límites buscan reducir el riesgo de efectos estocásticos y prevenir la aparición de efectos deterministas. No obstante, la ICRP enfatiza que incluso cuando las dosis se mantienen dentro de los límites permitidos, debe aplicarse el principio de optimización (ALARA) para mantener la exposición tan baja como sea razonablemente posible.

- **Exposición aguda y crónica**

La exposición ocupacional puede clasificarse en:

- **Exposición aguda:** ocurre en un periodo corto con dosis elevadas. Es más frecuente en accidentes radiológicos y puede generar efectos deterministas inmediatos (OMS, 2023).
- **Exposición crónica:** se produce por la acumulación de pequeñas dosis durante largos periodos. Es la forma más común en trabajadores sanitarios y se asocia principalmente con efectos estocásticos como el cáncer (ICRP, 2024).

En el entorno quirúrgico, la exposición del instrumentador suele ser crónica y acumulativa, debido a la participación repetitiva en procedimientos guiados por fluoroscopia.

Tabla 2. *Límites de dosis ocupacional según ICRP*

Tipo de límite	Valor recomendado	Aplicación en quirófano	Fuente
Dosis efectiva	20 mSv/año (promedio 5 años)	Control acumulativo anual del personal	ICRP (2012)
Dosis cristalina	20 mSv/año	Prevención de cataratas ocupacionales	ICRP (2012)
Piel y extremidades	500 mSv/año	Protección de manos en cirugía ortopédica	ICRP (2012)

Fuente: (ICPR, 2012)

Según la IAEA (2024), el uso de dosímetros personales permite:

- Controlar la dosis acumulativa.
- Verificar el cumplimiento de los límites normativos.
- Detectar desviaciones o prácticas inseguras.
- Implementar acciones correctivas oportunas.

La ausencia de monitoreo dosimétrico continuo puede generar subestimación del riesgo y dificultar la vigilancia epidemiológica ocupacional.

7.3.4 Efectos biológicos de la exposición ocupacional

La radiación ionizante puede producir alteraciones celulares mediante daño directo al ADN o indirectamente a través de la formación de radicales libres, los cuales dependen de la dosis absorbida, el tiempo de exposición, la radiosensibilidad del tejido y la frecuencia de exposición (OMS, 2023).

La ICRP (2024) clasifica los efectos biológicos en deterministas y estocásticos.

- **Efectos deterministas**

Los efectos deterministas (o no estocásticos) presentan un umbral de dosis. No se manifiestan por debajo de cierto nivel de exposición, pero una vez superado, su gravedad aumenta con la dosis. Entre los principales efectos se encuentran:

- Eritema cutáneo
- Cataratas
- Esterilidad temporal o permanente
- Síndrome de irradiación aguda

Estos efectos se producen por la muerte masiva de células en tejidos específicos (ICRP, 2012).

- **Efectos estocásticos**

Los efectos estocásticos no tienen umbral de dosis. La probabilidad de aparición aumenta con la dosis, pero la gravedad no depende de esta. Los principales son:

- Cáncer inducido por radiación
- Mutaciones hereditarias

Según la OMS (2023), incluso exposiciones bajas repetidas pueden incrementar ligeramente el riesgo de cáncer a largo plazo.

Tabla 3. Comparación de efectos biológicos de la radiación

Tipo de efecto	Umbral de dosis	Relación con la dosis	Ejemplos	Relevancia ocupacional
Determinista	Sí	A mayor dosis, mayor gravedad	Eritema, cataratas, síndrome agudo	Poco frecuente en exposición quirúrgica habitual
Estocástico	No	A mayor dosis, mayor probabilidad	Cáncer, mutaciones	Principal riesgo en exposición crónica de instrumentadores

Fuente: (IAEA, 2018, OMS 2023)

Diversos estudios en trabajadores de salud expuestos a fluoroscopia han reportado mayor incidencia de cataratas subcapsulares posteriores y aumento del riesgo de cáncer de tiroides y neoplasias hematológicas en comparación con población no expuesta (IAEA, 2024; ICRP, 2024).

7.3.5 Protección radiológica en el entorno quirúrgico

La protección radiológica comprende el conjunto de principios, normas y medidas destinadas a prevenir o reducir los efectos nocivos de la radiación ionizante sobre las personas y el medio ambiente. La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP, 2024) señala que esta disciplina se fundamenta en tres principios básicos: justificación, optimización y limitación de dosis (Comisión Internacional de Protección Radiológica, 2024).

El primer principio, la justificación, establece que todo procedimiento que involucre radiación debe estar respaldado por beneficios superiores a los riesgos, garantizando que la exposición se realice únicamente cuando sea indispensable para el diagnóstico o tratamiento (Comisión Internacional de Protección Radiológica, 2024).

El segundo principio, la optimización, se aplica bajo el concepto ALARA (As Low As Reasonably Achievable), que busca mantener las dosis tan bajas como sea razonablemente posible. Esto se logra mediante estrategias como reducir el tiempo de exposición, aumentar la distancia respecto a la fuente y utilizar blindajes adecuados como chalecos plomados y pantallas móviles (Agencia Internacional de Energía Atómica, 2024).

El tercer principio, la limitación de dosis, establece límites máximos de exposición ocupacional. Según la ICRP, la dosis efectiva anual para trabajadores expuestos no debe superar 20 mSv en promedio durante cinco años, con un máximo de 50 mSv en un solo año, lo que garantiza que la exposición acumulativa se mantenga dentro de márgenes seguros (Comisión Internacional de Protección Radiológica, 2024).

En el entorno quirúrgico, donde se emplean equipos emisores de rayos X como el arco en C y la fluoroscopia móvil, la protección radiológica es fundamental para minimizar la exposición acumulativa del personal de salud, especialmente del instrumentador quirúrgico, quien permanece en proximidad constante al campo operatorio (Agencia Internacional de Energía Atómica, 2024).

Las medidas de protección incluyen el uso de chalecos plomados, protectores tiroideos, gafas plomadas y pantallas móviles, así como la planificación adecuada de los procedimientos para reducir tiempos de exposición. Además, la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2023) enfatiza la importancia de la capacitación continua del personal quirúrgico en materia de seguridad radiológica, dado que la falta de conocimiento es uno de los principales factores de riesgo (Organización Mundial de la Salud, 2023).

7.3.5.1 Principios fundamentales de protección radiológica

Toda práctica que implique exposición a radiación debe estar clínicamente justificada, es decir, el beneficio diagnóstico o terapéutico debe superar el riesgo potencial asociado a la exposición. En el contexto quirúrgico, esto implica evitar exposiciones innecesarias o repetitivas durante los procedimientos (ICRP, 2024).

El principio ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*) establece que las dosis de radiación deben mantenerse tan bajas como sea razonablemente posible, teniendo en cuenta factores económicos y sociales. Esto implica aplicar estrategias técnicas y conductuales para reducir la exposición sin comprometer la calidad del procedimiento (IAEA, 2024).

En el quirófano, la optimización incluye:

- Uso de fluoroscopia pulsada en lugar de continua.
- Reducción del tiempo de exposición.
- Ajuste adecuado de parámetros técnicos (kVp y mA).
- Posicionamiento estratégico del personal.

7.3.5.2 Estrategias básicas de protección en el quirófano

La protección radiológica práctica en el entorno quirúrgico se basa en tres pilares operativos:

Tiempo: Reducir el tiempo de exposición disminuye proporcionalmente la dosis recibida. Procedimientos mejor planificados y coordinación eficiente del equipo reducen activaciones innecesarias del equipo de rayos X (IAEA, 2024).

Distancia: La intensidad de la radiación disminuye con el cuadrado de la distancia respecto a la fuente (ley del cuadrado inverso). Alejarse del paciente durante la activación del equipo reduce significativamente la exposición ocupacional (ICRP, 2024).

Blindaje: El uso de barreras físicas absorbe o atenúa la radiación dispersa. En el quirófano se utilizan:

- Delantales plomados (0.5 mm Pb).
- Protectores tiroideos.
- Gafas plomadas.
- Pantallas móviles blindadas.

El blindaje adecuado es una de las medidas más efectivas para reducir la dosis absorbida por órganos radiosensibles como el cristalino y la tiroides (IAEA, 2024).

7.4 Bases legales

Constitución Política de Colombia

Artículo 79

Establece que todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano, lo que implica que el Estado debe garantizar condiciones ambientales adecuadas para la vida, prevenir el deterioro ambiental y promover la participación ciudadana en la protección del entorno. Asimismo, otorga a cualquier persona la facultad de exigir la protección del ambiente ante las autoridades competentes (Constitución Política de Colombia, 1991).

Artículo 80

Dispone que el Estado debe planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, conservación y restauración. Además, establece la obligación de prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer sanciones legales a quienes infrinjan las normas ambientales y fomentar la educación para la protección del medio ambiente (Constitución Política de Colombia, 1991).

Estos artículos sustentan el derecho a condiciones laborales seguras y a la protección frente a agentes físicos como la radiación ionizante, enmarcando la responsabilidad estatal en la vigilancia y control de riesgos ambientales y ocupacionales.

Ley 9ª de 1979 (Código Sanitario Nacional)

Constituye la base legal fundamental en Colombia para el control sanitario de las radiaciones ionizantes, la cual establece que toda persona natural o jurídica que posea o utilice equipos generadores de radiación ionizante debe contar con licencia expedida por el Ministerio de Salud. Además, faculta a dicha entidad para emitir reglamentos técnicos orientados a garantizar la protección de la salud y seguridad de los trabajadores expuestos, así como de la población en general (Congreso de Colombia, 1979).

Esta ley respalda la obligatoriedad del control sanitario, la vigilancia de la exposición ocupacional y la implementación de medidas de protección radiológica en instituciones prestadoras de servicios de salud.

Resolución 1811 de 2025

Establece el marco regulatorio vigente en Colombia para el uso de equipos generadores de radiación ionizante. Regula prácticas médicas, veterinarias, industriales y de investigación, y exige:

- Licencias específicas para la operación de equipos emisores de radiación.
- Capacitación obligatoria en protección radiológica.
- Implementación de protocolos de control de calidad.
- Programas de vigilancia y monitoreo dosimétrico del personal expuesto.

Esta resolución constituye el soporte normativo directo para la evaluación de las medidas de protección radiológica y el cumplimiento institucional en el entorno quirúrgico. Ministerio de Salud y Protección Social. (2025).

8. Diseño metodológico

8.1 Tipo de estudio

Cuantitativo

Según Redalyc (2021), los estudios de enfoque cuantitativo se caracterizan por adoptar una postura deductiva, en la que el investigador formula hipótesis y utiliza instrumentos estandarizados para recolectar datos numéricos que permitan responder a los objetivos planteados. Es por ello por lo que el presente estudio se enmarca en el enfoque cuantitativo, ya que se aplicará un cuestionario estructurado para medir el nivel de exposición a radiación ionizante y el uso de medidas de protección por parte de los instrumentadores quirúrgicos en IPS de Valledupar.

Descriptivo

De acuerdo con Cvetkovic-Vega et al. (2021), los estudios descriptivos permiten caracterizar fenómenos específicos sin establecer relaciones causales, siendo útiles para conocer la prevalencia, frecuencia o distribución de una condición en una población determinada. En ese sentido, este estudio es de tipo descriptivo, ya que busca identificar y caracterizar los niveles de exposición ocupacional y las prácticas de protección radiológica entre los instrumentadores quirúrgicos.

Corte transversal

Los estudios de corte transversal, como señalan Cvetkovic-Vega et al. (2021), se realizan en un único momento del tiempo, permitiendo obtener una ilustración de la situación actual sin seguimiento longitudinal. Por lo tanto, se aplicará un instrumento en un momento determinado a los profesionales objeto de estudio.

Prospectivo

Según la Facultad de Medicina de la UNAM (2022), los estudios prospectivos recogen datos en tiempo presente, observando fenómenos tal como ocurren sin intervención del investigador. Este estudio es prospectivo, ya que se aplicará el cuestionario en el momento actual a los instrumentadores quirúrgicos activos en IPS de Valledupar, con el fin de obtener información directa sobre su exposición a radiación y sus prácticas de protección.

8.2 Población

Según Sampieri, Collado y Lucio (2022), la población se define como el conjunto de todos los casos que cumplen con ciertas características específicas dentro de un contexto determinado y que son objeto de estudio en una investigación. Estos elementos comparten atributos relevantes para el fenómeno investigado, lo que permite establecer criterios de inclusión y exclusión que delimiten claramente el universo de análisis.

En el presente estudio, la población está conformada por la totalidad de los instrumentadores quirúrgicos vinculados a la institución Erasmo Ltda durante el comprendido entre 17 y 27 de abril del año 2026. Según el registro institucional correspondiente al período de observación, la población quedó constituida por cuatro (4) instrumentadores quirúrgicos activos en las salas de cirugía de la clínica, identificados con los códigos IQ-01, IQ-02, IQ-03 e IQ-04 para garantizar la confidencialidad de los participantes en concordancia con los principios éticos establecidos por la Resolución 8430 de 1993.

Esta población comparte condiciones profesionales, operativas y contextuales homogéneas: todos los sujetos laboraban en la misma institución, bajo la misma especialidad quirúrgica predominante —ortopedia—, y durante el mismo período de observación, lo cual los hace pertinentes para la recolección de datos y el cumplimiento de los objetivos propuestos.

8.3 Muestra

De acuerdo con Sampieri, Collado y Lucio (2022), la muestra corresponde a un subconjunto representativo de la población, seleccionado mediante procedimientos que garanticen su validez inferencial. Sin embargo, los mismos autores señalan que cuando la población total es pequeña, accesible en su totalidad y de tamaño inferior a 100 sujetos, resulta metodológicamente pertinente y recomendable prescindir del proceso de muestreo y trabajar con el universo completo, estrategia conocida como estudio censal o de universo completo.

Dado que la población del presente estudio está conformada por cuatro (4) instrumentadores quirúrgicos —cifra considerablemente inferior al umbral de 100 sujetos empleado como referente en investigación cuantitativa (Barrantes, 2014; Arias, 2016)—, no se extrae muestra. En consecuencia, la totalidad de la población participó en el proceso de recolección

de datos, lo cual garantiza una representatividad del 100 % y elimina el sesgo asociado a los procesos de selección muestral.

8.4 Variable

Las variables se conforman por los aspectos, teorías o elementos inmersos en los objetivos de la investigación, los cuales condicionan a la variable general del estudio, poseen una naturaleza específica de acuerdo con sus características, en su proceso de recogida de los datos, indica una medición nominal y ordinal, así como naturaleza cuantitativa y cualitativa. En la investigación, las variables son características sociodemográficas, fuentes de exposición a radiación, medidas de protección radiológica.

9. Unidad de análisis

Las unidades de análisis se conforman por los aspectos a definir para la aplicación del proceso de recolección de los datos. Se integran por criterios de inclusión, definidos como los aspectos a seleccionar para determinar los sujetos a los cuales se les aplicará el cuestionario. En torno a los criterios de exclusión, son los factores que determinan la no aplicación del instrumento a varios sujetos.

9.2 Criterios de inclusión

Los criterios de inclusión para el estudio son instrumentadores quirúrgicos que laboren en la institución Erasmo Ltda en el periodo de tiempo comprendido desde el 17 abril al 27 de abril del año 2026 y que deseen participar en el estudio.

9.2.1 Criterios de exclusión

Los criterios de exclusión para el estudio son sujetos que no sean instrumentadores quirúrgicos que laboren en la institución Erasmo Ltda en el periodo de tiempo comprendido desde el 17 de abril al 27 de abril del 2026 que no deseen participar en el estudio.

9.2.2 Técnicas de obtención de la información

Las técnicas de recolección de la información comprenden los procesos que se llevan a cabo para recoger los datos de los sujetos objeto de análisis y dar respuesta a los objetivos del estudio.

9.3 Fuentes primarias

Las fuentes primarias corresponden a la información obtenida directamente de los participantes que forman parte del fenómeno investigado. Según UNEMI (2023), la encuesta es una técnica cuantitativa que permite recopilar datos mediante instrumentos estructurados como el cuestionario, el cual puede aplicarse en modalidad auto administrada y con escala tipo Likert. En este estudio, se seleccionó un cuestionario auto administrado dirigido a instrumentadores quirúrgicos de la institución Erasmo Ltda en la ciudad de Valledupar

9.3.1 Fuentes secundarias

Las referencias de Amrith (2008), Swidrovich (2019) y Salaverry (2010) fueron complementadas con fuentes secundarias que aportaron elementos teóricos críticos al estudio. Estos insumos provinieron de libros especializados, artículos científicos y documentos normativos, obtenidos mediante búsquedas en bases de datos como Google Scholar, PubMed y Redalyc. La información recopilada permitió profundizar en el análisis de la exposición a la radiación ionizante en el instrumentador quirúrgico, fortaleciendo la solidez académica y la pertinencia cultural de la investigación.

9.4 Análisis y presentación de la información

Las fuentes secundarias se conforman por información relacionada con la variable de estudio, pero que no proviene directamente de los participantes actuales. Según Sánchez et al. (2021), estas fuentes incluyen artículos científicos, documentos institucionales, libros especializados y sitios web informativos que permiten contextualizar el fenómeno investigado. En este estudio, se consultaron antecedentes teóricos y estudios previos sobre exposición ocupacional a radiación ionizante, efectos biológicos, prácticas de protección radiológica y condiciones laborales en entornos quirúrgicos.

9.5 Análisis de la información

(Cohen y Gómez, 2019) definen el procesamiento de la información, como los procedimientos que se llevan a cabo a partir de la recogida de los datos, para tratarlos y convertirlos en resultados claros. El estudio, se apoya en la técnica de procesamiento bajo el enfoque cuantitativo, dando respuesta de forma numérica a las necesidades de la investigación.

9.6 Presentación de la información

La información recolectada será organizada mediante tabulaciones utilizando el software Microsoft Excel, especializado en el procesamiento y análisis de datos. Posteriormente, los resultados serán trasladados al programa Microsoft Word, donde se llevará a cabo un análisis detallado que permita interpretar los hallazgos obtenidos.

9.7 Difusión de la información

La presente investigación será inicialmente presentada como un anteproyecto ante el comité de investigación institucional. Una vez obtenida su aprobación, se realizarán las correcciones y ajustes pertinentes con el acompañamiento del asesor asignado. Posteriormente, el trabajo será difundido mediante su presentación y sustentación ante un jurado evaluador en una fecha previamente establecida. Esta etapa permitirá socializar los resultados obtenidos y validar el aporte académico del estudio. Finalmente, tras la revisión de las correcciones por parte del comité y la emisión de la autorización correspondiente, se procederá con la presentación oficial.

9.7.1 Aspectos éticos de la investigación

Los principios éticos de investigación están basados según la Resolución N.º 008430 de 1993 (4 de octubre 1993)

Investigación sin riesgo: Se refiere a aquellos estudios que garantizan la seguridad de los participantes, sin realizar intervenciones ni alterar variables biológicas, fisiológicas, psicológicas o sociales. En este tipo de investigación, se utilizan herramientas destinadas únicamente a recolectar información con el propósito de responder a una problemática específica.

Principio de totalidad o integridad: Este principio implica que, al involucrar personas en una investigación, debe preservarse su unidad como seres humanos. No se debe fragmentar ni comprometer su dimensión corporal, psicológica ni ética, asegurando que se respete su integridad en todos los aspectos.

Principio de respeto por la persona: El respeto constituye un eje fundamental en cualquier proceso investigativo. Debe contemplar las condiciones sociales, culturales, económicas, étnicas y ambientales de los participantes. Este principio exige valorar y aplicar procedimientos que garanticen la seguridad de los sujetos, reconociendo sus miedos, aspiraciones y proyectos de vida.

Principio de beneficencia: Este principio ético busca promover el bienestar de los participantes, procurando beneficios y minimizando cualquier riesgo, daño o afectación física o psicológica que pudiera derivarse de su participación en el estudio.

Principio de justicia: La justicia en investigación implica actuar con equidad y medir las implicaciones del estudio para todos los involucrados. No solo se trata de comprender y aplicar los principios éticos, sino de asegurar que las acciones derivadas del proceso investigativo generen consecuencias positivas y justas para los participantes (Resolución 8430, 1993).

10. Resultados y análisis de la información

La presentación y análisis de los resultados permiten delimitar datos provenientes de la tabulación y procesamiento de datos, develados en tablas y gráficas como producto de la aplicación del instrumento de recolección de datos. El estudio forma parte del anteproyecto de grado titulado “Exposición a Radiación Ionizante en el Instrumentador Quirúrgico en la Institución Erasmo Ltda, Valledupar, 2026”, desarrollado en el programa de Instrumentación Quirúrgica de la Universidad Popular del Cesar. El objetivo general del trabajo es determinar el nivel de exposición a la radiación ionizante al que se encuentran sometidos los instrumentadores quirúrgicos (IQ) en la institución Clínica Erasmo Ltda, así como caracterizar las medidas de protección radiológica adoptadas en la práctica cotidiana. La relevancia del tema radica en que la exposición crónica a radiación ionizante, incluso por debajo de los límites legales establecidos por la ICRP, puede generar efectos biológicos acumulativos como cataratas subcapsulares posteriores, alteraciones hematológicas y mayor riesgo de neoplasias.

Se empleó un instrumento de registro diario diligenciado por un observador externo al finalizar cada turno quirúrgico. Los cuatro instrumentadores participantes fueron identificados con códigos (IQ-01, IQ-02, IQ-03 y IQ-04) para garantizar la confidencialidad. El instrumento contempló cuatro secciones:

- **Caracterización del perfil sociodemográfico y laboral de los instrumentadores quirúrgicos:** Caracterizar a los profesionales participantes en términos de edad, género, nivel de formación académica, años de experiencia, horas quirúrgicas al mes y especialidades.
- **Fuentes de exposición a radiación:** uso de fluoroscopio, RX portátil y tomógrafo intraoperatorio; número de procedimientos y tiempo estimado de exposición por turno.
- **Medidas de protección radiológica observadas:** uso de delantal plomado, protector tiroideo, gafas plomadas, dosímetro ocular, dosímetro personal, mantenimiento de distancia de seguridad y verificación de señalización activa.
- **Datos del turno:** fecha, código del IQ, especialidad quirúrgica y duración del turno.

Caracterización del perfil sociodemográfico y laboral de los instrumentadores quirúrgicos

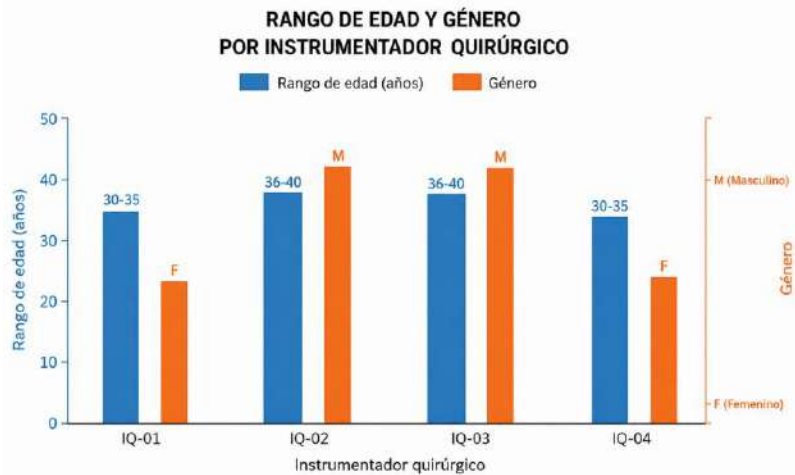
El primer objetivo específico buscó caracterizar a los profesionales participantes en términos de edad, género, nivel de formación académica, años de experiencia, horas quirúrgicas al mes y

especialidades. La información fue recogida en la Sección 0 del instrumento, diligenciada una sola vez por cada IQ al inicio del período de observación.

Tabla 4. Perfil sociodemográfico y laboral de los instrumentadores quirúrgicos participantes

Variable	IQ-01	IQ-02	IQ-03	IQ-04
Edad	31 años	39 años	37 años	30 años
Género	Femenino	Masculino	Masculino	Femenino
Años de experiencia	6 años	7 años	5 años	5 años
Especialidad	Ortopedia	Ortopedia	Ortopedia	Ortopedia
Registros observados	4 (22,2%)	3 (16,7%)	5 (27,8%)	6 (33,3%)

Figura 2. Rango de edad y genero por instrumentador quirúrgico.



Fuente: elaboración propia (2026)

El análisis de las variables sociodemográficas permitió contextualizar los hallazgos de los OE2 y OE3. La totalidad de la población (100 %) se desempeñaba en la especialidad de ortopedia durante el período observado, lo que justifica el uso sistemático del fluoroscopio (arco en C) en todos los turnos registrados. La distribución por edad, experiencia y carga laboral se presenta de forma

individual, dado el carácter censal del estudio y el reducido tamaño de la población ($n = 4$), que no admite agrupaciones estadísticas.

Figura 3. Años de experiencia y especialidad quirúrgica por instrumentador quirúrgico,



Fuente: elaboración propia (2026)

Identificación de las fuentes de radiación ionizante a las que están expuestos los instrumentadores quirúrgicos.

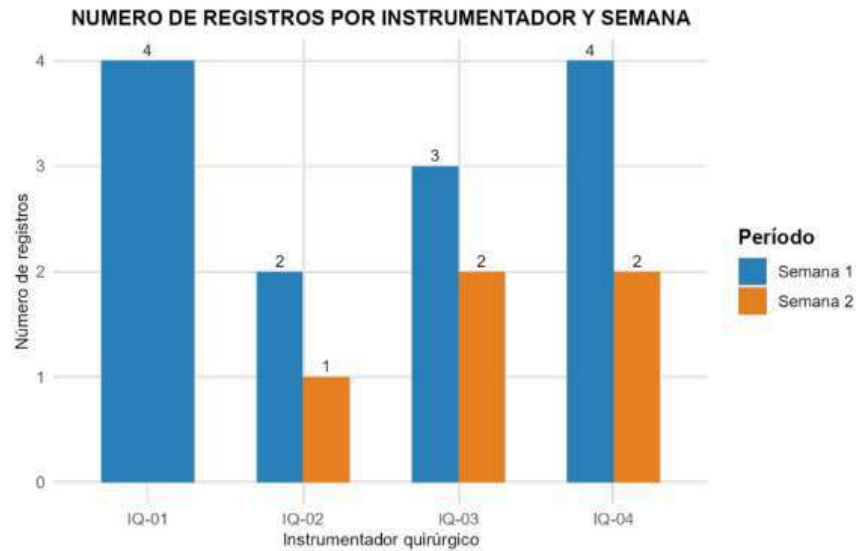
El período de observación cubrió diez días hábiles (17 al 27 de abril de 2026), distribuidos en dos semanas (10 días). Se obtuvieron 18 registros válidos de los cuatro instrumentadores, con una distribución asimétrica debida a la disponibilidad de turnos de cada profesional. (Tabla 4)

Tabla 4. Distribución de registros de observación por instrumentador quirúrgico y semana

Instrumentador	Semana 1	Semana 2	Total	%
IQ-01	4	0	4	22,2 %
IQ-02	2	1	3	16,7 %
IQ-03	3	2	5	27,8 %
IQ-04	4	2	6	33,3 %
Total	13	5	18	100,0 %

Fuente: elaboración propia (2026)

Figura 2. Número de registros de observación por instrumentador quirúrgico y semana de estudio.



Fuente: elaboración propia (2026)

La totalidad de los turnos observados (100 %) correspondió a la especialidad de ortopedia, lo que refleja el perfil de la institución y justifica el uso sistemático del fluoroscopio (arco en C) como herramienta intraoperatoria indispensable en esta especialidad. Respecto a la duración, el 83,3 % de los turnos superó las ocho horas, mientras que el restante 16,7 % se ubicó en el rango de 6 a 8 horas. Ningún turno fue inferior a seis horas (Tabla 5).

Tabla 5. Distribución de los turnos según duración.

Duración del turno	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Menos de 6 horas	0	0,0 %
6 a 8 horas	3	16,7 %
Más de 8 horas	15	83,3 %
Total	18	100,0 %

Fuente: elaboración propia (2026)

En los 18 turnos observados, el fluoroscopio fue utilizado en el 100 % de las jornadas, en consonancia con la especialidad de ortopedia y el uso del arco en C para guía intraoperatoria de

fijaciones, reducciones y colocación de implantes. En contraste, ni el equipo de rayos X portátil ni el tomógrafo intraoperatorio fueron empleados en ninguno de los turnos observados (Tabla 6).

Tabla 6. Frecuencia de uso de equipos emisores de radiación ionizante por turno

Equipo	Sí (%)	No (%)	No aplica (%)
Fluoroscopio (arco en C)	100,0	0,0	0,0
Rayos X portátil	0,0	100,0	0,0
Tomógrafo intraoperatorio	0,0	100,0	0,0

n = 18 turnos.

Fuente: elaboración propia (2026)

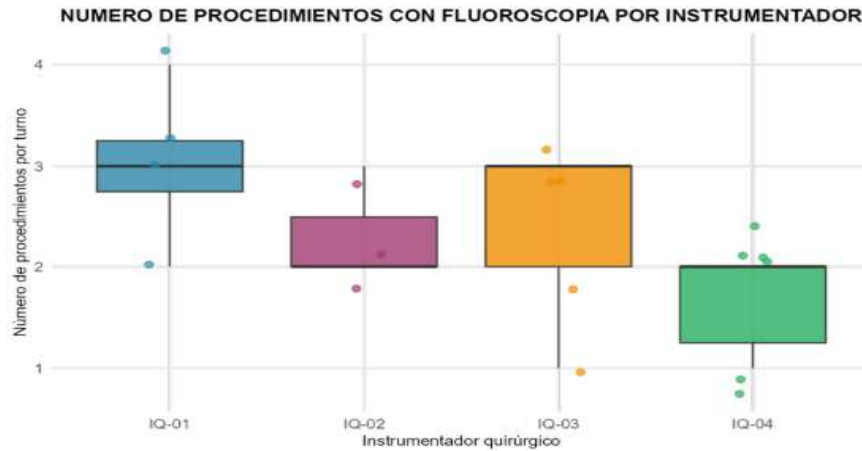
El número de procedimientos en los que se activó el fluoroscopio durante el turno osciló entre 1 y 4, con una media de 2,28 procedimientos por turno (DE = 0,83). Por instrumentador, IQ-01 registró el promedio más alto (3,00 procedimientos/turno), mientras que IQ-04 presentó el más bajo (1,67) (Tabla 7).

Tabla 7. Estadísticas descriptivas del número de procedimientos con fluoroscopia por turno

IQ	<i>n</i>	Media	DE	Mín.	Mediana	Máx.
IQ-01	4	3,00	0,82	2	3,0	4
IQ-02	3	2,33	0,58	2	2,0	3
IQ-03	5	2,40	0,89	1	3,0	3
IQ-04	6	1,67	0,52	1	2,0	2
Global	18	2,28	0,83	1	2,0	4

Fuente: elaboración propia (2026)

Figura 3. Distribución del número de procedimientos con fluoroscopia por turno según instrumentador. La línea horizontal en cada caja indica la mediana; los puntos superpuestos muestran los valores individuales.



Fuente: elaboración propia (2026)

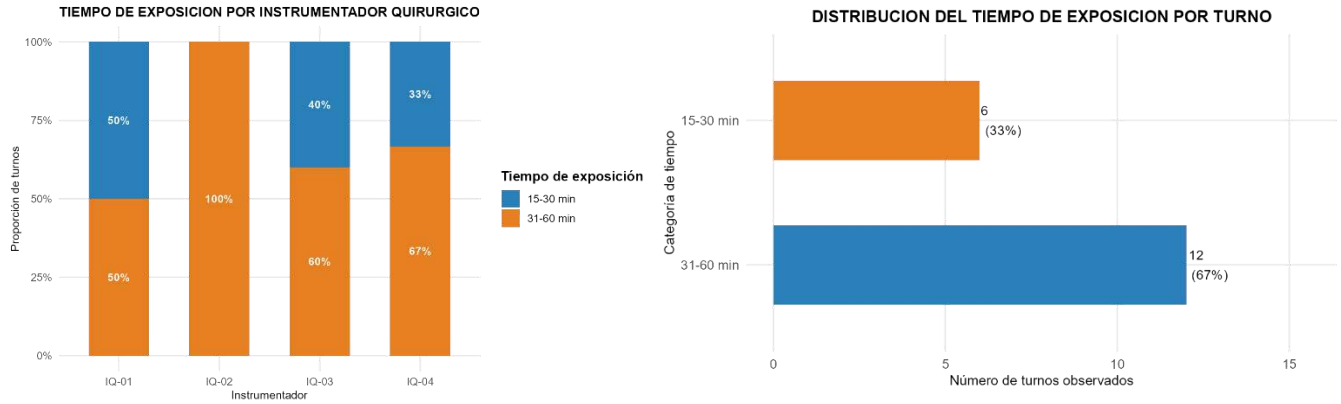
El tiempo de exposición a la zona de radiación fue estimado en dos categorías predominantes: 31 a 60 minutos (66,7 %) y 15 a 30 minutos (33,3 %). Ningún turno registró exposición menor a 15 minutos ni superior a 60 minutos (Tabla 8 y Figura 4).

Tabla 8. Distribución del tiempo estimado de exposición a radiación por turno

Tiempo de exposición	Frecuencia	Porcentaje (%)
Menos de 15 min	0	0,0
15 a 30 min	6	33,3
31 a 60 min	12	66,7
Más de 60 min	0	0,0
Total	18	100,0

Fuente: elaboración propia (2026)

Figura 4. Tiempo estimado de exposición a radiación ionizante por turno.



Fuente: elaboración propia (2026)

Verificación de las medidas de protección radiológica implementadas en la institución

Se evaluaron seis elementos de protección personal e institucional. La Tabla 6 resume el cumplimiento global. Los resultados revelan un cumplimiento unánime (100 %) en cinco de los seis indicadores: delantal plomado, protector tiroideo, dosímetro ocular, dosímetro personal y señalización activa del área. La única variable con incumplimiento documentado fue el uso de gafas plomadas (72,2 % global), siendo IQ-02 el único profesional que no las utilizó en ninguno de sus turnos observados (0 %). El mantenimiento de la distancia de seguridad, que por su escala ordinal se analiza de forma separada, constituyó la brecha más crítica: ningún IQ la mantuvo “siempre” durante la observación.

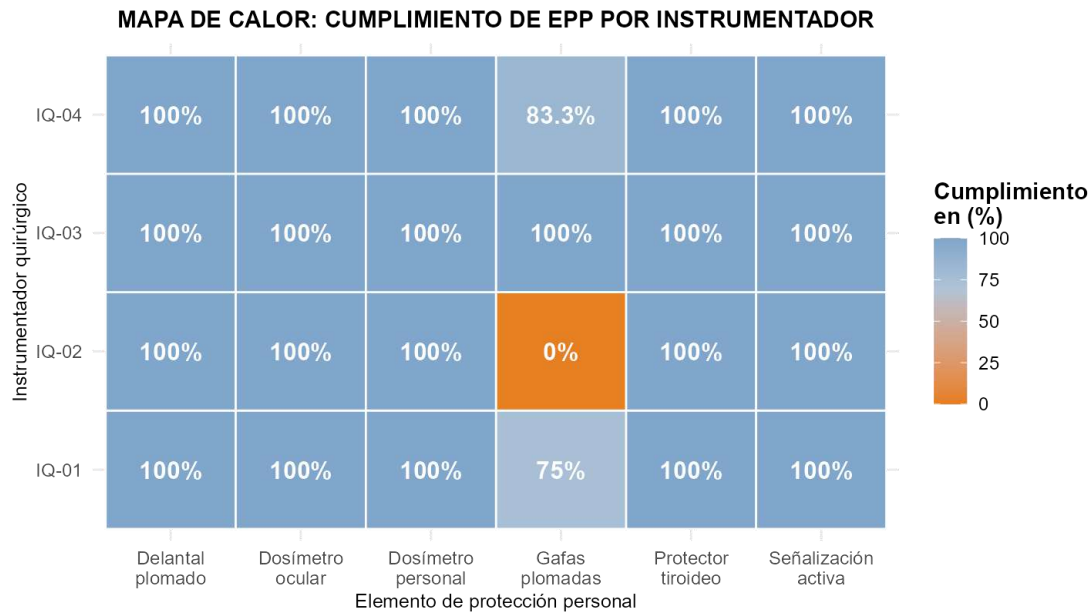
Tabla 9. Porcentaje de cumplimiento de medidas de protección radiológica (global y por IQ)

Medida de protección	Global	IQ-01	IQ-02	IQ-03	IQ-04
Delantal plomado	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Protector tiroideo	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Gafas plomadas	72,2	75,0	0,0	100,0	83,3
Dosímetro ocular	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Dosímetro personal	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Señalización activa	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Valores expresados en porcentaje de turnos con cumplimiento. Celda resaltada indica incumplimiento.

Fuente: elaboración propia (2026)

Figura 5. Mapa de calor del cumplimiento de EPP por instrumentador. Verde = 100 %; amarillo/rojo = incumplimiento. La única celda crítica corresponde a gafas plomadas en IQ-02.



Fuente: elaboración propia (2026)

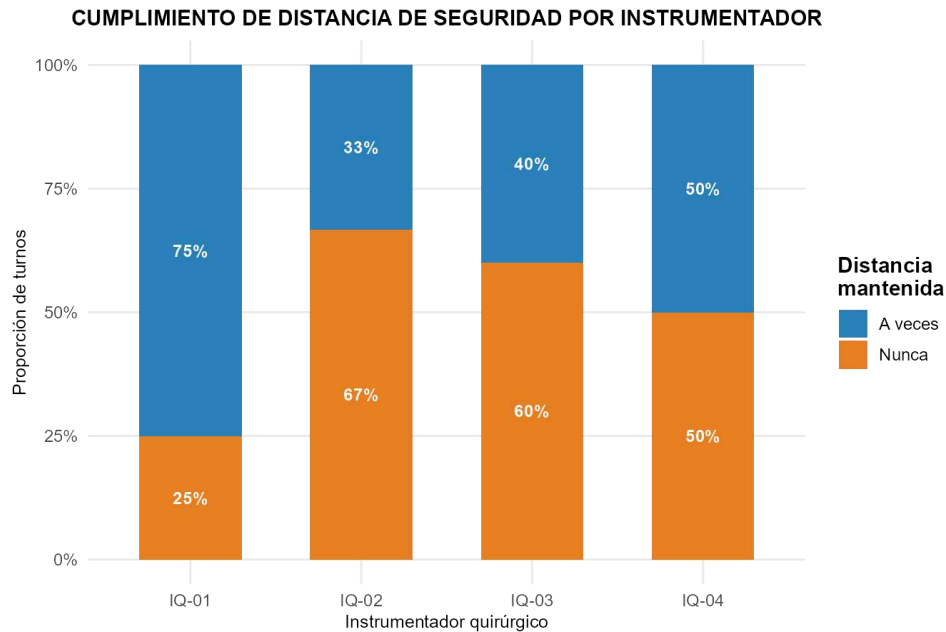
La variable distancia de seguridad reveló el mayor déficit de toda la observación: ninguno de los cuatro instrumentadores mantuvo la distancia recomendada de forma constante en ningún turno. El 50,0 % de los registros correspondió a la categoría “Nunca” y el 50,0 % restante a “A veces”. Esta situación fue homogénea entre instrumentadores (Tabla 7 y Figura 6).

Tabla 10. Frecuencia de mantenimiento de distancia de seguridad por instrumentador

IQ	Nunca		A veces		Siempre	
	n	%	n	%	n	%
IQ-01	1	25,0 %	3	75,0 %	0	0,0 %
IQ-02	2	66,7 %	1	33,3 %	0	0,0 %
IQ-03	3	60,0 %	2	40,0 %	0	0,0 %
IQ-04	3	50,0 %	3	50,0 %	0	0,0 %
Global	9	50,0 %	9	50,0 %	0	0,0 %

Fuente: elaboración propia (2026)

Figura 6. Mantenimiento de la distancia de seguridad respecto al campo de radiación por instrumentador. Ningún IQ registra la categoría “Siempre”.



Fuente: elaboración propia (2026)

El análisis cruzado entre el tiempo de exposición y el mantenimiento de la distancia de seguridad evidencia un patrón preocupante: cuando la exposición duró entre 31 y 60 minutos, el 66,7 % de esos registros correspondió a la categoría “Nunca” en distancia; en contraste, cuando la exposición fue de 15 a 30 minutos, solo el 16,7 % incumplió totalmente la distancia (Tabla 8).

Tabla 11 Tabla cruzada: tiempo de exposición por categoría de distancia de seguridad mantenida.

Tiempo de exposición	Distancia de seguridad			Total
	Siempre	A veces	Nunca	
15 a 30 min	0 (0,0 %)	5 (83,3 %)	1 (16,7 %)	6
31 a 60 min	0 (0,0 %)	4 (33,3 %)	8 (66,7 %)	12
Total	0	9	9	18

Los porcentajes se calculan sobre el total de cada fila (tiempo de exposición).

Fuente: elaboración propia (2026)

Índice de Cumplimiento en Protección Radiológica (ICPR)

Con el fin de resumir el comportamiento de protección en un único indicador comparable entre instrumentadores y semanas, se construyó el Índice de Cumplimiento en Protección Radiológica (ICPR). Se definió como el promedio aritmético de cuatro indicadores binarios (0 = no cumple, 1 = cumple), expresado en porcentaje:

$$\text{ICPR} = \frac{\text{Delantal} + \text{Tiroideo} + \text{Gafas} + \text{Señalización}}{4} \times 100 \quad (1)$$

4

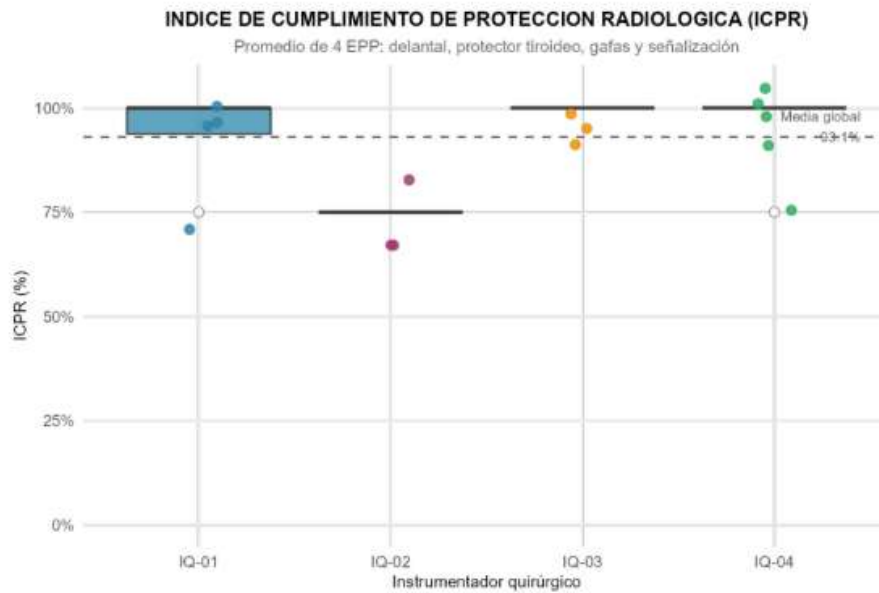
Los dosímetros (ocular y personal) no fueron incluidos en el índice por carecer de variabilidad en los datos (100 % en todos los registros); su uso uniforme constituye en sí mismo un hallazgo positivo. La variable distancia se analiza por separado dada su naturaleza ordinal. En este sentido, los resultados evidencian que el ICPR global fue de 93,1 % (DE = 8,8 %), con valores mínimo de 75 % y máximo de 100 %. La variabilidad del índice es explicada exclusivamente por el uso de gafas plomadas, la única variable que presentó incumplimiento. IQ-03 obtuvo el mejor desempeño (ICPR = 100 % en todos sus turnos), mientras que IQ-02 presentó el ICPR más bajo (75 % en los tres turnos) (Tabla 9 y Figura 6).

Tabla 12, Índice de Cumplimiento en Protección Radiológica (ICPR) por instrumentador

IQ	n	Media ICPR (%)	DE	Mín.	Máx.
IQ-01	4	93,8	12,5	75	100
IQ-02	3	75,0	0,0	75	75
IQ-03	5	100,0	0,0	100	100
IQ-04	6	95,8	8,3	75	100
Global	18	93,1	8,8	75	100

Fuente: elaboración propia (2026)

Figura 7. Distribución del ICPR por instrumentador. La línea discontinua horizontal indica la media global (93,1 %). IQ-03 alcanzó el 100 % en todos sus turnos; IQ-02 se mantuvo en 75 % por ausencia sistemática de gafas plomadas.



Fuente: elaboración propia (2026)

Análisis de tendencia temporal (semana 1 vs. semana 2)

La observación se distribuyó en trece registros durante la Semana 1 (17–23 de abril) y cinco durante la Semana 2 (24–27 de abril), distribución asimétrica condicionada por la disponibilidad de turnos en el último segmento del período. A pesar de la limitación de tamaño muestral para comparaciones entre semanas, los datos muestran una ligera mejora en el ICPR entre ambos períodos (92,3 % vs. 95,0 %) y una discreta reducción en la media de procedimientos por turno (2,31 vs. 2,20) (Tabla 10).

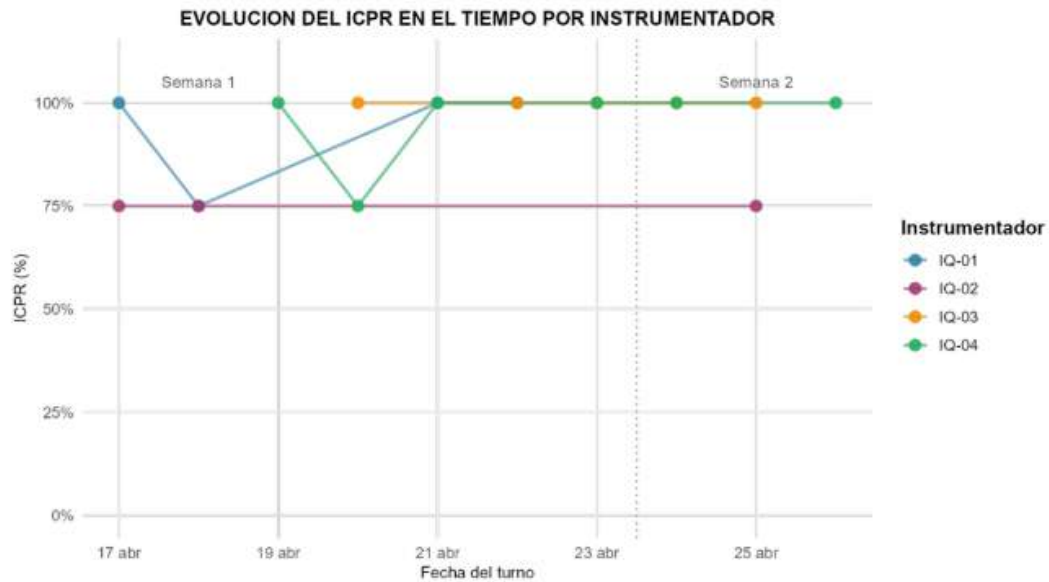
Tabla 135. Comparación de indicadores clave entre semana 1 y semana 2

Indicador	Semana 1	Semana 2	Diferencia
Registros observados	13	5	–
Media proc. fluoroscopia/turno	2,31	2,20	–0,11
ICPR medio (%)	92,3	95,0	+2,7
Turnos > 8 h (%)	84,6	80,0	–4,6

La diferencia entre semanas no se somete a prueba de significancia estadística dado el reducido tamaño muestral de la Semana 2 (n = 5).

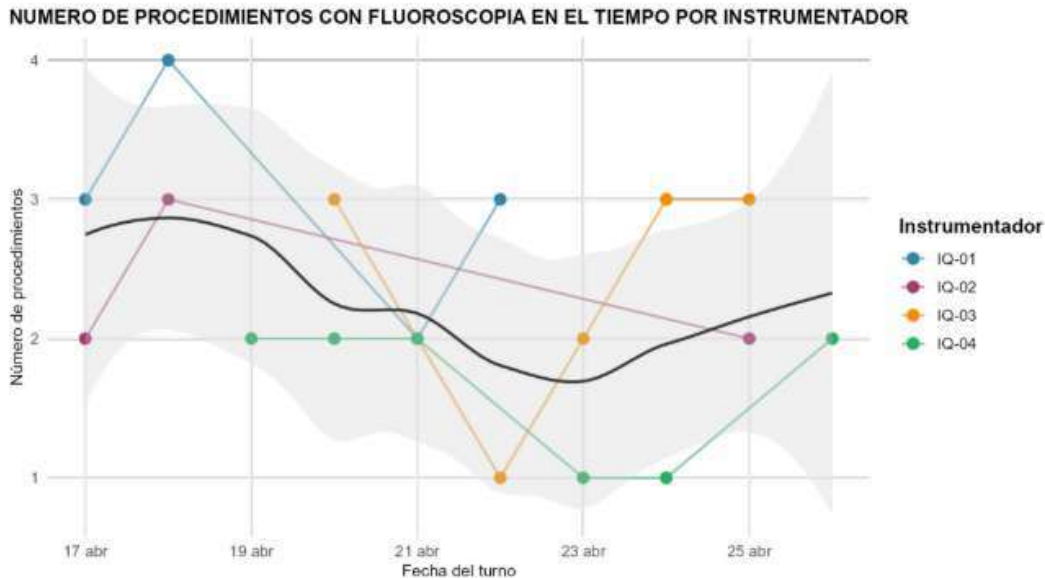
Fuente: elaboración propia (2026)

Figura 8. Evolución del ICPR por instrumentador a lo largo del período de observación. La línea punteada vertical delimita la Semana 1 de la Semana 2.



Fuente: elaboración propia (2026)

Figura 9. Número de procedimientos con fluoroscopia por turno a lo largo del período de observación. La curva de suavizado (LOESS) indica la tendencia global.



Fuente: elaboración propia (2026)

Limitaciones del estudio

- El número de registros por instrumentador es heterogéneo (entre 3 y 6), lo que limita comparaciones estadísticas formales entre IQ.
- La Semana 2 contó únicamente con 5 registros, insuficientes para detectar tendencias temporales con robustez estadística.
- La fuente de datos es la observación externa, que puede presentar sesgo de observabilidad (los IQ podrían modificar su comportamiento al saberse observados), aunque este efecto tiende a sobrestimar el cumplimiento.
- El período de observación de 10 días no permite estimar dosis acumuladas anuales ni evaluar efectos de largo plazo.

Interpretación y discusión de resultados

La exclusividad del fluoroscopio como fuente de radiación ionizante durante el período observado refleja el perfil de la institución: unidad quirúrgica especializada en ortopedia, donde el arco en C es indispensable para la guía intraoperatoria de osteosíntesis, artroplastias y procedimientos de columna. La ausencia de RX portátil y tomógrafo intraoperatorio simplifica el

escenario de exposición, aunque no lo reduce: la fluoroscopia continua o pulsada durante procedimientos ortopédicos genera dispersión lateral que alcanza al personal en campo, incluyendo al instrumentador. La media de 2,28 procedimientos con fluoroscopia por turno, con una duración de exposición predominantemente en el rango 31–60 minutos, sitúa al personal en una zona de riesgo acumulativo relevante a lo largo de meses de trabajo, en especial si se considera que el 83,3 % de los turnos superó las ocho horas de duración. Estudios previos señalan que la exposición acumulada en procedimientos ortopédicos puede exceder los límites de dosis en cristalino recomendados por la ICRP (20 mGy/año) si no se adoptan gafas plomadas de forma sistemática [2, 3].

Los resultados muestran una sólida adhesión a los elementos de protección corporal clásicos: el delantal plomado fue utilizado en el 100 % de los turnos, reflejando una práctica consolidada. De igual modo, el uso consistente de los dosímetros ocular y personal en la totalidad de los registros evidencia que la institución cuenta con un programa de dosimetría activo, lo que es un requisito mínimo para la vigilancia radiológica ocupacional.

Sin embargo, se identificaron dos brechas de cumplimiento con implicaciones clínicas directas:

- **Gafas plomadas:** IQ-02 no utilizó este elemento en ninguna de sus tres jornadas observadas, representando un incumplimiento del 100 % en su caso. A nivel global, el 27,8 % de los turnos transcurrió sin protección ocular. Dado que la exposición a dispersión del cristalino durante fluoroscopia ortopédica es un riesgo documentado para el desarrollo de cataratas subcapsulares posteriores [3], este hallazgo requiere intervención inmediata.

- **Distancia de seguridad:** ningún instrumentador mantuvo la distancia recomendada de forma sistemática en ningún turno. El 50 % de los registros reflejó incumplimiento total (“Nunca”) y el otro 50 % cumplimiento parcial (“A veces”). La ausencia completa de la categoría “Siempre” en los cuatro IQ sugiere que esta práctica no está adoptada como hábito profesional en la institución, posiblemente por la proximidad que exige la instrumentación directa con el campo operatorio. Esta situación se agrava cuando la exposición supera los 30 minutos por turno: en esos casos, el 66,7 % de los registros correspondió a “Nunca” en distancia

11. Discusión

Los resultados obtenidos en la Clínica Erasmo Ltda de Valledupar confirman que la fluoroscopia es la principal fuente de exposición a radiación ionizante para los instrumentadores quirúrgicos, en concordancia con lo reportado por Covarrubias et al. (2024), quienes identificaron la traumatología como la especialidad con mayor dosis absorbida en el quirófano. La frecuencia de procedimientos (2,28 por turno) y los tiempos de exposición prolongados (31–60 minutos) configuran un escenario de riesgo acumulativo que, aunque de bajo nivel en cada jornada, puede alcanzar valores clínicamente relevantes a lo largo del tiempo, especialmente en el cristalino, tal como advierte la ICRP y lo evidencian Gaytán-Fernández et al. (2023) en médicos residentes de ortopedia.

El cumplimiento observado en el uso de elementos de protección radiológica como delantal plomado, protector tiroideo y dosímetros refleja una cultura institucional consolidada, similar a lo descrito por Zurita (2024), quien destacó el predominio del chaleco plomado como estrategia principal de protección en equipos quirúrgicos. Sin embargo, la ausencia sistemática de gafas plomadas en un porcentaje significativo de turnos (27,8 %) constituye una brecha crítica. Este hallazgo coincide con lo señalado por Alarcón (2021), quien evidenció deficiencias en la reposición y uso de equipos de protección ocular en instrumentadores quirúrgicos, y con Lozada (2022), que subrayó la falta de protocolos estructurados de bioseguridad en hospitales peruanos.

Otro aspecto relevante es la falta de cumplimiento en el mantenimiento de la distancia de seguridad. La inexistencia de registros en la categoría “Siempre” y la correlación entre mayor tiempo de exposición y menor distancia sugieren que la dinámica asistencial dificulta la aplicación de este principio básico de radioprotección. Este patrón se asemeja a lo descrito por Gaytán-Fernández et al. (2023), donde más del 80 % de los residentes se ubicaba a menos de un metro de la fuente de rayos X, lo que incrementa el riesgo de exposición.

En el contexto colombiano, Bautista-Esquivia et al. (2024) también reportaron un déficit significativo de conocimiento sobre medidas de protección en instrumentadores quirúrgicos, lo que refuerza la necesidad de fortalecer la capacitación y la cultura de seguridad radiológica.

En síntesis, la investigación confirma la existencia de una cultura institucional de seguridad radiológica en aspectos básicos, pero también revela vacíos significativos en prácticas específicas que comprometen la salud ocupacional del instrumentador quirúrgico. Estos resultados, articulados con la evidencia nacional e internacional, invitan a fortalecer la formación continua en radio protección, implementar protocolos más estrictos de uso de gafas plomadas y diseñar estrategias ergonómicas que faciliten el cumplimiento de las medidas de protección en entornos quirúrgicos de alta exposición.

12. Conclusión

Las conclusiones permiten presentar apreciaciones integrales de los hallazgos, sintetizando los descubrimientos clave en relación con los objetivos planteados. En respuesta al primer objetivo, orientado a caracterizar a los profesionales de la salud participantes, se encontró que los cuatro instrumentadores quirúrgicos que conformaron la población del estudio laboraban en la misma institución, la Clínica Erasmo Ltda., y se desempeñaban exclusivamente en la especialidad de ortopedia durante el período observado. Esta homogeneidad explica el uso sistemático del fluoroscopio (arco en C) como herramienta intraoperatoria en el 100 % de los turnos registrados y constituye el marco contextual que define el perfil de exposición a radiación ionizante del grupo.

En relación con el segundo objetivo, que buscaba identificar las fuentes de radiación ionizante a las que están expuestos los instrumentadores quirúrgicos, se estableció que el fluoroscopio fue la única fuente presente durante el período de observación, con registro en todos los turnos. No se evidenció el uso de equipos de rayos X portátiles ni de tomógrafos intraoperatorios. La media de procedimientos con fluoroscopia fue de 2,28 por turno, con un rango de 1 a 4, y tiempos de exposición entre 31 y 60 minutos en el 66,7 % de las jornadas. Estos datos configuran un escenario de exposición crónica acumulativa de nivel moderado que, proyectado en el tiempo, puede alcanzar umbrales clínicamente relevantes, especialmente para el cristalino, de acuerdo con los límites establecidos por la ICRP.

Respecto al tercer objetivo, dirigido a verificar las medidas de protección radiológica implementadas en la institución, se encontró un cumplimiento global elevado, con un Índice de Cumplimiento en Protección Radiológica de 93,1 %, reflejando una cultura institucional consolidada en el uso de delantal plomado, protector tiroideo y dosímetros. Sin embargo, se identificaron dos brechas críticas que impiden hablar de una protección integral: el uso de gafas plomadas presentó un incumplimiento global del 27,8 %, siendo uno de los profesionales el único que no las utilizó en ninguno de sus turnos, y ninguno de los cuatro instrumentadores mantuvo de forma sistemática la distancia de seguridad recomendada. Esta última falencia se agravó en los turnos con exposición prolongada, donde el 66,7 % de los registros indicó incumplimiento total de la distancia.

Finalmente, en respuesta a la pregunta problema, se concluye que los instrumentadores quirúrgicos de la Clínica Erasmo Ltda. se encuentran expuestos de manera constante y acumulativa

a radiación ionizante proveniente exclusivamente del fluoroscopio, con tiempos de exposición predominantes entre 31 y 60 minutos por turno. Aunque el nivel global de cumplimiento de las medidas de protección radiológica es alto, las brechas identificadas en el uso de gafas plomadas y en el mantenimiento de la distancia de seguridad representan vulnerabilidades específicas que incrementan el riesgo de efectos biológicos acumulativos, particularmente cataratas subcapsulares posteriores. Estos hallazgos confirman que un indicador agregado elevado puede enmascarar deficiencias individuales con consecuencias clínicas reales, lo que refuerza la necesidad de mecanismos de supervisión desagregados y de intervenciones focalizadas en los comportamientos de mayor riesgo.

13. Recomendaciones

Se recomienda a través del estudio las siguientes observaciones, fortalecer de manera integral las estrategias de protección radiológica dentro de la institución, mediante la implementación de programas de capacitación continua que no solo aborden aspectos teóricos, sino que promuevan cambios conductuales frente a las prácticas inseguras identificadas, especialmente en el uso de gafas plomadas y el mantenimiento de la distancia de seguridad. Asimismo, es necesario establecer mecanismos de supervisión y control más rigurosos durante los procedimientos quirúrgicos, que permitan verificar el cumplimiento real de las medidas de protección y eviten que indicadores globales generen una falsa percepción de seguridad. En este sentido, resulta pertinente diseñar e implementar estrategias ergonómicas y organizacionales que faciliten el alejamiento del instrumentador durante la emisión de radiación, considerando las limitaciones propias del entorno quirúrgico.

En última instancia, se plantea la necesidad de ampliar futuras investigaciones con muestras más representativas, mayor tiempo de observación y la inclusión de otras especialidades quirúrgicas, con el fin de obtener una visión más completa del riesgo ocupacional y contribuir al fortalecimiento de protocolos institucionales que garanticen una protección efectiva del personal de salud.

14. Referencias bibliográficas.

- AIDA. (2024). El rol vital de los instrumentadores quirúrgicos en el equipo médico. <https://aida.com.co/el-rol-vital-de-los-instrumentadores-quirurgicos-en-el-equipo-medico/>
- Argentina.gob.ar. (2020, enero 21). ¿Cuáles son las prácticas médicas que utilizan radiaciones ionizantes? <https://www.argentina.gob.ar/cnea/proteccion-radiologica/cuales-son-las-practicimas-medicas-que-utilizan-radiaciones-ionizantes>
- Arruej Gracia, R., Bosque Ferrer, S., Alriols Andres, L., Ledesma López, M., Ejarque Roca, D., & Villa Pobo, R. (2023). Efectos biológicos de la radiación. Revista Sanitaria de Investigación. <https://revistasanitariadeinvestigacion.com/efectos-biologicos-de-la-radiacion/>
- Alhasan, A. S., & Aalam, W. A. Radiation protection practices among healthcare workers in interventional radiology. *Radiation Protection Dosimetry*, 198(15–17), 2022.
- Barrios, D. et al. Exposición ocupacional a radiación ionizante en personal quirúrgico en Colombia. *Revista Colombiana de Cirugía*, 36(3), 2021.
- Barrios Villegas, J. E., Zambrano Salamanca, J. S., Argota Robles, A. F., Dávila Maya, L. L., & Salazar Marín, L. F. (2021). Efectos de la radiación ionizante en equipos quirúrgicos. *Scientific & Education Medical Journal*, 3(1), 45–60. <https://www.medicaljournal.com.co/index.php/mj/article/download/55/124/171>
- Barrios Villegas, J. E., Zambrano Salamanca, J. S., Argota Robles, A. F., Dávila Maya, L. L., & Salazar Marín, L. F. (2021). Efectos de la radiación ionizante en equipos quirúrgicos. *Scientific & Education Medical Journal*, 3(1), 55–71. <https://www.medicaljournal.com.co/index.php/mj/article/download/55/124/171>
- Barrios Villegas, J. E., Zambrano Salamanca, J. S., Argota Robles, A. F., Dávila Maya, L. L., & Salazar Marín, L. F. (2021). Efectos de la radiación ionizante en equipos quirúrgicos. *Scientific & Education Medical Journal*, 3(1), 64–77. <https://www.medicaljournal.com.co/index.php/mj/article/download/55/124/171>

- Bautista-Esquivia, K, Estevez-Rueda, M, Gelvez-Mendez, A, Rojas-Gelves, I y Villa-Duarte, L. (2024). Percepción Frente al Riesgo de Exposición de Instrumentadores Quirúrgicos a Radiaciones Ionizantes. Universidad de Santander.
- Bautista-Esquivia, K. D., Estévez-Rueda, M. A., Gelvez-Méndez, A. X., Rojas-Gelves, I. D., & Villa-Duarte, L. M. (2024). Percepción frente al riesgo de exposición de instrumentadores quirúrgicos a radiaciones ionizantes. Universidad de Santander. <https://repositorio.udes.edu.co/entities/publication/2de110b2-5c3f-4caa-abe8-b6d9373f6a9f/full>
- Bautista, L. et al. Conocimientos y prácticas de protección radiológica en instrumentadores quirúrgicos colombianos. *Investigación en Enfermería: Imagen y Desarrollo*, 26, 2024.
- Becquerel, H. (1896). Sur les radiations invisibles émises par les corps phosphorescents. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 122, 501–503.
- Cascon, A. S. (2009). Riesgos asociados con las radiaciones ionizantes. *Revista argentina de cardiología*, 77(2), 123–128. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-37482009000200010&script=sci_arttext
- Castillo Sánchez, G. del P., Sánchez García, F., Gil Almale, N., Quilez Lozano, C., Ene, E., & Gallego Beltrán, M. J. (2024). Equipos de radiología portátiles. *Revista Ocronos*, 7(9), 2615. <https://revistamedica.com/equipos-radiologia-portatiles-analisis-descripcion/>
- Ceceña Alejandro (s.f.)
- Cohen y Gómez. (2019). *Metodología de la investigación*. Argentina: Editorial Teseo. https://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/se/20190823024606/Metodologia_para_que.pdf
- Congreso de Colombia. (1979). Ley 9ª de 1979: Por la cual se dictan medidas sanitarias. *Diario Oficial* No. 35.007. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/PS/Ley-9-de-1979.pdf>

- Connor, N. (2020). ¿Qué es el efecto determinista y estocástico? Radiation Dosimetry. <https://www.radiation-dosimetry.org/es/que-es-el-efecto-determinista-y-estocastico-definicion/>
- Connor, N. (2020). ¿Qué es el principio de protección radiológica? Tiempo - Distancia - Blindaje. Radiation Dosimetry. <https://www.radiation-dosimetry.org/es/que-es-el-principio-de-proteccion-radiologica-tiempo-distancia-blindaje-definicion/>
- Consejo de Seguridad Nuclear. (s.f.). Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes. CIEMAT. https://csn.ciemat.es/pluginfile.php/146/mod_folder/content/0/IRD.OP.GR.T07.23.pdf
- Constitución Política de Colombia. (1991). Artículo 79. <https://www.constitucioncolombia.com/titulo-ii/capitulo-3/79>
- Constitución Política de Colombia. (1991). Artículo 80. <https://www.constitucioncolombia.com/titulo-ii/capitulo-3/80>
- Cubecino, A., Garabano, G., Gamarra, D., Simesen de Bielke, H., Sierto, M. N., & Robador, N. A. (2021). Exposición a la radiación en Ortopedia y Traumatología en la Argentina. Revista de la Asociación Argentina de Ortopedia y Traumatología, 86(3), 2036–2046. <https://raaot.org.ar/index.php/AAOTMAG/article/view/2036/6046>
- Curie, M., & Curie, P. (1898). Sur une substance nouvelle radio-active contenue dans la pechblende. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, 127, 175–178.
- Cvetkovic-Vega, A., Maguiña, J. L., Soto, A., Lama-Valdivia, J., & Correa López, L. E. (2021). Estudios transversales. Revista de la Facultad de Medicina Humana, 21(1). http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-05312021000100179
- Elsevier. (2020). Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes. Revista Colombiana de Cardiología. <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-colombiana-cardiologia-203-pdf-download-S0120563320300061>

- Facultad de Medicina UNAM. (2022). Clasificación de los tipos de estudio. <https://dsp.facmed.unam.mx/wp-content/uploads/2022/02/Anexo-1A.-U-4.-Argimon-PJ-Clasificacion-de-los-tipos-de-estudio.pdf>
- Franco, C. P. C., & Ms, V. R. L. (2021). Cáncer laboral en personal de la salud en Colombia (Doctoral dissertation, Universidad Católica de Manizales).
- Fustero de Miguel, G., Fortún Lacueva, I., Gil Millan, J., Matas Navas, L., Hernández Fregenal, B., & Pascual Veamonte, E. (2025). Medidas preventivas del personal sanitario en Medicina Nuclear. *Revista Ocronos*, 8(5), 19. <https://revistamedica.com/medidas-preventivas-personal-sanitario-medicina-nuclear/>
- Garzón García, M. A., & Márquez Redondo, N. (2022). El rol del instrumentador quirúrgico en la atención integral en salud [Trabajo de grado, Universidad El Bosque]. <https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/7807/Documento%20final%20.pdf?sequence=2>
- Gaytán-Fernández, S., Barragan-Hervella, R. G., Quiroz-Williams, J., Rodríguez Palacios, C. L., & Sánchez-González, G. (2023). Exposición a radiación ionizante en médicos residentes de ortopedia en un hospital de referencia. *Cirugía y cirujanos*, 91(1), 64–72.
- Gaytán, J., López, M., & Ramírez, P. (2023). Dosimetría ocupacional en personal de salud: evaluación y control de la exposición a radiación ionizante. *Revista Latinoamericana de Salud Ocupacional*, 15(2), 45–58.
- International Commission on Radiological Protection (ICRP). The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Ann. ICRP*, 37(2–4), 2007.
- International Commission on Radiological Protection. (2024). *ICRP Publication 149. Annals of the ICRP*, 53(1), 1–120. <https://doi.org/10.1177/ANICRP149>

International Commission on Radiological Protection (ICRP). ICRP Statement on Tissue Reactions and Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissue and Organs. ICRP Publication 118. Ann. ICRP, 41(1–2), 2012.

International Atomic Energy Agency (IAEA). (2024). *Protección y seguridad radiológicas en los usos médicos de la radiación ionizante*. Viena: IAEA.

Jacob, S., Boveda, S., Bar, O., David, S., Maccia, C., Laurier, D., & Bernier, M. O. (2021). Occupational cataracts and lens opacities in interventional cardiology: Results of a French multicenter study. *Occupational and Environmental Medicine*, 78(2), 93–100. <https://doi.org/10.1136/oemed-2020-106623>

Jaramillo-Garzón, W., & Díaz-Martínez, L. C. (2025). Occupational radiation exposure in a nuclear medicine department in Bogotá, Colombia. *Radiation Protection Dosimetry*, 202(1), 22–29. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncaf150>

Ladewig-Bernaldez, G. I., Gómez-Flores, G., González-Delgado, A., Figueroa-Reyes, F. J., Oropeza-Oropeza, E., Collado-Arce, M. G. L., & Dufoo-Olvera, M. (2023). Exposición a radiación del cirujano de columna. *Acta Ortopédica Mexicana*, 37(3), 143–147. <https://doi.org/10.35366/113071>

López Peñuela, R., Stable Blanco, M., Tahri Riane, H., Arias Dunjó, N., Pelet Casorrán, M., & Diez Herreras, L. (2024). Protocolos de seguridad en la radiología intervencionista. *Revista Ocronos*, 7(8), 1854. <https://revistamedica.com/protocolos-seguridad-radiologia-intervencionista/>

Méndez Cristancho, L. K. (2024). Sistema de vigilancia epidemiológica para el riesgo por exposición a radiaciones ionizantes en el personal de una empresa de suministro y mantenimiento de equipos de rayos X, en las sedes de Colombia [Monografía de especialización, Universidad de Antioquia]. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/server/api/core/bitstreams/ee465364-a636-4d85-a74a-71a16b14f136/content>

- Ministerio de Salud de Chile. (2022). Síntesis rápida de evidencia: Tomografía computarizada intraoperatoria. https://etesa-sbe.minsal.cl/wp-content/uploads/2022/04/SRE_tomograf%C3%ADa-computarizada-intraoperatoria_2021.pdf
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2018). Resolución 482 de 2018. Diario Oficial No. 50.515. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=76748>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2025). Resolución 1811 de 2025. https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resolucion%20No%201811%20de%202025.pdf
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2025). *Resolución 1811 de 2025 por la cual se establece el marco regulatorio para el uso de equipos generadores de radiación ionizante en Colombia*. Diario Oficial de la República de Colombia.
- Müggenburg Rodríguez, M. C., & Pérez Cabrera, I. (2021). Tipos de estudio en el enfoque de investigación cuantitativa. Redalyc. <https://www.redalyc.org/pdf/3587/358741821004.pdf>
- National Library of Medicine. (s.f.). Rayos X. <https://medlineplus.gov/spanish/xrays.html>
- Ocronos Revista Médica y de Enfermería. (2024, 11 septiembre). Radiaciones ionizantes. <https://revistamedica.com/radiaciones-ionizantes-concepto-aplicaciones-medicina/#Tipos-de-radiaciones-ionizantes>
- Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). (s.f.). La protección radiológica de los pacientes y la urología. <https://www.iaea.org/es/recursos/proteccion-radiologica-de-los-pacientes/profesionales-de-la-salud/otras-especialidades/urologia/pacientes>
- Organización Mundial de la Salud. (2023). Radiación ionizante y efectos en la salud. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-and-health-effects>

Organización Mundial de la Salud (OMS). Radiation Protection in Health Care. Ginebra: OMS, 2021.

PM IT Department. (2024, 26 julio). Natural and man-made radiation sources. POLIMASTER. <https://polimaster.com/company/blog-radiation-basics/natural-and-man-made-radiation-sources/>

Qué es Radiación Electromagnética. (s.f.). Diccionario médico. Clínica Universidad de Navarra. <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/radiacion-electromagnetica>

Qué es Rayos Gamma. (s.f.). Diccionario Médico Clínica Universidad de Navarra. <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/rayos-gamma>

QuestionPro. (2023). Técnicas de investigación cuantitativa para recolectar datos. <https://www.questionpro.com/blog/es/tecnicas-de-investigacion-cuantiativa/>

Ramos, K. (2024). Funciones, usos y partes de un arco en C. 4D Medica. <https://4dmedica.ai/funciones-usos-y-partes-de-un-arco-en-c/>

Resolución 8430. (1993). Resolución 8430. Colombia. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/RESOLUCION-8430-DE-1993.PDF>

Rico Borja, A., Rodríguez Aza, Á., Chacón Zafra, J. A., Villamizar, J. R., & Pabón Velasco, L. (2023). Análisis de las recomendaciones internacionales en protección radiológica y su aplicación en Colombia. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Escuela de Ciencias de la Salud.

Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, M. P. B. (2022). Metodología de la investigación (7.^a ed.). McGraw-Hill.

Sánchez Navarro, E. (2025). El arco quirúrgico. Revista Ocronos, 8(7), 821. <https://revistamedica.com/arco-quirurgico-monografia-cientifica/>

- Sánchez, M. J., Fernández, M., & Díaz, J. C. (2021). Técnicas e instrumentos de recolección de información. *Revista Científica UISRAEL*, 8(1).
http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2631-27862021000300107
- Sistemas de Gestión Colombia S.A.S. (2024). Informe técnico sobre riesgos ocupacionales por radiación ionizante en clínicas colombianas.
<https://sistemasdegestioncolombia.com/radiacion-ocupacional-clinicas>
- Sistemas de Gestión Colombia S.A.S. (2024). Programa de vigilancia epidemiológica por radiación ionizante (Publicación N.º 96). Bogotá, Colombia. <https://sgc.com.co/wp-content/uploads/2024/05/Publicacion-96-PVE-Radiacion-Ionizante.pdf>
- Todopedia. (2025). Medidas de protección radiológica: distancia, tiempo y blindaje.
<https://www.todopedia.online/medidas-proteccion-radiologica-distancia-tiempo-y-blindaje-10564>
- Trallero Villanueva, M. P., Escabosa Gregorio, A. B., De Matos Calvera, M., Gracia Cuadrado, L., Garcés Alegre, P., & Yagüe Luna, E. (2024). Lesiones por exposición a radiaciones ionizantes en trabajadores de la salud. *Revista Ocronos*, 7(4), 1–10.
<https://revistamedica.com/exposicion-radiaciones-ionizantes-trabajadores-salud/>
- UNEMI. (2023). Recolección de datos cuantitativos.
https://sga.unemi.edu.ec/media/archivocompendio/2023/12/07/archivocompendio_2023127162149.pdf
- Universidad de Murcia. (s.f.). Efecto biológico de la radiación.
<https://webs.um.es/mab/miwiki/lib/exe/fetch.php?media=t6.pdf>
- Wagner, A. (2025). Interacción de la radiación ionizante con los tejidos: fundamentos para radiología y radioterapia. *RadiologiaLatam*. <https://radiologialatam.com/interaccion-radiacion-ionizante-compton-fotoelectrico/>

Ye, X. et al. Prevalence of lens opacity in occupationally radiation-exposed workers: a systematic review and meta-analysis. *Radiation Research*, 2025.

Zhao, X., Liu, Q., Zhang, Y., Li, C., & Chen, J. (2023). Occupational exposure to ionizing radiation and risk of thyroid cancer: A systematic review and meta-analysis.

Anexo.1 Matriz de operacionalización de variables

Matriz de operacionalización de variables						
Objetivo general	Determinar el nivel de exposición a la radiación ionizante en los instrumentadores quirúrgicos de la Clínica Erasmo Ltda en Valledupar en el año 2026					
Objetivos específicos	Variables	Definición	Naturaleza	Escala	Indicador	Ítems
Caracterizar a los profesionales de la salud en términos de edad, género, escolaridad, institución en que laboran, horas quirúrgicas al mes y especialidades.	Perfil sociodemográfico y laboral	Datos personales y profesionales de los instrumentadores quirúrgicos	Cualitativa nominal y ordinal	Escalas categóricas	Código de IQ, edad, genero, formación académica, experiencia, carga laboral y especialidad	1-7
Identificar las fuentes de radiación ionizante a las que están expuestos los instrumentadores quirúrgicos en los procedimientos realizados en la institución.	Fuente de radiación ionizante	Equipos emisores de radiación presentes en el quirófano (fluoroscopio, RX portátil, tomógrafo intraoperatorio)	Cualitativa nominal	Presencia/ausencia	Tipo de fuente utilizada en cada procedimiento	8-13
Verificar las medidas de protección radiológica implementadas en la institución en el instrumentador quirúrgico.	Uso de elementos de protección personal (EPP)	Prácticas de protección radiológica aplicadas por el personal (delantal plomado, protector tiroideo, gafas plomadas, dosímetros)	Cuantitativa ordinal	Likert (Siempre, A veces, Nunca)	Nivel de cumplimiento en uso de EPP	14-20

Fuente: Elaboración propia (2025)

Anexo. 2 instrumento



Universidad Popular del Cesar

Facultad de Ciencias de la Salud, Instrumentación



Quirúrgica

Instrumento para la recolección de la información

Objetivo general: Determinar el nivel de exposición a la radiación ionizante en los instrumentadores quirúrgicos de una institución prestadora de salud en Valledupar en el año 2026

SECCIÓN 0. PERFIL SOCIODEMOGRÁFICO Y LABORAL DEL INSTRUMENTADOR QUIRÚRGICO

Instrucción: Esta sección se diligencia una sola vez para cada instrumentador quirúrgico (IQ) al inicio del período de observación. Los datos aquí registrados caracterizan el perfil profesional del participante y dan respuesta al Objetivo Específico 1. El observador podrá consultar directamente al IQ o verificar con el registro institucional, garantizando siempre la confidencialidad del participante.

1. ¿Cuál es su código de identificación como instrumentador quirúrgico?

- IQ-01
- IQ-02
- IQ-03
- IQ-04

2. ¿Cuál es su rango de edad?

- 20–25 años
- 26–30 años
- 31–35 años

- 36–40 años
 - Más de 40 años
3. ¿Cuál es su género?
- Masculino
 - Femenino
 - Otro
4. ¿Cuál es su nivel de formación académica?
- Tecnólogo/a en Instrumentación Quirúrgica
 - Profesional universitario/a
 - Especialista
 - Magíster o superior
 - Otro
5. ¿Cuántos años de experiencia tiene como instrumentador/a quirúrgico/a?
- Menos de 1 año
 - 1–3 años
 - 4–6 años
 - 7–10 años
 - Más de 10 años
6. En promedio, ¿cuántas horas quirúrgicas realiza al mes en la institución?
- Menos de 40 horas/mes
 - 40–80 horas/mes
 - 81–120 horas/mes
 - Más de 120 horas/mes
7. ¿En cuáles especialidades quirúrgicas se desempeña habitualmente? (puede marcar más de una)
- Ortopedia y traumatología
 - Cirugía general

- Urología
- Cardiovascular/vascular
- Neurocirugía
- Otra

SECCIÓN 1. EXPOSICIÓN A FUENTES DE RADIACIÓN

8. Uso de fluoroscopia

¿Se utilizó fluoroscopia en algún procedimiento del turno?

- Sí
- No
- No aplica

Observaciones: _____

9. N.º de procedimientos con fluoroscopia

Cantidad de procedimientos con fluoroscopia en el turno

Número: _____

Observaciones: _____

10. Uso de rayos X portátil

¿Se utilizó equipo de rayos X portátil en el turno?

- Sí
- No
- No aplica

Observaciones: _____

11. N.º de procedimientos con RX portátil

Cantidad de procedimientos con RX portátil en el turno

Número: _____

Observaciones: _____

12. Uso de tomógrafo intraoperatorio

¿Se utilizó tomógrafo u otro equipo emisor de radiación ionizante?

- Sí
- No

No aplica

Observaciones: _____

13. Tiempo estimado de exposición

Tiempo aproximado (en minutos) que el IQ estuvo en zona de radiación

< 15 min

15–30 min

31–60 min

> 60 min

Observaciones: _____

SECCIÓN 2. MEDIDAS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA OBSERVADAS

14. Uso de delantal plomado

¿El IQ portó delantal plomado durante los procedimientos con radiación ionizante?

Siempre

A veces

Nunca

No hubo RI en el turno

Observaciones: _____

15. Uso de protector tiroideo

¿Portó collarín/protector tiroideo?

Sí

No

No hubo RI en el turno

Observaciones: _____

16. Uso de gafas plomadas

¿Usó gafas plomadas?

Sí

No

No hubo RI en el turno

Observaciones: _____

17. Uso del dosímetro ocular

¿Portó el dosímetro ocular?

Sí

No

No hubo RI en el turno

Observaciones: _____

18. Uso del dosímetro personal

¿Portó el dosímetro personal?

Sí

No

No hubo RI en el turno

Observaciones: _____

19. Distancia del campo de radiación

¿El IQ mantuvo distancia recomendada durante la emisión?

Siempre

A veces

Nunca

Observaciones: _____

20. Señalización activa del área

¿Estaba encendida la señalización de área con radiación?

Sí

No

No hubo RI en el turno

Observaciones: _____

SECCIÓN 3. DATOS DEL TURNO

Fecha

- Fecha del turno observado

____ / ____ / _____

- IQ observado (código)

Código asignado al instrumentador quirúrgico

IQ-01

IQ-02

IQ-03

IQ-04

- Especialidad del turno

Especialidad quirúrgica predominante en el turno

Ortopedia

Cirugía general

Urología

Cardiovascular

Otra: _____

- Horas del turno

Duración total del turno

< 6 h

6–8 h

> 8 h

Anexo 3. Consentimiento

Consentimiento informado.

Yo, _____, identificado(a) con cédula de ciudadanía No. _____ expedida en _____, declaro que he sido informado(a) e invitado(a) a participar en la investigación titulada “Exposición a la radiación ionizante en el instrumentador en la institución Erasmo Ltda, 2026”, proyecto respaldado por la Universidad Popular del Cesar y el programa de Instrumentación Quirúrgica.

Entiendo que el objetivo de este estudio es medir el nivel de exposición a radiación ionizante en el instrumentador quirúrgico que desempeña funciones en salas de cirugía. Para ello, se aplicará una encuesta con una duración aproximada de 10 minutos, en la cual se recopilará información relacionada con las condiciones laborales, prácticas de protección radiológica y percepción del riesgo.

Me han explicado que toda la información recolectada será tratada de manera confidencial, y que los datos personales serán codificados mediante un número de serie, lo que garantiza que las respuestas no podrán ser asociadas directamente a mi identidad ni divulgadas en ninguna etapa de la publicación de resultados.

Estoy en conocimiento de que no recibiré compensación económica por mi participación y que los datos recolectados no me serán entregados. También autorizo, si así lo deseo, la toma de fotografías como evidencia del desarrollo de la investigación, entendiéndolo que estas imágenes serán utilizadas exclusivamente con fines académicos y científicos.

Asimismo, se me ha informado que puedo negarme a participar o retirarme en cualquier momento del estudio, sin necesidad de justificar mi decisión y sin que esto implique consecuencias negativas para mí.

Sí, acepto voluntariamente participar en este estudio y declaro haber recibido una copia del presente documento.

Firma del participante:

Fecha: