

Investigaciones en salud y trabajo

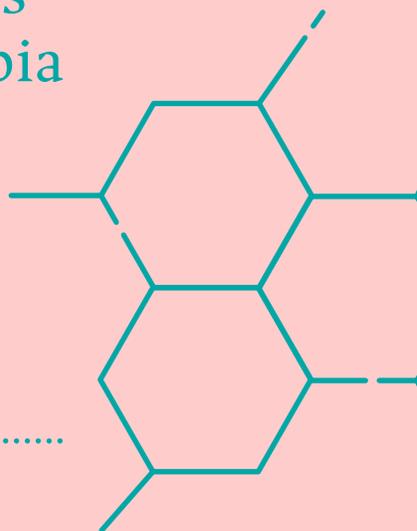
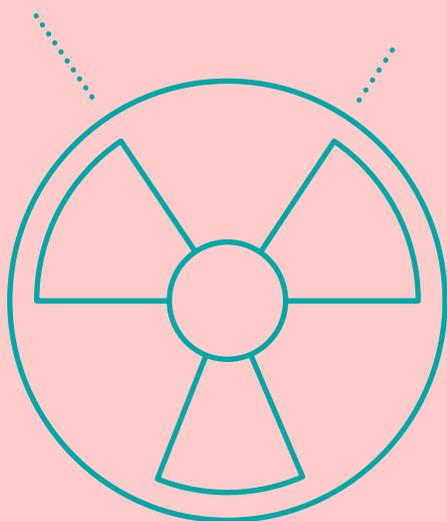
Facultad de Medicina

Año 5, abril-junio 2026, ISSN: 2954-6044

Grupo de investigación Salud, Ser Humano y Trabajo

n.º 18

Batería de herramientas
para la caracterización
de los peligros inherentes
a la exposición a radiación
ionizante en médicos
nucleares en Colombia



Juan Sebastián Guzmán Fonseca	ORCID: https://orcid.org/0009-0002-1106-8118
Leidy Marcela Mercado Ibáñez	ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8849-1910
Luisa Catalina Villarreal Navarrete	ORCID: https://orcid.org/0009-0001-3872-9820
Lidy Yadira Cetina	ORCID: https://orcid.org/0009-0007-5575-2735
Clara Margarita Giraldo Luna	ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8388-3528
Diana Carolina Sánchez Calderón	ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5148-520X
Alexandra Yepes Boada	ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3288-5400
Diana Carolina Garzón Leal	ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9428-423X

n.º 18

Batería de herramientas
para la caracterización
de los peligros inherentes
a la exposición a radiación
ionizante en médicos
nucleares en Colombia



Todos los derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida ni en su todo ni en sus partes, ni registrada en o transmitida por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea mecánico, fotográfico, electrónico, magnético, electro-óptico, por fotocopia o cualquier otro, sin el permiso previo por escrito de la Editorial Universidad El Bosque.

Universidad El Bosque | Vigilada Mineducación. Reconocimiento como universidad: Resolución n.º 327 del 5 de febrero de 1997, MEN. Reconocimiento de personería jurídica: Resolución 11153 del 4 de agosto de 1978, MEN. Reacreditación institucional de alta calidad: Resolución n.º 013172 del 17 de julio 2020, MEN.

363.11 G993

Guzmán Fonseca, Juan Sebastián

Batería de herramientas para la caracterización de los peligros inherentes a la exposición a radiación ionizante en médicos nucleares en Colombia / Juan Sebastián Guzmán Fonseca, Leidy Marcela Mercado Ibáñez, Luisa Catalina Villarreal Navarrete, Lidy Yadira Cetina, Clara Margarita Giraldo Luna, Diana Carolina Sánchez Calderón, Alexandra Yepes Boada, Diana Carolina Garzón Leal; editor Miller Alejandro Gallego Cataño – Bogotá (Colombia): Editorial Universidad El Bosque, Vicerrectoría de Investigaciones, Facultad de Medicina, 2026.

112 páginas

Investigaciones en Salud y Trabajo

Grupo de Investigación Salud, Ser Humano y Trabajo

Año 5, No. 18 abril-junio 2026

ISSN: 2954-6044

1. Accidentes de trabajo – Radiación -- Colombia 2. Radiación – Medidas de seguridad -- Colombia 3. Radiación ionizante – Médicos -- Colombia 4. Calidad de vida en el trabajo – Médicos -- Colombia

I. Guzmán Fonseca, Juan Sebastián II. Mercado Ibáñez, Leidy Marcela III. Villarreal Navarrete, Luisa Catalina IV. Cetina, Lidy Yadira V. Giraldo Luna, Clara Margarita VI. Sánchez Calderón, Diana Carolina VII. Yepes Boada, Alexandra VIII. Garzón Leal, Diana Carolina IX. Gallego Cataño, Miller Alejandro X. Universidad El Bosque XI. Vicerrectoría de Investigaciones XII. Facultad de Medicina.

Fuente. scDD 23ª ed. – Universidad El Bosque. Biblioteca Juan Roa Vásquez (abril de 2025) – LM

Investigaciones en salud y trabajo

Facultad de Medicina

Año 5, abril-junio 2026, ISSN: 2954-6044

Grupo de investigación Salud, Ser Humano y Trabajo

n.º 18

Batería de herramientas
para la caracterización
de los peligros inherentes
a la exposición a radiación
ionizante en médicos
nucleares en Colombia

Contenido

1. Introducción

Pág. 8

2. Metodología

Pág. 18

3. El laberinto de la seguridad radiológica: RadiSafe una herramienta integral para evaluar las medidas de control a la exposición a las radiaciones ionizantes

Pág. 22

4. Descifrando las percepciones ocultas: RadAware una herramienta para evaluar la percepción del riesgo a la exposición a radiaciones ionizantes por parte de los médicos nucleares

Pág. 54

5. Plan de validación de la batería de herramientas

Pág. 74

6. • Discusión

Pág. 80

7. • Conclusiones

Pág. 86

8. • Recomendaciones

Pág. 90

9. • Referencias

Pág. 96

1. Introducción

Las radiaciones ionizantes son formas de energía liberadas por átomos en forma de ondas electromagnéticas (rayos X o gamma) o partículas (alfa, beta), capaces de ionizar átomos o moléculas al remover electrones de ellos, lo que puede causar daño a las células y al ADN. Este tipo de radiación es ampliamente utilizado en el entorno médico, especialmente en la medicina nuclear, donde se emplea para diagnósticos y tratamientos (1).

En la medicina nuclear, las radiaciones ionizantes se utilizan en técnicas como la gammagrafía y la tomografía por emisión de positrones (PET, por sus siglas en inglés), que permiten obtener imágenes detalladas del funcionamiento de órganos y tejidos mediante el uso de radioisótopos. Otros procedimientos, como la tomografía computarizada y angiografía coronaria, hacen uso de rayos x para crear imágenes detalladas de secciones transversales del cuerpo y visualizar las arterias coronarias (2).

Uno de los principales usos de las radiaciones ionizantes en la medicina nuclear es en la radioterapia, que utiliza radiaciones ionizantes para destruir células cancerosas. Por ejemplo, en el tratamiento del cáncer de próstata de alto riesgo, se optimizan las dosis de radiación para maximizar la efectividad y minimizar los efectos secundarios (3). Sin embargo, la radioterapia puede llegar a causar complicaciones intestinales en pacientes tratadas por carcinomas del cuello uterino (4).

La exposición a radiación ionizante es un factor de riesgo higiénico significativo para los profesionales de la salud, especialmente para los médicos nucleares. En Colombia, el trabajo con radiaciones ionizantes está catalogado como una tarea de alto riesgo, según lo establece el Decreto Ley 2090 de 2003. Esto se debe a su potencial para disminuir la expectativa de vida saludable y la necesidad de retiro anticipado de las funciones laborales (5).

El Decreto 1072 de 2015 y la Resolución 0312 de 2019 en Colombia establecen que las entidades deben im-

plementar, dentro del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), la identificación de peligros, evaluación y valoración de los riesgos para actividades de alto riesgo, que incluyan una definición del cargo, donde se indiquen las funciones, tareas, jornada de trabajo y el lugar donde se desempeña la labor. Así mismo, se deberá identificar y relacionar a los trabajadores que se dedican de manera permanente a dichas actividades (6). Este sistema debe contemplar medidas de control para mitigar los riesgos, proporcionar capacitación y entrenamiento continuo a los trabajadores, realizar vigilancia epidemiológica y monitoreo de la salud de los empleados expuestos a riesgos, y desarrollar planes de emergencia y contingencia para responder a incidentes relacionados con los riesgos laborales derivados de las tareas de alto riesgo.

La radiación ionizante ha sido reconocida como un agente cancerígeno por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC), con estudios que demuestran su capacidad para causar daño celular y mutaciones en el ADN (7) En la monografía IARC sobre radiación:

Existen pruebas suficientes en humanos de la carcinogenicidad de la radiación x y de la radiación Gamma. La radiación x y la radiación Gamma causan cáncer de glándula salival, esófago, estómago, colon, pulmón, hueso, células basales de la piel, mama femenina, riñón, vejiga urinaria, cerebro y sistema nervioso central, tiroides y leucemia (excluida la leucemia linfocítica crónica). También se han observado asociaciones positivas entre la radiación x y la radiación gamma y el cáncer de recto, hígado, páncreas, ovario y próstata, y linfoma de Hodgkin y mieloma múltiple. La exposición intrauterina a la radiación x y a la radiación Gamma causa cáncer (7).

En la tabla de enfermedades laborales vigente en Colombia, el cáncer ocupacional está reconocido como una enfermedad laboral, y las patologías asociadas a la exposición a radiaciones ionizantes incluyen varios tipos de cáncer, como el cáncer de mama, cáncer cerebral, leucemia y melanoma, así como cataratas nucleares.

En el contexto internacional, en los Estados Unidos se menciona la radiación ionizante como un agente ocupacional que contribuye a ciertos tipos de cáncer (8). En Francia se realizó un estudio que incluye la radiación ionizante como un agente ocupacional generador de cáncer. Se estimó que al menos un caso de cáncer es generado debido a la exposición de radiaciones ionizantes, con una fracción atribuible (FA) del 0,01 %. El estudio incluye cáncer de glándulas salivales, esófago, estómago, colon-recto, hígado, páncreas, pulmón, mama, ovario, próstata, riñón, vejiga, sistema nervioso central y tiroides, demostrando que al menos ocho trabajadores del género masculino y cinco del género femenino desarrollan algún tipo de cáncer debido a la exposición a radiaciones ionizantes (9).

En el aspecto global, la exposición a radiaciones ionizantes es considerada como uno de los carcinógenos ocupacionales relevantes para el análisis. En 2019, los neoplasmas ocupacionales causaron 333 867 muertes y 6 964 775 años de vida ajustados por discapacidad (DALYS) a nivel mundial, con una carga más alta en países con un índice sociodemográfico más alto (10).

La exposición ocupacional a radiación ionizante es un factor de riesgo conocido para el desarrollo de ciertos tipos de cáncer. En el contexto de la radiación ionizante, el riesgo relativo (RR) se refiere a la probabilidad de desarrollar cáncer en individuos expuestos en comparación con aquellos no expuestos. El RR varía según el tipo de cáncer y la dosis de exposición. Por otro lado, el riesgo atribuible (RA) y la fracción atribuible (FA) son medidas que indican

la proporción de casos de una enfermedad que se pueden atribuir a una exposición específica. Por ejemplo, la FA para leucemias atribuibles a la radiación ionizante es menor del 0,01 % tanto en hombres como en mujeres (9).

La incidencia se refiere al número de casos nuevos de una enfermedad en una población durante un período específico, mientras que la prevalencia se refiere al número total de casos (nuevos y existentes) en un momento dado. En Francia la incidencia estima al menos un caso de cáncer atribuible a la exposición a radiaciones ionizantes, y la prevalencia reconoce que la exposición ocupacional a radiación ionizante contribuye a una pequeña fracción del total de casos de cáncer ocupacional (9).

A pesar de la regulación existente en Colombia (11,12), que establece políticas de protección y seguridad radiológica, no se cuenta con instrumentos específicos para caracterizar los peligros o evaluar la percepción del riesgo en los médicos nucleares. En los manuales de protección radiológica del Organismo Internacional de Energía Atómica (13), se mencionan varias herramientas y enfoques para caracterizar los controles y evaluar la percepción del riesgo en contextos de exposición a radiación ionizante. Sin embargo, no se mencionan herramientas específicas para médicos nucleares. Este vacío en la normativa y en la práctica de seguridad radiológica subraya la necesidad de desarrollar herramientas adecuadas para identificar y mitigar los riesgos asociados con la exposición a radiación ionizante.

La ACGIH (14), la Organización Internacional de Energía Atómica (13), entre otras fuentes, establecen tres principios de protección radiológica:

- *Justificación*: Factores sociales, económicos, psicológicos y ambientales que justifiquen la exposición a la radiación ionizante, donde

- el beneficio sea suficiente que compense los posibles daños generados.
- *Optimización de la protección:* Optimizar las medidas de protección para reducir al nivel más bajo posible la magnitud de la dosis individual absorbida.
 - *Dosis límite:* Control de la exposición para evitar sobrepasar los valores límites tanto para dosis efectiva como para dosis equivalente (13).

Estos tres principios podrían considerarse parte de las medidas administrativas para el control de la exposición ocupacional a radiación, que deberían estar enmarcadas en los procedimientos y políticas propios de cada entidad donde se cuente con unidades de medicina nuclear o equipos para diagnóstico que impliquen el uso de radiación ionizante. Sin embargo, el Reglamento de Protección y Seguridad Radiológica (12) no establece instrumentos específicos que permitan evaluar el cumplimiento de las medidas de control en términos de infraestructura, seguimiento epidemiológico de la exposición a radiación ionizante, control de la dosis, entre otras.

Según Sang-Geon Cho (15) y Mohamed Donya (16), se destaca la importancia de la aplicación de los principios de justificación y optimización en el uso de radiación médica establecidos por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP). La justificación requiere que los beneficios de la exposición superen los riesgos, mientras que la optimización se centra en mantener las dosis de radiación tan bajas, como sea razonablemente posible. Además, se han desarrollado niveles de referencia diagnóstica (DRL, por su sigla en inglés) para guiar la protección radiológica en procedimientos médicos, aunque su implementación varía entre países y contextos clínicos.

Según el Carex Colombia 2012 (17), las radiaciones ionizantes ocupan el puesto número 15 en términos de número estimado de trabajadores expuestos, con un total de 40 000 trabajadores, lo que representan el 0,44 % de la población total trabajadora asegurada. La mayor exposición se presenta en el sector médico, con un total de 428 304 trabajadores de la salud, donde el 7 % están expuestos a radiaciones ionizantes, seguido por los sectores de electricidad, gas y vapor, con un total de 297 575 trabajadores, donde el 10 % de esta población trabajadora está expuesta a radiaciones ionizantes. Sin embargo, no se cuenta con información específica por tipo de profesión en cada sector, lo que dificulta la evaluación precisa de los riesgos y la implementación de medidas de protección adecuadas (17).

En Colombia, el Plan Decenal para el Control del Cáncer 2012-2021 considera la radiación ionizante como uno de los cinco principales agentes carcinógenos ocupacionales (18), y dentro de sus metas establece:

lograr que entre el 50 y el 70% de las empresas del sector formal que manejan los cinco principales agentes carcinógenos ocupacionales en el país (asbesto, sílice, benceno, plomo compuesto inorgánico, radiación ionizante) tengan niveles de exposición menores al valor límite permisible (18).

Para esto, propone una serie de acciones a nivel político, normativo y en servicios de salud; en materia de radiaciones ionizantes, a la fecha no se han promulgado nuevas disposiciones que garanticen el control de la exposición ocupacional.

En contraste, Canadá ofrece una descripción más detallada de las profesiones expuestas a la radiación ionizante a través de la Oficina de Protección Radiológica de Salud de Canadá, que cuenta con un registro nacional de

dosis. En 2018, se reportó una dosis media de exposición de 1,22 Sv en 1899 trabajadores de medicina nuclear y tecnólogos, con una dosis media de exposición diferente a cero de 1,74 Sv (19).

En España, el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) supervisa y autoriza la seguridad de aproximadamente 1345 instalaciones radiactivas en el país. La Subdirección de Protección Radiológica Operacional se encarga de la protección de más de cien mil trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes. Los programas de formación en protección radiológica son amplios y bien definidos, con cursos regulares para diversos profesionales de la salud. Esto ha contribuido a una mejora en la seguridad y reducción de la exposición a radiaciones ionizantes. Italia ha implementado medidas de protección radiológica comparables a las de España, con un enfoque en la seguridad y salud laboral de los trabajadores (20).

En Ecuador, la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Central del Ecuador es una de las entidades que se encarga de la formación y protección radiológica. En 2019, evaluó el nivel de cumplimiento del uso del dosímetro como norma de protección radiológica entre estudiantes de pregrado. Los resultados mostraron que el 95 % de los estudiantes cumplían con el uso del dosímetro, lo que indica un alto nivel de cumplimiento (21).

Por otro lado, en Colombia la exposición ocupacional a radiaciones ionizantes se categoriza por sectores económicos, pero no por profesiones. Es así como los técnicos radiólogos, médicos nucleares y otros profesionales de la salud expuestos se evalúan como una sola población, sin poder obtener datos estadísticos de niveles de exposición, tiempos, dosis absorbidas, entre otros, sin abordar aún temas sociales como la falta de control en contrataciones en el sector salud.

En este contexto, el objetivo es diseñar una batería de herramientas para la evaluación de los controles a la ex-

posición a radiación ionizante en médicos nucleares en Colombia y la percepción del riesgo dentro de esta población trabajadora, así como un modelo metodológico de validación de instrumentos que incluya las actividades para la validación de contenido, la validación de criterio, la validación de constructo, confiabilidad, sensibilidad y factibilidad.

El desarrollo de estas herramientas no solo contribuirá a mejorar la seguridad y salud en el trabajo de los médicos nucleares en Colombia, sino que también proporcionará un marco para la implementación de políticas y prácticas de protección radiológica más efectivas. Al abordar tanto los aspectos técnicos como la percepción del riesgo, se espera fomentar una cultura de seguridad que minimice los riesgos asociados con la exposición a radiación ionizante y promueva el bienestar de los profesionales de la salud.

2. Metodología

Teniendo en cuenta la ausencia de instrumentos específicos para la evaluación de controles frente a la exposición ocupacional a radiaciones ionizantes y de percepción del riesgo, se realizó un estudio descriptivo exploratorio basado en revisión bibliográfica jurídica y técnica. Como técnicas de recolección de información, se realizó la búsqueda de información en bases de datos, la cual fue registrada en una matriz en Excel para su respectivo análisis.

Para la búsqueda de la legislación relacionada con la exposición a radiación ionizante, se revisaron diversas bases de datos, como *Ámbito Jurídico* (22) y los repositorios jurídicos del Senado y del Congreso de la República (23), y Sentencias y jurisprudencia de la Corte Constitucional (24). Los criterios de inclusión fueron: la legislación colombiana vigente sobre radiaciones ionizantes, exposición ocupacional, y médicos nucleares. Se excluyeron normativas de otros países o que no abordaran radiaciones ionizantes. Las normas y sentencias que cumplieron con los criterios de inclusión definidos fueron seleccionadas y analizadas.

Se realizó la búsqueda y revisión de literatura científica sobre los controles para la exposición de radiación ionizante en trabajadores de la salud. Para ello, se establecieron criterios de inclusión que abarcan estudios publicados entre los años 2018 y 2023, estudios originales en humanos, revisiones sistemáticas y metaanálisis, artículos publicados en inglés o español, y estudios que aborden la caracterización de la exposición a radiaciones ionizantes en trabajadores de la salud, así como aquellos que evalúen la exposición a radiaciones ionizantes y las condiciones de trabajo relacionadas. Los criterios de exclusión abarcan estudios originales en animales, investigaciones sobre radiaciones ionizantes en profesiones distintas a la salud, y artículos del *Journal MDPI*. El proceso consistió en una revisión inicial de títulos y resúmenes, seguida por la selección de estudios relevantes, que junto a la revisión normativa

responden a la pregunta: ¿Cómo se deben evaluar los controles para la exposición a radiación ionizante en médicos nucleares en Colombia?

Se registraron las variables relevantes para evaluar los controles frente a la exposición ocupacional a radiaciones ionizante. Estas variables serán convertidas en ítems de verificación en el instrumento a diseñar, considerando la variable, la escala de medición, el criterio técnico, la pregunta de evaluación y los modos de verificación. Finalmente, utilizando la matriz de diseño, se desarrollará la herramienta para la evaluación de controles a radiación ionizante, incluyendo los ítems de verificación basados en las variables identificadas y sus definiciones operativas capítulo 3.

Se desarrolló el análisis de artículos relacionados con la percepción del riesgo de los médicos nucleares referente a la exposición a radiaciones ionizantes. Para esto, se establecieron criterios de inclusión que abarcan estudios publicados entre 2018 y 2023, estudios originales en humanos, revisiones sistemáticas, metaanálisis, artículos en inglés o español, y estudios sobre métodos de evaluación de la percepción de riesgos ocupacionales en trabajadores de la salud. Los criterios de exclusión incluyen estudios en animales, investigaciones sobre la percepción de riesgos no ocupacionales, estudios en profesiones distintas a trabajadores de la salud, y artículos del Journal MDPI. Se realizó la selección mediante la lectura previa de los títulos y resúmenes, seguida de una lectura completa de los textos relevantes. Se realizó un análisis descriptivo y de contenido de los estudios incluidos, evaluando los criterios para la percepción del riesgo. Finalmente, se elaboraron con las variables clave, la lista de verificación para el instrumento de evaluación (capítulo 4). El objetivo es responder a la pregunta: De acuerdo con la literatura científica, ¿Cuáles son los criterios a tener en cuenta en una evaluación de la

ercepción del riesgo de los médicos nucleares frente a la exposición a radiación ionizante?

Se elaboró el instrumento que evalúa la percepción del riesgo de los médicos nucleares con relación a la exposición a la radiación ionizante, la cual incluye ítems de verificación basados en las variables identificadas y sus definiciones operativas, información que se encuentra en el capítulo 4.

Por último, para la propuesta de validación de la batería de herramientas diseñadas, se determinó diseñar un modelo metodológico de validación de instrumentos (capítulo 5) que incluye actividades para validar el contenido, criterio y constructo, así como para evaluar confiabilidad, sensibilidad y factibilidad. Este plan se estructuró para responder a la pregunta: De acuerdo con el plan de validación ¿Cuáles son las actividades necesarias para validar una batería de herramientas?

3. El laberinto de la seguridad radiológica: RadiSafe una herramienta integral para evaluar las medidas de control a la exposición a las radiaciones ionizantes

La exposición ocupacional a las radiaciones ionizantes se genera especialmente en las actividades científicas, médicas, industriales y de energía atómica. La ejecución de medidas de prevención y protección por parte de los empleadores, siendo una obligación legal establecida en el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (6), debe adoptarse con base en el análisis de pertinencia y garantizando su eficacia (25).

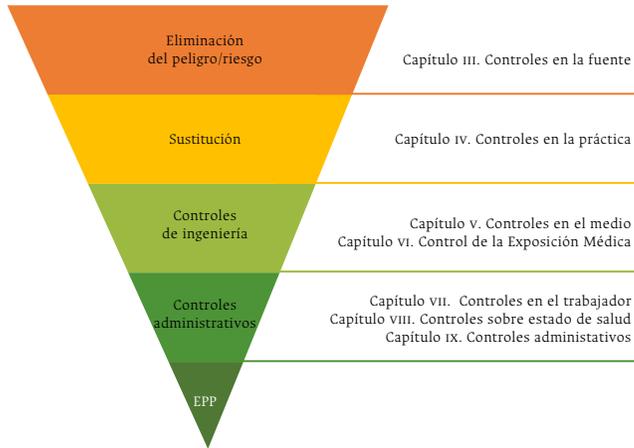
La aplicación de las medidas de control debe implementar y mantener procesos para la eliminación de los peligros y la reducción de los riesgos, siguiendo el esquema de jerarquización de controles, priorizando la intervención en la fuente y en el medio. El Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo describe el siguiente esquema de jerarquización (25):

1. Eliminación del peligro/riesgo: Medida que se toma para suprimir el peligro/riesgo.
2. Sustitución: Medida que se toma a fin de reemplazar un peligro por otro que no genere riesgo o que genere menos riesgo.
3. Controles de ingeniería: Medidas técnicas para el control del peligro/riesgo en su origen o en el medio.
4. Controles administrativos: Medidas que tienen como fin reducir el tiempo de exposición al peligro, mecanismos de advertencia, diseño e implementación de procedimientos y trabajos seguros, entre otros.
5. Equipos y Elementos de Protección Personal y colectivo: Medidas basadas en el uso de dispositivos, accesorios y vestimentas por parte de los trabajadores.

El Manual de Protección radiológica (13) establece la siguiente jerarquía de medidas preventivas:

1. Controles técnicos.
2. Controles administrativos.
3. Equipo de protección personal.

Figura 1
Esquema de jerarquización de controles



Fuente: elaboración propia basada en el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo (25).

La herramienta diseñada permite evaluar los controles relacionados con la exposición a la radiación ionizante en instituciones donde se desempeñan ocupacionalmente los médicos nucleares dentro de la jurisdicción de la República de Colombia. Debe ser completada por el encargado del sistema de calidad, el encargado del Sistema de Gestión

en Seguridad y Salud en el trabajo y/o quien tenga a su cargo la protección radiológica de la Institución.

Teniendo en cuenta los muchos fines definidos para la radiación ionizante, se establecen los tipos de práctica y de fuente a considerarse para la aplicación de la herramienta:

Tipos de práctica

- Uso de aparatos o equipos que generan radiación ionizante con fines médicos (radiografía, tomografía computarizada, fluoroscopia, cámara gamma, unidad de RMN).
- Uso de sustancias radiactivas con fines médicos. entre otros (26,27):
 - » Radiosondas como la 18F-fluorodeoxi-d-glucosa (FDG).
 - » Radionúclidos para terapia como yodo radioactivo (I-131), Lu-177 dotatate (Lutathera®), Dicloruro de radio-223, samario-153 leixidronam, cloruro de estroncio-89, itrio-90 Ibritumomab Tiuxetan (26,27).

Tipos de fuente

- Equipos móviles de radiografía, como algunos de los dispositivos que contienen o producen radiación. También se encuentran entre ellos las fuentes selladas, las no selladas y los generadores de radiación.
- Las instalaciones de irradiación, de tratamiento de sustancias radiactivas, nucleares y de gestión de desechos.

La herramienta se divide en nueve capítulos los cuales se distribuyeron de acuerdo con jerarquización de controles. Para cada capítulo, se establecen preguntas específicas para determinar la implementación de controles acorde con la legislación vigente y justificación técnica. Cada pregunta cuenta con tres opciones de respuesta: Cumple totalmente, No cumple o No aplica, y se asigna un peso porcentual a cada capítulo.

Tabla 1

Distribución porcentual capítulos de la herramienta RadiSafe

Capítulo	Peso porcentual
I. Generalidades	5 %
II. Requisitos documentales	5 %
III. Control de las fuentes	20 %
IV. Control de las prácticas	20 %
V. Control en el medio	10 %
VI. Control de la Exposición médica	10 %
VII. Controles en el trabajador	10 %
VIII. Controles sobre estado de salud	10 %
IX. Controles administrativos	10 %

3.1 Evaluación de las generalidades

El primer capítulo aborda las generalidades, que para este caso, al ser una herramienta de control, pregunta sobre el programa de protección y seguridad radiológica y el contenido mínimo que debe tener, acorde al Artículo 8 del Reglamento de Protección y Seguridad Radiológica (12), entendiendo que la responsabilidad principal corresponde a la persona u organización responsable de las instalaciones y actividades con riesgo radiológico (13).

Ítems evaluados

- 3.1.1 ¿La institución cuenta con un programa de protección y seguridad radiológica?
- 3.1.2 Marque de los siguientes aspectos cuáles se incluyen en el programa de protección y seguridad radiológica:
 - a. Objetivos de protección y seguridad radiológica.
 - b. Un programa documentado.
 - c. El programa es consecuente con la naturaleza y magnitud de los riesgos inherentes a las prácticas e intervenciones que realicen.
 - d. Se determinan las medidas y recursos necesarios para el cumplimiento de los objetivos del programa.
 - e. Evaluación sistemática de las medidas para el cumplimiento de los objetivos, así como de sus recursos.
 - f. Mecanismos para detectar faltas eventuales y deficiencias en las medidas y recursos de protección y seguridad.
 - g. Mecanismos de actuación ante las faltas y deficiencias detectadas.
 - h. Mecanismos para la consulta y la cooperación entre todas las partes interesadas.
 - i. Registros del cumplimiento de sus responsabilidades.

3.2 Evaluación de los requisitos documentales

En el segundo capítulo se evalúan los requisitos documentales establecidos por el órgano regulador, que para el caso de Colombia corresponden a la autorización, la cual debe ser emitida acorde al tipo de práctica y al tipo de fuente, según lo establecido en la Resolución 41226 de 2016 (28). Asimismo, la institución debe contar con una licencia de prácticas médicas acorde con el capítulo III de la Resolución 482 de 2018 (29).

Ítems evaluados

- 3.2.1 ¿La institución cuenta con autorización vigente (cinco años) emitida por la autoridad reguladora para el tipo de práctica y de acuerdo con el tipo de fuente?
- 3.2.2 ¿La institución tiene soporte de inspección por parte de la autoridad reguladora?
 - a. Si se cuenta con inspección por parte de la entidad reguladora, ¿tiene un documento de plan de mejoramiento?
 - b. ¿Se tiene seguimiento y soportes de la ejecución de actividades del plan de mejoramiento?
- 3.2.3 ¿La institución cuenta con la licencia de práctica médica requerida para operar equipos generadores de radiación ionizante?
- 3.2.4 ¿Se ha verificado que los equipos generadores de radiación ionizante utilizados por los médicos nucleares están autorizados en la licencia de práctica médica correspondiente?

3.3 Evaluación de los controles de las fuentes

En el capítulo tres se inicia el abordaje de los controles de las fuentes, siendo este uno de los capítulos de mayor importancia, al ser el primer eslabón en la jerarquización de controles, ya que permite eliminar o sustituir la exposición al aplicar buenas prácticas tecnológicas y garantizar el óptimo funcionamiento de los equipos. Este capítulo se divide en doce preguntas, empezando por el control para el almacenamiento de las fuentes, las características de las buenas prácticas tecnológicas y las características de cada fuente.

Ítems evaluados

- 3.3.1 La entidad cuenta con controles para el almacenamiento de las fuentes evitando robo o deterioro, e incluye:
 - a. Inventario de las fuentes móviles indicando lugar asignado.
 - b. Condiciones de seguridad específicas para cada fuente móvil.
 - c. Inventario de las sustancias radiactivas que describa cantidad y ubicación.
 - d. Mecanismos de control para el consumo de las sustancias radioactivas.

- 3.3.2 Las instalaciones cuentan con características propias de las Buenas Prácticas Tecnológicas:
 - a. Se garantiza la protección y seguridad durante toda la vida útil de las fuentes, con características de gestión y organización fiables.

- c. Se tiene previsto un margen de seguridad frente al diseño y construcción de las fuentes que garantice condiciones para una operación normal y la prevención de sucesos radiológicos.
- d. La ubicación de la fuente dentro de la instalación tiene en cuenta factores que puedan influir en la seguridad operacional y física de la fuente, así como la exposición ocupacional y al público.

3.3.3 La institución garantiza que cada fuente cumple con:

- a. Diseñada y construida con condiciones de protección y seguridad.
- b. Ajustada según especificaciones técnicas y de funcionamiento acorde a las prácticas a ejecutar.
- c. Cumple con las normas de calidad que estén en consonancia con la importancia de los componentes y sistemas para la protección y la seguridad.
- d. Cuenta con ensayos para demostrar su conformidad con las especificaciones correspondientes.
- e. Los sistemas y componentes relacionados con la protección o seguridad se diseñan, construyen, manejan y mantienen de forma que se evite los accidentes y se restrinjan la magnitud y la probabilidad de la exposición.

Posteriormente, la herramienta indaga sobre la Gestión en materia de protección y seguridad (13) así como las evaluaciones periódicas que deben realizarse acorde al Artículo 48 del Reglamento de Protección y Seguridad Radiológica, cuyo objetivo es determinar en qué formas podrían producirse exposiciones normales y potenciales, su magnitud y la calidad de las medidas de protección y seguridad (12).

Ítems evaluados

- 3.3.4 ¿La institución tiene establecidos y documentados principios rectores, procedimientos y disposiciones organizativas de protección y seguridad que dan prioridad a las medidas de diseño y de naturaleza técnica para controlar los riesgos de radiación?
- 3.3.5 ¿Cuenta con evaluaciones de seguridad en los últimos doce meses para las medidas de protección y seguridad?
- a. La evaluación de seguridad permite determinar en qué formas podrían producirse exposiciones normales y su magnitud.
 - b. La evaluación de seguridad permite determinar en qué formas podrían producirse exposiciones potenciales y estimar su probabilidad y magnitud.
 - c. Evalúa la calidad y amplitud de las disposiciones de seguridad y protección.
 - d. La evaluación de seguridad incluye un examen crítico sistémico.
 - e. Se realizan exámenes suplementarios cuando se contemplan modificaciones

significativas de la fuente o su instalación, se reportan fallas o errores en el funcionamiento, se presentan incidentes o se contempla algún cambio normativo.

Las siguientes dos preguntas de este capítulo evalúan los controles específicos sobre los equipos a fin de evaluar los parámetros que debe cumplir cada equipo acorde con el Artículo 35 del Reglamento de Protección y Seguridad Radiológica (12) y la implementación de protocolos de control de calidad para garantizar el funcionamiento seguro y efectivo de los equipos radiológicos en instituciones de salud (30-33).

Ítems evaluados:

- 3.3.6 ¿Se tienen establecidas pruebas de control de calidad en los equipos para garantizar su funcionamiento?
- 3.3.7 Los equipos cumplen con los siguientes parámetros:
 - a. Los documentos y señales se encuentran en español.
 - b. Los equipos reducen, en todo lo posible, la posibilidad de un error humano.
 - c. Se dispone de medios para detectar los errores humanos.
 - d. Se determinan los medios para corregir o compensar los errores humanos.
 - e. En caso de fallo de los sistemas u otras medidas de seguridad, se cuenta con mecanismos de intervención.

Las preguntas ocho y nueve indagan sobre los parámetros específicos que deben cumplir los equipos. acordes al Capítulo III, Título V del Reglamento de Protección y Seguridad Radiológica (12), seguida de preguntas sobre la calibración de los equipos.

Ítems evaluados

- 3.3.8 ¿Los equipos cuentan con mecanismos de control de haz de radiación incluidos dispositivos que indiquen presencia o ausencia del haz?
- 3.3.9 ¿Los equipos generadores de radiación usados para radiología diagnóstica, fluoroscopia y radioterapia cumplen con los parámetros de seguridad establecidos por la Resolución 181434 de 2002?

Para finalizar el control en la fuente, las tres últimas preguntas evalúan la calibración de las fuentes.

Ítems evaluados

- 3.3.10 ¿La institución garantiza que la calibración de las fuentes utilizadas para las exposiciones médicas, el equipo de radioterapia y el equipo de braquiterapia se realicen en un Laboratorio de Calibración Dosimétrica?
- 3.3.11 ¿La institución garantiza que las fuentes utilizadas para las exposiciones médicas, el equipo de radioterapia y el equipo de braquiterapia sean calibradas en función de la actividad?
- 3.3.12 ¿La institución garantiza que las calibraciones se realizan al ponerse en funcionamiento y luego de toda operación de mantenimiento?

3.4 Evaluación de los controles de las prácticas

Para el capítulo cuatro se abordó el control de las prácticas, dentro del cual se pregunta sobre los equipos para la vigilancia radiológica necesarios durante la exposición ocupacional a radionúclidos y radiosondas. Como controles específicos para las prácticas, se establece la limitación de dosis, enmarcada en el requisito 12 del Manual de protección radiológica (13). Esta práctica fue analizada por la División de Cardiología del Departamento de Medicina de la Universidad de Illinois, al minimizar el uso de medios de contraste y el tiempo de fluoroscopia durante los procedimientos de cateterismo cardíaco (31).

Por último, el capítulo aborda aquellas situaciones en donde, por circunstancias especiales, se requiere realizar una modificación temporal de la limitación de la dosis, actividad que debe realizarse luego que se ha hecho todo lo posible para reducir la exposición y debe contar con la conformidad de los trabajadores que van a exponerse.

Ítems evaluados

- 3.4.1 ¿Cuenta con equipos certificados para la vigilancia radiológica y la verificación de los requisitos y condiciones de la autorización?
- 3.4.2 ¿La práctica garantiza que la exposición sea restringida, garantizando que ni el total de la dosis efectiva ni el total de la dosis equivalente a órganos o tejidos de interés, causadas por la posible combinación de exposiciones originadas por prácticas autorizadas, excedan cualquiera de los límites de dosis?

- 3.4.3 Durante el desarrollo de la práctica de la medicina nuclear, ¿se establecen distancias de seguridad entre el médico nuclear y el equipo?
- 3.4.4 ¿La institución tiene documentado un procedimiento para el reporte de exposición a radiación ionizante de fuentes no controladas?
- 3.4.5 ¿La institución cuenta con prácticas en donde se determinen circunstancias especiales que requieran una modificación de la limitación de la dosis?

3.5 Evaluación de los controles en el medio

Los controles en el medio son evaluados en el capítulo cinco tomando como base la Resolución 181475 de 2004, la cual establece los requisitos de las instalaciones nucleares (34) y el Reglamento de Protección y Seguridad Radiológica (12). Esta sección se compone de doce preguntas empezando por la evaluación sobre el diseño de blindaje arquitectónico, la licencia para el funcionamiento de la instalación y las condiciones para el emplazamiento de las fuentes.

Ítems evaluados

- 3.5.1 ¿Las instalaciones cuentan con diseño de blindaje arquitectónico?
- 3.5.2 ¿La institución cuenta con la licencia para la operación de procesos que involucran radiaciones ionizantes?
- 3.5.3 Al realizar el emplazamiento de una fuente con un gran inventario de sustancias radiactivas y pueda producir emisiones de grandes cantidades de dichas sustancias, ¿se tienen en cuenta todas las características que pu-

dieran afectar a la seguridad radiológica de la fuente y las características que pudieran ser afectadas por la fuente?

Posteriormente, se evalúa el cumplimiento de las disposiciones organizacionales relacionadas con la designación de zonas controladas y zonas supervisadas, según el requisito 24 del Manual de Protección Radiológica (13), así como el diseño de las medidas de protección y seguridad para asegurar la aplicación de la jerarquización de controles y evitar, el uso de medidas administrativas (13).

Ítems evaluados

- 3.5.4 ¿Se encuentran demarcadas las zonas supervisadas y las zonas controladas?
- 3.5.5 Si cuenta con zonas controladas, estas cuentan con las siguientes características:
 - a. La delimitación se realiza por medios físicos.
 - b. Cuenta con señalización que especifique los tiempos de exposición.
 - c. Cuenta con símbolos de advertencia y las instrucciones apropiadas en los puntos de acceso y otros lugares adecuados del interior de las zonas controladas.
 - d. Cuenta con reglas, procedimientos y medidas de protección y seguridad ocupacional.
 - e. Cuenta con sistemas de restricción de acceso a las zonas controladas tales como permisos de trabajo o dispositivos de cierre.

- f. Cuenta en los puntos de entrada de las zonas controladas con ropa y equipo de protección, dosímetro y un lugar adecuado para guardar la ropa personal.
 - g. Cuenta en los puntos de salida de las zonas controladas con equipo de vigilancia radiológica de la contaminación de la piel, la ropa, objetos o sustancias que se retiren de la zona.
 - h. Cuenta en los puntos de salida de las zonas controladas con instalaciones de lavado o ducha y un lugar adecuado para guardar la ropa y el equipo de protección contaminados.
- 3.5.6 Si cuenta con zonas supervisadas, estas cuentan con las siguientes características:
- a. Se encuentran delimitadas con barreras físicas u otros medios eficaces para controlar su acceso.
 - b. Cuenta con señalización que identifique la zona supervisada.

3.5.7 Las medidas de protección y seguridad ¿están diseñadas para actuar sin requerir activar controles administrativos?

Para finalizar, este capítulo se evalúa la implementación de controles tipo barrera, escudo o protectores que hacen parte tanto del blindaje de las instalaciones como equipos a usarse durante la ejecución de procedimientos y que están relacionados en los Artículos 69 y 90 del Reglamento de Protección y Seguridad Radiológica (12).

Ítems evaluados

- 3.5.8 ¿Las paredes y techos del área donde se realizan los procedimientos cuentan con blindajes acorde al tipo de radiación que emiten los equipos?
- 3.5.9 ¿Dentro de las medidas de protección y seguridad radiológica se tiene definido el uso de escudos transparentes ajustables durante la ejecución de procedimientos?
- 3.5.10 ¿Dentro de la institución y en cada área de exposición al riesgo se facilitan dispositivos protectores y se dispone de medidas para su uso correcto?
- 3.5.11 ¿Cuenta con procedimientos de inspección de los elementos de protección?
- 3.5.12 ¿Para el uso de los tubos de rayos X se tiene definido el uso de cortinas y delantales de plomo que separen al operador del equipo?

3.6 Evaluación de los controles durante la Exposición Médica

El sexto capítulo evalúa los controles de la exposición médica. Esta sección está compuesta por diecisiete preguntas, empezando con la indagación sobre justificación de la exposición médica, incluyendo la exposición con fines de investigación.

Ítems evaluados

- 3.6.1 ¿La institución tiene documentado los procedimientos que garantizan que toda exposición médica sea prescrita teniendo en cuenta el reglamento de protección radiológica?

- 3.6.2 Para la exposición médica, ¿se encuentra determinado el protocolo para garantizar la justificación de la exposición?
- 3.6.3 ¿La institución cuenta con procedimientos para justificar la exposición médica con fines de investigación?
- 3.6.4 ¿Para la exposición con fines de investigación biomédica se verifican las condiciones de exposición y restricciones de dosis dadas por el Comité de Examen Médico del Ministerio de Salud?
- 3.6.5 ¿Se encuentran documentados el cumplimiento de los límites de exposición ocupacional y los mismos no sobrepasan los indicado en el numeral 2,4 del anexo 1 de la resolución 181434 de 2002?

En las siguientes preguntas se indaga sobre los niveles orientativos, concebidos como una indicación razonable de las dosis aplicables a los pacientes de tamaño corporal medio, cuya finalidad es ofrecer orientación sobre lo que puede conseguirse con una buena práctica actual y, por lo tanto, deberían revisarse a la luz de los adelantos tecnológicos y técnicos (35).

Ítems evaluados

- 3.6.6 ¿Se cuenta con niveles orientativos para la exposición médica basados en los parámetros de la OIEA y del Capítulo IV del Título V de la resolución 181434?
- 3.6.7 ¿Los niveles orientativos indican las dosis que pueden lograrse en el caso de pacientes de tamaño corporal medio, adoptando las medidas correctivas y la conveniencia de efectuar el examen?

- 3.6.8 ¿El diseño de los procedimientos y tratamientos médicos se basan en los niveles de orientación para garantizar que se realice una buena práctica y no sobre lo que sería un resultado óptimo?
- 3.6.9 ¿La ejecución de exámenes de radiología diagnóstica y medicina nuclear derivan los niveles orientativos de los datos resultantes de las investigaciones de calidad, incluyendo dosis de entrada en superficie y dimensiones de la sección transversal de los haces?

Continuando con la evaluación de la justificación médica, las preguntas diez, once y doce se basan en los Requisitos 36 y 37 del Manual de Protección Radiológica (13), seguidas de las preguntas sobre los registros que deben conservarse acorde con el Reglamento de Protección y Seguridad Radiológica (12) y que sirven como base para realizar la trazabilidad de los procedimientos efectuados.

Ítems evaluados

- 3.6.10 ¿Para la prescripción con fines diagnósticos los médicos nucleares garantizan que la exposición sea la más mínima posible?
- 3.6.11 ¿La institución cuenta con protocolos específicos para la exposición con fines diagnósticos acorde a los parámetros del Artículo 128 de la Resolución 181434 de 2002?
- 3.6.12 ¿La institución cuenta con protocolos específicos para el uso de radionucleidos acorde a los parámetros del Artículo 129 de la Resolución 181434 de 2002?

- 3.6.13 Cuando se realizan procedimientos radiológicos, ¿se determinan y documentan los valores de dosis absorbidas por parte de los pacientes?
- 3.6.14 Cuando se ejecuta actividades de radiología diagnóstica, ¿se crea, mantiene y está accesible la información necesaria para realizar la evaluación retrospectiva de la dosis, incluyendo el número de exposiciones y la duración de los exámenes fluoroscópicos?
- 3.6.15 Cuando se ejecuta actividades de medicina nuclear, ¿se crea, mantiene y está accesible la información sobre los tipos de radiofármacos administrados y sus actividades?
- 3.6.16 Cuando se ejecuta actividades de radioterapia, ¿se crea, mantiene y está accesible la información sobre la descripción del volumen blanco de planificación, la dosis al centro del volumen blanco de planificación y las dosis máximas y mínimas administradas al volumen blanco de planificación, las dosis a otros órganos blanco de interés, el fraccionamiento de la dosis y el tiempo total del tratamiento?
- 3.6.17 Cuando realizan actividades de investigación médica, ¿se crea, mantiene y está accesible la información sobre la exposición de los voluntarios?

3.7 Evaluación de los controles en el trabajador

A partir del capítulo siete se centra en la evaluación de controles administrativos que, según la jerarquía de controles, junto con los elementos de protección personal, son el último nivel de control y deben efectuarse una vez se garan-

tice que no es posible ejecutar la eliminación o sustitución de la exposición ocupacional y ya se han implementado los controles de ingeniería.

La primera sección del capítulo evalúa la existencia de programas de vigilancia médica para el personal expuesto a radiaciones ionizante (12), así como el uso de dosímetros personales como mecanismo de monitoreo frente a la exposición (27,33,36).

Ítems evaluados

- 3.7.1 ¿La institución cuenta con un programa de vigilancia médica para el personal expuesto a radiaciones ionizantes?
- 3.7.2 ¿Se garantiza la entrega de dosímetros personales a cada médico nuclear?
- 3.7.3 ¿Se establecen mecanismos de control para el uso de dosímetros personales durante la exposición a radiaciones ionizantes?
- 3.7.4 ¿La institución cuenta con mecanismos de registro de cada exposición que incluya la naturaleza y dosis de esta?

En la pregunta 7.5 se indaga sobre las actividades ejecutadas en caso de reportes de exposiciones por encima de los límites establecidos acordes a los lineamientos de la Resolución 181289 de 2004 (37).

Ítems evaluados

- 3.7.5 Si se han reportado exposiciones por encima de los límites establecidos en los dosímetros personales, responda las siguientes preguntas:

- a. ¿Se realizó una evaluación detallada de las causas de exposición elevada?
- b. ¿Se implementaron medidas correctivas para reducir la exposición?
- c. ¿Se realizó seguimiento médico?

En las siguientes preguntas se evalúa el cumplimiento del requisito 22 del Manual de Protección Radiológica (13) sobre las responsabilidades de los trabajadores, frente a la exposición ocupacional a la radiación ionizante, así como los procesos de contratación que deben incluir la validación histórica de exposición a radiación ionizante.

Ítems evaluados

- 3.7.6 Durante el proceso de contratación de médicos nucleares (de planta o temporales), ¿se cuentan con protocolos escritos para la validación del historial de exposición a radiación ionizante del profesional?
- 3.7.7 ¿La institución tiene por escrito y cuenta con soportes de divulgación de las responsabilidades de los médicos nucleares frente a su exposición a radiación ionizante?
- 3.7.8 ¿La institución tiene por escrito y cuenta con soportes de divulgación de las reglas y procedimientos que deben seguir los médicos nucleares frente a su exposición a radiación ionizante?
- 3.7.9 ¿Las reglas y procedimientos establecen los valores correspondientes para los niveles de investigación y los niveles aplicables, así como los protocolos en caso de excederlos?

Por último, el capítulo siete evalúa los contenidos específicos de capacitación que deben ser implementados en los médicos nucleares según el Reglamento de Protección y Seguridad Radiológica (12) y el Requisito 22 del Manual de Protección Radiológica (13).

Ítems evaluados

- 3.7.10 ¿Existe un programa de capacitación en protección radiológica específicamente diseñado para el personal médico nuclear?
- 3.7.11 ¿Dentro del programa de capacitación se facilita información adecuada sobre los riesgos para la salud derivados de la exposición ocupacional a radiación ionizante?
- 3.7.12 ¿Dentro del programa de capacitación se facilita información adecuada sobre los riesgos para la salud de la madre gestante y lactante al ingresar a zonas supervisadas o zonas controladas?
- 3.7.13 ¿La institución cuenta con registros de capacitación frente al adecuado uso del equipo protector respiratorio, que incluye la manera de comprobar su buen ajuste?

3.8 Evaluación de los controles sobre estado de salud

Para la evaluación de los controles sobre el estado de salud, aunque forman parte de los controles en el trabajador, se estableció un capítulo independiente. En primer lugar, se indaga si la institución ha implementado dentro de sus prácticas el modelo de empleo sustitutivo cuando, por razones de salud, un médico nuclear no puede exponerse a

radiaciones, o si como parte del control se ha contemplado el uso de sustancias antidoto, descritas por autores como Zhang y otros (38), Chen y otros (39), Wang y otros (40) o Nickoloff y otros (41).

Ítems evaluados

- 3.8.1 ¿La institución tiene determinado un modelo de empleo sustitutivo cuando, por razones de salud, el médico nuclear no puede exponerse a radiación ionizante?
- 3.8.2 ¿Se contempla el uso de sustancias antidoto para la exposición a radiaciones ionizantes como parte del control sobre el estado de salud de los médicos nucleares?

En la pregunta tres, se evalúa si la institución, dentro de sus valoraciones médicas ocupacionales, incluye otros riesgos derivados del uso de elementos de protección. A continuación, se inicia con la evaluación sobre el protocolo de vigilancia radiológica individual y su contenido, acorde con el Reglamento de Protección y Seguridad Radiológica (12) y los Requisitos 24 y 25 del Manual de Protección Radiológica (13), incluyendo los requisitos frente a registros y su conservación.

Ítems evaluados

- 3.8.3 Dentro de la valoración médica ocupacional, ¿se tienen en cuenta otros riesgos para la salud derivados del uso de elementos de protección con blindaje?
- 3.8.4 La institución, ¿tiene documentado un protocolo de vigilancia radiológica individual?

- 3.8.5 ¿El protocolo de vigilancia radiológica contempla la ejecución de exámenes médicos preingreso y periódicos para validar la aptitud de los colaboradores expuestos?
- 3.8.6 ¿El protocolo de vigilancia radiológica individual identifica las causales de ingreso de un trabajador al programa?
- 3.8.7 ¿El protocolo de vigilancia radiológica individual incluye los trabajadores potencialmente expuestos a contaminación radiológica?
- 3.8.8 Como parte del protocolo de vigilancia radiológica, ¿la institución cuenta con registros con los datos relativos a las dosis de exposición recibidas por los trabajadores?
- 3.8.9 ¿La institución cuenta con procedimientos que garanticen la conservación de los registros como mínimo hasta que el trabajador alcance o hubiera alcanzado la edad de 75 años y durante 30 años, por lo menos, después de terminado el trabajo que implicaba la exposición ocupacional?
- 3.8.10 ¿La institución cuenta con registros de la vigilancia radiológica individual?
- 3.8.11 ¿La institución cuenta con registros de la vigilancia radiológica de los puestos de trabajo?

3.9 Evaluación de los controles administrativos

Para finalizar, la herramienta en el capítulo nueve, evalúa los controles administrativos, donde se vincula la gestión del riesgo de radiaciones ionizantes con el Sistema de Gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo y el Sistema de Gestión Ambiental.

El capítulo inicia con la indagación sobre la implementación de un Sistema Integrado de Gestión y el Programa de Gestión de Calidad Radiológica, incluyendo su contenido y la alineación de este con los parámetros de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS) (12).

Ítems evaluados

- 3.9.1 ¿La institución tiene implementado un Sistema Integrado de Gestión que contemple aspectos de seguridad y salud en el trabajo, medio ambiente y calidad?
- 3.9.2 ¿La organización tiene establecido un programa de gestión de calidad radiológica que se integre con el Sistema de Gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo?
- 3.9.3 En caso de que la institución cuente con un programa de gestión de calidad, ¿este incluye los siguientes aspectos?:
 - a. Mecanismos y procedimientos para evaluar la efectividad de las medidas de protección y seguridad.
 - b. Procedimientos y/o protocolos para optimizar la protección y seguridad, buscando que la magnitud de las dosis individuales, el número de personas expuestas y la probabilidad de sufrir exposiciones, se reduzcan al valor más bajo que pueda razonablemente alcanzarse
 - c. La optimización de la protección y seguridad con base en una restricción de dosis que garantice que no se excedan

los valores pertinentes para la fuente y se garantice la seguridad de las fuentes que puedan emitir sustancias radiactivas al medio ambiente

- 3.9.4 ¿El programa de gestión de calidad incluye un programa de garantía de calidad en las exposiciones médicas con la participación de expertos cualificados en las disciplinas correspondientes como física médica, radiofísica o radiofarmacia, y tiene en cuenta los principios establecidos por la OMS y la OPS?

La pregunta cinco evalúa la designación del responsable de protección radiológica (12) y los criterios que deben cumplir los manuales de procedimientos que documente la institución (12,13).

Ítems evaluados

- 3.9.5 ¿Cuenta con responsables de la protección radiológica designados por escrito y de forma oficial?
- 3.9.6 ¿Los manuales de procedimientos cumplen con los siguientes parámetros?:
- Los documentos se encuentran en español.
 - Los procedimientos reducen, en todo lo posible, la posibilidad de un error humano.
 - Se dispone de medios para detectar los errores humanos.
 - Se determinan los medios para corregir o compensar los errores humanos.

- e. En caso de fallo de los sistemas u otras medidas de seguridad, se cuenta con mecanismos de intervención.

A partir de la pregunta siete, la herramienta evalúa la integración del Programa de Protección y Seguridad Radiológica (12) con el Sistema de Gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo, así como la inclusión de las actividades para la gestión de las tareas de alto riesgo (5).

Ítems evaluados

- 3.9.7 ¿La institución cuenta con un programa de protección y seguridad radiológica integrado al Sistema de Gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo?
- 3.9.8 De las siguientes opciones, marque los aspectos que la institución tiene integrados en su Sistema de gestión en seguridad y salud en el trabajo:
 - a. Descripción de las tareas de alto riesgo ejecutadas dentro de la institución.
 - b. Identificación de peligros, evaluación y valoración de los riesgos, que incluye definición del cargo (funciones, tareas, jornada de trabajo y lugar donde desempeña su labor).
 - c. Identificación de los trabajadores que se dedican de manera permanente a las actividades de alto riesgo

Las preguntas de la nueve a la doce evalúan otros componentes administrativos que debe garantizar la institución en cumplimiento del Reglamento de Protección y Seguridad Radiológica (12) y los requisitos 5, 26 y 27 del

Manual de Protección Radiológica (13), como las condiciones de servicio que incluyen control sobre exposición de mujeres embarazadas y menores de edad, los programas de formación específica y las actividades de fomento de la cultura de la seguridad.

Ítems evaluados

3.9.9 De las siguientes condiciones de servicio, califique aquellas que la organización tiene implementadas:

- a. Registros detallados de los periodos de exposición diaria, incluyendo la dosis de exposición.
- b. Mecanismos para reporte y adaptación de las condiciones de trabajo de la mujer gestante.
- c. Registro de los responsables de la supervisión y capacitación cuando se expongan jóvenes entre 16 y 18 años.

3.9.10 ¿Cuenta con programas de formación específica para protección frente a radiaciones ionizantes?

3.9.11 ¿Cuenta con programas o soportes de actividades sobre el fomento de la cultura de seguridad alineados con las estrategias de Seguridad y Salud en el Trabajo?

3.9.12 Dentro de las actividades que fomentan la cultura de seguridad frente a radiaciones ionizantes, se incluyen:

- a. Responsabilidades en materia de protección y seguridad para todos los niveles y su mecanismo de comunicación.

- b. Líneas de comunicación y estructura jerárquica clara para el reporte de hallazgos y la toma de decisiones en materia de protección y seguridad.

El siguiente grupo de preguntas evalúa el procedimiento o programa de investigación de incidentes con radiación ionizante, acorde al Reglamento de Protección y Seguridad Radiológica (12) y los requisitos 15, 16 y 41 del Manual de Protección Radiológica (13).

Ítems evaluados

- 3.9.13 ¿La institución cuenta con un procedimiento o programa para manejo de investigación de incidentes?
- 3.9.14 ¿Dentro de los incidentes para investigar se incluye el tratamiento terapéutico administrado por equivocación a un paciente o a un tejido, o utilizando un fármaco incorrecto, o con una dosis o fraccionamiento de la dosis que difieran considerablemente de los valores prescritos por el facultativo médico, o que puedan provocar efectos secundarios agudos indebidos?
- 3.9.15 ¿Dentro de los incidentes para investigar se incluye toda exposición con fines diagnósticos considerablemente mayor que la prevista o que tenga como resultado dosis que sobrepasen repetida y considerablemente los niveles orientativos establecidos?
- 3.9.16 ¿Dentro de los incidentes para investigar se incluye todo fallo del equipo, accidente, error, contratiempo u otro suceso insólito que pueda ser causa de que un paciente sufra

una exposición apreciablemente diferente de la prevista?

- 3.9.17 ¿Las investigaciones de los incidentes radiológicos contienen el cálculo o estimación de la dosis recibida, la distribución de la dosis en el organismo y las medidas correctoras para que el incidente no vuelva a ocurrir?

Por último, la herramienta indaga sobre el cumplimiento del Reglamento para la Gestión de los Desechos Radiactivos en Colombia (42) y otros lineamientos incluidos en el Estatuto de Protección Radiológica (12).

Ítems evaluados

- 3.9.18 ¿Cuenta con un plan de manejo de residuos radiactivos?
- 3.9.19 ¿La institución cuenta con un sitio para el almacenamiento temporal de los residuos radiactivos?
- 3.9.20 ¿El sitio temporal de residuos radiactivos cuenta con las características físicas para su protección?
- 3.9.21 ¿Se llevan estadísticas de generación y disposición de residuos radiactivos?
- 3.9.22 ¿La institución cuenta con una ruta sanitaria?
- 3.9.23 ¿La ruta sanitaria de la institución identifica la adecuada recolección de residuos radiactivos?
- 3.9.24 ¿Los residuos radiactivos emitidos, están por debajo del límite de emisión anual?
- 3.9.25 ¿La disposición final de los residuos radiactivos se realiza mediante una empresa certificada por el Ministerio de Minas y Energía?
- 3.9.26 ¿La institución garantiza que las medidas de control de vertido de sustancias radiactivas

de una fuente al medio ambiente garantizan las restricciones de dosis establecidas, teniendo en cuenta los lineamientos de la Resolución 181434 de 2002?

4. Descifrando las percepciones ocultas: RadAware una herramienta para evaluar la percepción del riesgo a la exposición a radiaciones ionizantes por parte de los médicos nucleares

La percepción del riesgo se refiere a la evaluación subjetiva que realiza un individuo sobre la probabilidad y las consecuencias de un evento adverso. Esta evaluación no solo se basa en la información objetiva disponible, sino que también está influenciada por factores psicológicos y sociales que pueden distorsionar la percepción del riesgo (43).

En el ámbito de la medicina nuclear, los profesionales se encuentran expuestos a radiación ionizante como parte fundamental de su trabajo diario. Aunque esta exposición es necesaria para llevar a cabo diagnósticos y tratamientos avanzados, también conlleva riesgos potenciales para la salud a corto y largo plazo. Por esta razón, es importante comprender cómo los profesionales perciben y evalúan los riesgos asociados con su trabajo. La percepción del riesgo es esencial para implementar medidas preventivas y garantizar la seguridad ocupacional en las instituciones de salud (44).

Se ha diseñado una herramienta que permita evaluar la percepción del riesgo en relación con la exposición ocupacional a radiación ionizante en las instituciones prestadoras de salud. Este cuestionario ha sido diseñado específicamente para evaluar dicha percepción dentro del contexto de la República de Colombia y debe ser completado por médicos nucleares que ejerzan su profesión dentro del territorio colombiano.

De igual manera, la herramienta brinda las instrucciones para el correcto diligenciamiento, indicando:

- Lea cada pregunta con atención y seleccione la respuesta que mejor refleje su experiencia real.
- Responda todas las preguntas con honestidad y sinceridad, ya que sus respuestas son cruciales para comprender la percepción de los médicos nucleares sobre la exposición a la radiación ionizante.

- Recuerde que no hay respuestas "correctas" o "incorrectas". Todas las respuestas son valiosas y contribuyen a la comprensión general de la experiencia frente a la percepción del riesgo a radiaciones ionizantes de los médicos nucleares.

La herramienta se diseñó utilizando la escala de Likert como método de evaluación de la percepción en términos de los grados de acuerdos y desacuerdos:

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Me es indiferente
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

Para cuantificar las respuestas de la herramienta, se tomó como referencia el cuestionario NOSACQ-50 del Centro Nacional de Investigación para el Medio Ambiente de Trabajo (45).

Es importante tener en cuenta que la herramienta busca comprender la percepción actual de los médicos nucleares sobre la exposición a la radiación ionizante. No se espera que las respuestas reflejen un comportamiento o conocimiento específico sobre la radiación ionizante, sino más bien las opiniones, experiencias y actitudes personales de los participantes.

Se estructura en seis capítulos, los cuales son: conocimiento del riesgo, percepción del riesgo, actitudes hacia el riesgo, comportamientos relacionados con el riesgo, experiencias con el riesgo y contexto laboral y social. Cada sección aborda diferentes aspectos esenciales para comprender cómo los médicos nucleares perciben y manejan los riesgos asociados con su entorno laboral.

Cada uno de los capítulos se dividen en dos grupos: preguntas formuladas de manera positiva y preguntas formuladas de manera negativa como se muestran en la tabla 2.

Tabla 2
Distribución de preguntas positivas y negativas

	Preguntas formuladas de manera positiva	Preguntas formuladas de manera negativa
Conocimiento del riesgo	P1, P3	P2
Percepción del riesgo	P4, P6, P9, P10	P5, P7, P8
Actitudes hacia el riesgo	P11, P14, P15, P16, P17, P18, P19, P20	P12, P13, P21
Comportamientos relacionados con el riesgo	P23, P24, P26	P22, P25
Experiencias con el riesgo	P28, P29	P27
Contexto laboral y social	P30, P33, P34, P35, P39, P41	P31, P32, P36, P37, P38, P40, P42

Fuente: elaboración propia adaptada del cuestionario NOSACQ-50 (45).

La herramienta utiliza una escala de calificación del 1 al 5 para todos los ítems, pero cada respuesta debe ser evaluada según la formulación específica de la pregunta (Tabla 3).

Tabla 3

Puntuación de las preguntas de la herramienta RadAware

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Me es indiferente	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Valoración preguntas formuladas de manera positiva	1	2	3	4	5
Valoración preguntas formuladas de manera negativas	5	4	3	2	1

Fuente: elaboración propia adaptada del cuestionario NOSACQ-50 (45).

Para calcular el promedio de los capítulos, se debe ingresar los valores en la hoja de datos adjunta a la herramienta (45). A partir de los datos recopilados, se calcularán los promedios reales, lo que permite obtener de forma rápida el valor promedio general y el de cada capítulo.

Para interpretar los resultados obtenidos en la herramienta, se deben seguir estas pautas:

- Más de 2,80: nivel alto de percepción del riesgo a la exposición a radiaciones ionizantes por parte de los médicos nucleares.
- Entre 2,60 y 2,80: nivel medio de percepción del riesgo a la exposición a radiaciones ionizantes por parte de los médicos nucleares.
- Menos de 2,59: nivel bajo de percepción del riesgo a la exposición a radiaciones ionizantes por parte de los médicos nucleares.

4.1 Evaluación sobre conocimiento del riesgo

La primera sección, *Conocimiento del riesgo*, aborda un tema crucial para comprender los peligros de la radiación ionizante. Cornacchia (43) destaca la importancia de evaluar el nivel de comprensión de los internos de medicina, incluyendo el origen de la radiación, sus efectos en la salud y las medidas de protección. Lee (46) define el conocimiento del riesgo como la información que una persona tiene sobre los posibles peligros asociados con una situación específica o sustancia, como la radiación. Este conocimiento puede derivar de la educación, la formación académica, la experiencia laboral o la exposición a información relevante.

La falta de conocimiento sobre los riesgos asociados con la radiación ionizante es un tema común en varios campos de la salud. Kennya (47) menciona que existen lagunas en la comprensión de los riesgos, lo que resalta la necesidad de mejorar la comunicación y la educación sobre este tema. Zekioğlu (48) destaca la importancia de la conciencia y el nivel de conocimiento sobre la seguridad radiológica, así como la necesidad de capacitaciones periódicas para mejorar la preparación de los profesionales en este ámbito. Además, Farizwana (49) menciona que los trabajadores médicos radiológicos tienen un conocimiento adecuado sobre la importancia de la protección radiológica y el uso de prendas de protección, pero enfrentan desafíos en la aplicación práctica de este conocimiento debido a factores como la incomodidad de los equipos de protección o la falta de disponibilidad de estos en ciertas situaciones laborales.

Las preguntas buscan determinar si la información disponible es clara y fácil de acceder y si los encuestados se sienten bien informados sobre los peligros y los efectos de la radiación ionizante en su salud.

La comprensión de los riesgos asociados con la radiación ionizante es fundamental para garantizar prácticas seguras y minimizar los posibles efectos adversos para los pacientes y el personal médico. Satish Nair (50) destaca la importancia de comprender los diferentes tipos de radiaciones ionizantes, sus efectos en el cuerpo humano y la variabilidad en la sensibilidad de los órganos y tejidos a la ionización, ya que este conocimiento es fundamental para tomar decisiones informadas en entornos médicos, tecnológicos y ambientales. Además, en el estudio de Maharjan y colaboradores se resalta la importancia de la formación continua en protección contra la radiación para los profesionales de radiología (51) y Caesar Barare también han abordado este tema, destacando la importancia de la educación y la conciencia sobre los riesgos asociados con la radiación ionizante (52).

Ítems:

- 4.1.1 La información sobre el peligro que representa la radiación ionizante es clara y accesible.
- 4.1.2 No tengo un conocimiento claro de los riesgos para mi salud derivado de la exposición a la radiación ionizante.
- 4.1.2 La exposición a radiaciones ionizantes en el trabajo es un riesgo que se puede controlar adecuadamente.

4.2 Evaluación sobre percepción del riesgo

La segunda sección, *Percepción del riesgo*, se refiere a la manera en que los individuos interpretan y valoran los peligros en su entorno, lo cual influye directamente en sus actitudes, comportamientos y decisiones. Diversos estudios han

analizado este concepto en el ámbito de la exposición a la radiación ionizante.

Cornacchia (43) encontró que los internos de medicina en Arabia Saudita tienen una interpretación y valoración particular sobre los riesgos relacionados con la exposición a la radiación, incluyendo su conciencia de los posibles efectos negativos para la salud y su disposición a aplicar medidas de protección adecuadas. Por su parte, Lee (46) señala que la percepción del riesgo se refiere a la evaluación que las personas realizan sobre la magnitud de un riesgo y cómo este podría afectar su bienestar, influenciada por factores como la experiencia previa y el nivel de conocimiento.

Kenny (47) destaca la importancia de abordar las percepciones erróneas y promover una comprensión más precisa de los riesgos reales de la radiación ionizante en relación con los exámenes médicos. Zekioglu (48) hace referencia a cómo los profesionales de la salud perciben el riesgo de exposición a radiación en sus áreas de trabajo, lo cual puede influir en sus actitudes y comportamientos hacia la seguridad radiológica.

Nasr (53) analiza cómo la población percibe los riesgos relacionados con la radiación ionizante, incluyendo la identificación de las fuentes de riesgo más y menos preocupantes. Lakhwani (54) discute cómo los profesionales de la salud en entornos quirúrgicos ortopédicos perciben los riesgos relacionados con la exposición a la radiación, enfatizando la importancia de una percepción precisa para motivar la adopción de medidas de protección.

Finalmente, Koch (55) indica que la percepción del riesgo también es un factor relevante, ya que un porcentaje significativo de médicos remitentes se sienten incómodos al ser cuestionados por sus pacientes sobre los riesgos asociados con la radiación médica. Nair (50) discute cómo las percepciones individuales y colectivas sobre los ries-

gos de la radiación ionizante pueden influir en las actitudes y comportamientos relacionados con la protección radiológica.

Las preguntas buscan entender el nivel de preocupación y percepción de riesgo asociado con la exposición a la radiación ionizante de forma coherente. Esto implica analizar cómo los individuos interpretan y valoran los peligros y riesgos relacionados con la radiación, y cómo estos procesos influyen en sus decisiones y comportamientos.

En resumen, la percepción del riesgo es un proceso complejo que involucra la interpretación y valoración de los peligros y riesgos en el entorno. Esta percepción puede influir significativamente en las decisiones y comportamientos de las personas, especialmente en situaciones donde se enfrentan a riesgos potenciales.

Ítems:

- 4.2.1 La exposición a radiación ionizante en mi trabajo como médico nuclear genera efectos negativos sobre mi salud.
- 4.2.2 El nivel del riesgo para mi salud derivado a la exposición a radiación ionizante en mi trabajo no es elevado.
- 4.2.3 Estoy preocupado por los posibles efectos a largo plazo sobre mi salud derivados de la exposición a la radiación ionizante.
- 4.2.4 La exposición a la radiación ionizante no es un riesgo inevitable de mi trabajo.
- 4.2.5 La frecuencia de exposición a radiaciones ionizantes en mi trabajo no aumenta el riesgo para mi salud.
- 4.2.6 La duración de exposición a radiaciones ionizantes en mi trabajo aumenta el riesgo para mi salud.

4.2.7 La dosis de radiación ionizante recibida en mi trabajo aumenta el riesgo para mi salud.

4.3 Evaluación sobre actitudes hacia el riesgo

La tercera sección, *Actitudes hacia el riesgo*, se refiere a las posturas, creencias y disposiciones que las personas tienen hacia los peligros y riesgos en su entorno. Esta actitud puede influir significativamente en la forma en que las personas se enfrentan y responden a dichos riesgos. Kenya (47) y Farizwana (49), abordan la actitud de las personas hacia el riesgo de la exposición a la radiación ionizante. Kenya menciona que las actitudes de las personas pueden variar y que estas actitudes pueden influir en la forma en que se enfrentan a los riesgos. Sugiere que es crucial abordar las actitudes negativas y fomentar una actitud informada y equilibrada hacia la radiación en entornos médicos. Por su parte, Farizwana revela que las actitudes individuales de los trabajadores influyen en su comportamiento hacia el uso de prendas de protección radiológica. Estas actitudes pueden variar y afectar la adherencia a las medidas de seguridad, lo que resalta la importancia de abordar las percepciones y actitudes de los trabajadores para promover una cultura de seguridad en el entorno laboral.

Las preguntas buscan comprender la disposición de los encuestados a aceptar ciertos niveles de riesgo, su confianza en las medidas de protección y su comportamiento en relación con la utilización de equipos de protección personal y monitoreo. Esto implica evaluar cómo los trabajadores perciben y valoran los riesgos en su entorno laboral, y cómo estos riesgos afectan su comportamiento y decisiones en relación con la protección personal y la seguridad en el trabajo.

En este sentido, Maharjan (51) y Hazem y Mahoma (56) también abordan la actitud hacia el riesgo. Maharjan se refiere a las posturas, creencias y disposiciones que los profesionales y estudiantes de radiología tienen hacia los riesgos asociados con la exposición a la radiación ionizante, lo cual puede influir en la forma en que abordan la protección radiológica. Hazem y Mahoma examinan las actitudes de los internos médicos hacia la radiación, lo que puede afectar su enfoque hacia la protección radiológica y la adopción de medidas de seguridad en su trabajo diario.

Por otro lado, Whitney y Gina M. (57) señalan que, a pesar de la preocupación generalizada por la exposición a la radiación, los anestesiólogos pediátricos no siguen rutinariamente estrategias para limitar esta exposición. Esto sugiere una discrepancia entre la actitud de preocupación y los comportamientos de protección.

Finalmente, Lakhwani, Younger, Jeyasugiththan, Yasser Alasmari y Zervides (54,58) abordan la importancia de las actitudes de los profesionales de la salud hacia la protección radiológica. Lakhwani destaca la importancia de mantener actitudes proactivas y responsables, así como de seguir las pautas y protocolos de protección radiológica. Younger sugiere que las actitudes de los profesionales de la salud pueden influir en su comportamiento y en la adopción de prácticas seguras. Jeyasugiththan, Alasmari y Zervides también se enfocan en las actitudes de los trabajadores de la salud hacia la seguridad radiológica y la adopción de medidas de protección.

En resumen, estos autores coinciden en que la actitud hacia el riesgo, particularmente en el contexto de la exposición a la radiación ionizante, es un factor clave que puede influir en los comportamientos, decisiones y prácticas de seguridad de los profesionales de la salud. Es fundamental abordar las actitudes negativas y fomentar una acti-

tud informada y responsable para promover una cultura de seguridad en el entorno médico.

Ítems:

- 4.3.1 Estoy dispuesto a aceptar un cierto nivel de riesgo de exposición a la radiación ionizante a cambio de los beneficios de mi trabajo.
- 4.3.2 Las medidas de protección utilizadas no me generan confianza para una exposición a radiación ionizante
- 4.3.3 Las barreras físicas plomadas no son suficientes para protegerme de la radiación ionizante en mi entorno de trabajo.
- 4.3.4 Siempre utilizo el dosímetro para monitorear mi exposición a radiaciones ionizantes durante toda mi jornada laboral.
- 4.3.5 Me siento seguro trabajando en medicina nuclear expuesto a radiación ionizante utilizando el delantal de plomo.
- 4.3.6 Me siento seguro trabajando en medicina nuclear expuesto a radiación ionizante utilizando las gafas plomadas.
- 4.3.7 Me siento seguro trabajando en medicina nuclear expuesto a radiación ionizante utilizando los guantes plomados.
- 4.3.8 Me siento seguro trabajando en medicina nuclear expuesto a radiación ionizante utilizando el protector de tiroides.
- 4.3.9 Me siento seguro trabajando en medicina nuclear expuesto a radiación ionizante utilizando el protector de gónadas.
- 4.3.10 Aceptaría extender el tiempo diario de exposición a la radiación ionizante, si se imple-

mentara un plan de compensación equitativo a lo largo de la semana.

- 4.3.11 No informo a mi empleador cada vez que me expongo a una fuente no controlada de radiación ionizante o a una fuente externa a la institución en la que trabajo.

4.4 Evaluación sobre comportamientos relacionados con el riesgo

La cuarta sección, *Comportamientos relacionados con el riesgo*, se centra en las acciones y medidas adoptadas por los médicos para protegerse de la radiación ionizante, incluyendo la adherencia a protocolos de seguridad, el uso de dispositivos de protección, y la implementación de prácticas recomendadas para minimizar la exposición. Kenya (47) destaca la importancia de comprender cómo los comportamientos de las personas están influenciados por su percepción del riesgo y sus actitudes hacia la radiación ionizante. Se enfatiza la necesidad de promover comportamientos seguros y decisiones informadas en relación con los procedimientos radiológicos. Farizwana (49) observa que los trabajadores pueden mostrar preferencias por ciertos tipos de prendas de protección radiológica en función de su comodidad, confianza y necesidades psicológicas. Estas preferencias pueden influir en la elección y uso de equipos de protección, lo que subraya la importancia de considerar las preferencias individuales al promover prácticas seguras en el lugar de trabajo.

Los autores también destacan la importancia de la capacitación y promoción de la protección radiológica en el lugar de trabajo. Maharjan (51) incluye las acciones y prácticas que los individuos llevan a cabo en relación con la protección contra la radiación ionizante, como el uso

adecuado de equipos de protección, la implementación de medidas de seguridad y la adopción de prácticas seguras en entornos radiológicos. Hazem y Mahoma (56), se refieren a las acciones y prácticas que los médicos internos llevan a cabo en relación con la radiación, tales como el uso de medidas de protección y la minimización de la exposición a la radiación ionizante.

Las capacitaciones y actividades de promoción de la protección radiológica influyen, significativamente, en las prácticas laborales. Las preguntas buscan entender cómo estas capacitaciones y actividades influyen en sus prácticas laborales y si consideran efectivas y relevantes las medidas de protección que implementan. Los autores mencionan que las capacitaciones y actividades de promoción de la protección radiológica deben ser efectivas y relevantes para reducir la exposición a la radiación ionizante.

Ítems:

- 4.4.1 La capacitación sobre protección radiológica que recibo no me da información relevante para mi labor como médico nuclear.
- 4.4.2 Las capacitaciones que recibo me aportan para la adopción de medidas de seguridad frente a radiación ionizante.
- 4.4.3 Las medidas de protección radiológica que tomo son efectivas para mí.
- 4.4.4 No considero importante implementar medidas para disminuir mi exposición a la radiación ionizante.
- 4.4.5 Las actividades para promover la protección radiológica en las que he participado son aplicables en mi labor.

4.5 Evaluación sobre experiencias con el riesgo

La quinta sección, *Experiencias con el riesgo*, se refiere a las vivencias previas o presentes de las personas con la radiación ionizante, que pueden influir en su percepción y actitudes hacia el riesgo. Emer Kenya (43) señala que estas experiencias pueden influir en la percepción y actitudes hacia el riesgo, mientras que Siti Farizwana (46) indica que las experiencias de los trabajadores con equipos de protección defectuosos o inadecuados pueden impactar en su percepción de seguridad y bienestar en el entorno laboral. Surendra Maharjan (51) se refiere a las vivencias previas que los profesionales y estudiantes de radiología han tenido en relación con la exposición a la radiación ionizante, lo que puede influir en su percepción, actitudes y comportamientos hacia la protección radiológica.

Las experiencias pasadas o actuales de los profesionales de la salud en Tanzania en relación con la exposición a la radiación ionizante y los posibles efectos adversos experimentados pueden influir en la percepción del riesgo, las actitudes y los comportamientos hacia la seguridad radiológica (59). J. Jeyasugiththan (60) considera las vivencias previas que hayan tenido los enfermeros en situaciones de riesgo relacionadas con la radiación, lo que puede influir en su percepción y manejo de futuras situaciones de riesgo en el ámbito laboral. Yasser Alasmari (61) incluye las experiencias pasadas de los trabajadores de la radiología con situaciones de riesgo radiológico, lo que puede influir en su percepción y conciencia de los peligros asociados con la radiación.

Las preguntas que se evalúan la percepción sobre la gestión de incidentes, la incidencia de efectos negativos en la salud y el nivel de comodidad para discutir preocupaciones con colegas y supervisores permiten obtener una

visión general de la efectividad de los protocolos de seguridad, la prevalencia de problemas de salud y la cultura de comunicación y apoyo dentro de la organización. Estas preguntas permiten evaluar cómo las experiencias previas o presentes de las personas con la radiación ionizante pueden influir en su percepción y actitudes hacia el riesgo, y cómo estas experiencias pueden impactar en la confianza, la disposición a utilizar equipos de protección y la percepción del riesgo.

Ítems:

- 4.5.1 En su institución, cuando se presentan accidentes o incidentes relacionados con la radiación ionizante en el personal expuesto, el manejo no ha sido el adecuado.
- 4.5.2 He experimentado efectos negativos en mi salud potencialmente relacionados con la exposición a la radiación ionizante.
- 4.5.3 Me siento cómodo hablando con mis colegas o supervisores sobre mis preocupaciones relacionadas con la exposición a la radiación ionizante.

4.6 Evaluación sobre contexto laboral y social

La última sección, *Contexto laboral y social*, se refiere a la interacción entre el entorno laboral y social en el que se desenvuelven los profesionales y trabajadores, influenciando en su percepción, comportamiento y experiencias relacionadas con la protección radiológica. Este contexto puede incluir factores como la cultura organizacional, las políticas institucionales, la disponibilidad de recursos, la sobre-

carga laboral y la colaboración entre profesionales. Emer Kenya (47) destaca la importancia de considerar cómo el entorno laboral y social puede influir en la percepción del riesgo y los comportamientos de las personas en relación con la radiación ionizante. Siti Farizwana (49) enfatiza la influencia de la cultura organizacional en las prácticas de protección radiológica, mientras que Surendra Maharjan (51) considera la influencia de factores laborales y sociales en la conciencia, prácticas y decisiones relacionadas con la protección contra la radiación ionizante.

Donald Miller destaca la influencia del contexto laboral y social en la implementación de medidas de protección radiológica y en la promoción de un entorno laboral seguro y saludable (62).

Es por esto, que las preguntas evalúan aspectos como la claridad de las regulaciones, la presión laboral, la colaboración entre profesionales y la confianza en las autoridades. También se considera la disponibilidad de recursos y el monitoreo de exposición a la radiación. Estos factores son fundamentales para entender cómo los profesionales y trabajadores perciben y gestionan los riesgos asociados con la radiación ionizante.

En resumen, los autores coinciden en que el contexto laboral y social es fundamental para entender cómo los profesionales y trabajadores perciben y gestionan los riesgos asociados con la radiación ionizante. Los factores que se consideran incluyen la cultura organizacional, las políticas institucionales, la disponibilidad de recursos, la sobrecarga laboral y la colaboración entre profesionales, así como la claridad de las regulaciones, la presión laboral, la colaboración entre profesionales y la confianza en las autoridades, y la disponibilidad de recursos y el monitoreo de exposición a la radiación.

Ítems:

- 4.6.1 Considero que la normatividad vigente en materia de protección radiológica en Colombia es clara y comprensible
- 4.6.2 En ocasiones me siento presionado para trabajar de forma rápida
- 4.6.3 En ocasiones las exigencias de mi labor me hacen actuar de manera que podría comprometer la seguridad radiológica.
- 4.6.4 Creo que mis informes sobre incidentes o preocupaciones de seguridad radiológica serán tomados en serio e investigados a fondo por mi empleador
- 4.6.5 Considero que existe una buena comunicación y colaboración entre los médicos nucleares, los físicos médicos y los técnicos de radiología en mi lugar de trabajo para garantizar la seguridad radiológica.
- 4.6.6 Considero que las autoridades gubernamentales regulan adecuadamente el uso de la radiación ionizante.
- 4.6.7 Siento que mi empleador no me proporciona los recursos y el apoyo necesarios para protegerme de la exposición a la radiación ionizante.
- 4.6.8 Creo que los resultados del monitoreo de mi exposición a la radiación no son precisos, ni confiables.
- 4.6.9 Mi lugar de trabajo no tiene una cultura de seguridad sólida que promueva la protección radiológica.
- 4.6.10 La gerencia de mi lugar de trabajo está comprometida con la protección radiológica.

- 4.6.11 En mi organización no se ofrece apoyo emocional o psicológico a los médicos nucleares cuando nos sentimos preocupados por la exposición a la radiación ionizante.
- 4.6.12 Creo que puedo confiar en las autoridades gubernamentales para protegerme de la exposición a la radiación ionizante.
- 4.6.13 No estoy satisfecho con el programa de monitoreo y seguimiento de la exposición a la radiación que ofrece mi empleador.

5. Plan de validación de la batería de herramientas

El plan para validar la batería de herramientas diseñadas está basado en un modelo metodológico de validación de instrumentos que incluye las actividades para la validación de: contenido, criterio, constructo, confiabilidad, sensibilidad y factibilidad. A continuación, se detalla un plan para la validación de cada una de las características anteriormente mencionadas.

5.1 Validación de contenido

La validación de contenido asegura que el instrumento cubre adecuadamente el dominio del constructo que se pretende medir.

Actividades:

- *Revisión por Expertos:* Seleccionar un panel de expertos en el área de radiación ionizante y seguridad y salud en el trabajo para revisar los ítems del instrumento.
- *Método de Lawshe:* Aplicar el método de Lawshe para calcular el Índice de Validez de Contenido (cvi) de cada ítem. Un cvi mayor a 0.75 es generalmente aceptado como indicativo de buena validez de contenido(63,64).
- *Revisión y Ajustes:* Basado en el feedback de los expertos, realizar ajustes necesarios a los ítems del instrumento.

5.2 Validación de criterio

La validación de criterio evalúa la eficacia del instrumento comparándolo con un criterio externo que se supone mide el mismo constructo.

Actividades:

- *Selección de Criterio Externo*: Identificar un instrumento validado previamente que mida el mismo constructo o un constructo similar.
- *Correlación de Pearson*: Administrar ambos instrumentos a una muestra representativa y calcular el coeficiente de correlación de Pearson entre los puntajes obtenidos (65).

5.3 Validación de constructo

La validación de constructos evalúa si el instrumento realmente mide el constructo teórico que pretende medir.

Actividades:

- *Análisis Factorial Exploratorio (AFE)*: Realizar un AFE para identificar la estructura subyacente de los ítems y determinar si agrupan en factores coherentes con el constructo teórico (66).
- *Análisis Factorial Confirmatorio (AFC)*: Realizar un AFC para confirmar la estructura factorial identificada en el AFE. Utilizar índices de ajuste como RMSEA, CFI, y TLI para evaluar el modelo (67).

5.4 Confiabilidad

La confiabilidad evalúa la consistencia y estabilidad de los resultados obtenidos con el instrumento.

Actividades:

- Coeficiente Alfa de Cronbach: Calcular el coeficiente Alfa de Cronbach para evaluar la consistencia interna de los ítems. Un valor de alfa mayor a 0.7 es considerado aceptable (68).
- Prueba Test-Retest: Administrar el instrumento a la misma muestra en dos momentos diferentes y calcular la correlación entre los puntajes obtenidos en ambas administraciones para evaluar la estabilidad temporal (69)
-

5.5 Sensibilidad

La sensibilidad evalúa la capacidad del instrumento para detectar cambios o diferencias en el constructo medido.

Actividades:

- Análisis de Sensibilidad: Realizar un análisis de sensibilidad para evaluar cómo los cambios en las condiciones de la muestra afectan los resultados del instrumento. Esto puede incluir la administración del instrumento a subgrupos con diferentes niveles de exposición a radiación ionizante (70).

5.6 Factibilidad

La factibilidad evalúa la practicidad de la administración del instrumento en términos de tiempo, recursos y aceptación por parte de los usuarios.

Actividades:

- *Prueba Piloto*: Realizar una prueba piloto con una muestra pequeña para evaluar la practicidad de la administración del instrumento (71).
- *Feedback de Usuarios*: Recoger feedback de los usuarios sobre la claridad de los ítems, el tiempo requerido para completar el instrumento y cualquier dificultad encontrada durante la administración.

6. Discusión

La exposición a radiación ionizante es un factor de riesgo higiénico significativo para los profesionales de la salud, especialmente para los médicos nucleares. En Colombia, el trabajo con radiaciones ionizantes está catalogado como una tarea de alto riesgo según lo establece el Decreto Ley 2090 de 2003 (5), debido a su potencial para disminuir la expectativa de vida saludable y la necesidad de retiro anticipado de las funciones laborales.

La Resolución 3100 de 2019 del Ministerio de Salud y Protección Social (72), establece los estándares de habilitación de servicios de salud, pero esta no aborda de manera específica el cumplimiento de los controles a la exposición a radiación ionizante. Esta es una brecha que podría ser subsanada mediante la incorporación de la herramienta diseñada en este trabajo.

Se consultó en la página web de la Comisión Nacional de Salud Ocupacional del Sector Salud (73), adscrita a la Dirección General de Riesgos Profesionales del Ministerio de la Protección Social y no fue posible establecer qué tipo de acciones o temáticas abordadas desde esta comisión hay frente a la exposición ocupacional a las radiaciones ionizantes. Si bien el Reglamento de Protección y Seguridad Radiológica (12), establece la obligatoriedad de llevar registros de dosimetrías individuales y enviarlos para actualizar el Registro Centralizado de Dosis Individuales, no se encontró evidencia de la existencia o funcionamiento de dicho registro.

Se encontró una diferencia entre la regulación colombiana y los estándares establecidos por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) en cuanto a la disponibilidad de herramientas específicas para caracterizar los peligros y evaluar la percepción del riesgo en los médicos nucleares(13). Si bien Colombia cuenta con normas en higiene y seguridad y el Reglamento de Protección y Segu-

ridad Radiológica(11,12) no se han desarrollado instrumentos adaptados a esta población trabajadora.

A pesar de que el Plan Decenal para el Control del Cáncer 2012-2021(18) reconoce la radiación ionizante como uno de los principales agentes carcinógenos ocupacionales, no se han promulgado nuevas disposiciones que garanticen el control efectivo de la exposición ocupacional. La herramienta diseñada podría contribuir a subsanar esta condición.

Los datos del CAREX Colombia 2012(17) utilizados para el desarrollo de este documento son poco precisos y no proporcionan información detallada por ocupaciones sobre la cantidad de trabajadores expuestos a radiación ionizante. Esto dificulta la evaluación precisa de los riesgos y la implementación de medidas de protección adecuadas. Es necesario contar con registros actualizados y discriminados por profesiones, como los que existen en países como Canadá y Francia. Adicional es importante resaltar que la última versión se publicó en 2016 con información estadística hasta el 2012, lo que a la fecha significa una ausencia de información superior a 10 años.

Actualmente, no se cuenta con una herramienta que aborde de manera sistemática todos los aspectos relevantes de la evaluación de los controles a la exposición a radiación ionizante, desde los controles en las fuentes y prácticas hasta los controles en el medio y en los trabajadores mismos. Esta evaluación integral es fundamental para tomar decisiones informadas sobre los controles para los médicos nucleares que van más allá de la cotización y el pago de aportes a pensión diferenciados por ser una tarea de alto riesgo.

Además, al incorporar aspectos técnicos y buenas prácticas recomendadas por organismos internacionales como el OIEA (13), la herramienta asegura su alineación con los estándares globales en materia de seguridad radiológica(35). Contar con un sistema nacional de este tipo sería de

gran utilidad para el cumplimiento de los ítems relacionados con el capítulo VI Control de la Exposición médica en la herramienta de evaluación de controles.

El principal aporte de este trabajo es el diseño pionero de una batería de herramientas específicas para abordar los aspectos relevantes de la seguridad radiológica de los médicos nucleares, ya que hasta el momento sólo se encuentran instrumentos enfocados en la seguridad del paciente y no existían instrumentos adaptados al contexto colombiano para la evaluación de los controles de exposición a radiación ionizante y la percepción del riesgo en esta población laboral.

La herramienta diseñada para evaluar los controles de exposición a radiación ionizante se considera útil para que los miembros de la Comisión Nacional de Salud Ocupacional del Sector Salud puedan evaluar los controles frente a la exposición a radiación ionizante en médicos nucleares. Tiene un enfoque integral y abarca todos los niveles de la jerarquía de controles (eliminación, sustitución, controles de ingeniería, administrativos y EPP) (25), lo que la convierte en una herramienta valiosa para identificar fortalezas y debilidades en la implementación de medidas de control en las instituciones de salud.

Por otro lado, la herramienta diseñada para evaluar la percepción del riesgo por exposición a radiación ionizante en médicos nucleares colombianos también representa una contribución significativa. Es el primer instrumento de este tipo desarrollado específicamente para esta población laboral en el contexto colombiano.

Al abordar múltiples dimensiones que influyen en la percepción, como el conocimiento, las actitudes, los comportamientos, las experiencias y el contexto laboral y social, la herramienta ofrece una evaluación integral de este complejo constructo. Además, al utilizar una metodología validada como la escala Likert, se asegura la confiabilidad y

validez de las mediciones. Esta herramienta permitirá identificar el conocimiento frente a la percepción del riesgo y diseñar estrategias de intervención personalizadas, contribuyendo así a mejorar la cultura de seguridad radiológica y promover prácticas más seguras en el entorno laboral de los médicos nucleares.

El instrumento diseñado para evaluar la percepción del riesgo de los médicos nucleares en relación con la exposición a radiación ionizante, se destacan las siguientes ventajas y limitaciones:

Ventajas:

- Está adaptado al contexto colombiano y a las necesidades específicas de los médicos nucleares.
- Aborda múltiples dimensiones relevantes, como el conocimiento del riesgo, la percepción del riesgo, las actitudes, los comportamientos, las experiencias y el contexto laboral y social.
- Utiliza una escala de medición validada (escala Likert) y sigue una metodología rigurosa para su diseño y validación.
- Permite identificar áreas críticas para intervenciones y mejoras en la capacitación y las políticas de seguridad radiológica.

Limitaciones:

- Al ser un instrumento nuevo, requiere un proceso de validación exhaustivo para garantizar su confiabilidad y validez.

- Puede existir cierto sesgo de deseabilidad social en las respuestas de los participantes.
- La percepción del riesgo es un constructo complejo y multidimensional, por lo que puede haber aspectos no contemplados en el instrumento.

En comparación con otros instrumentos de percepción del riesgo como el "Ionizing Radiation Risk Perception Questionnaire - IRRPQ" (74) que se utilizan ampliamente para evaluar la percepción del riesgo en diversas áreas, como la energía nuclear, el cambio climático y la tecnología, y que se aplican a un público general, la principal ventaja de esta herramienta es su enfoque específico en los médicos nucleares y la exposición a radiación ionizante en el contexto colombiano.

Además, su diseño basado en una revisión exhaustiva de la literatura y su proceso de validación planificado contribuyen a su solidez metodológica. Esto la convierte en una herramienta más precisa y adaptada a las necesidades y características de la población objetivo, en comparación con instrumentos más generales.

Sin embargo, es importante destacar que los instrumentos existentes como el IRRPQ (74) han sido ampliamente validados y utilizados en diversos contextos, lo que les confiere una mayor trayectoria y respaldo empírico. Por lo tanto, el instrumento diseñado para evaluar la percepción del riesgo deberá someterse a un riguroso proceso de validación para alcanzar un nivel de confiabilidad y validez comparable.

7. Conclusiones

En este trabajo se ha identificado que a pesar de que la exposición ocupacional a radiación ionizante en Colombia está reglamentada desde el año 1979 con la Resolución 2400, la adaptación del Reglamento de Protección y Seguridad Radiológica se dio en el año 20002 y no aborda la totalidad de elementos de Protección y Seguridad que dispone la Organismo Internacional de Energía Atómica para tal fin, resultando obsoleto en algunos temas como el control de la exposición médica.

La herramienta diseñada "RadiSafe" es pionera en Colombia, ya que aborda de manera general los aspectos cruciales de la seguridad radiológica de los médicos nucleares, al cubrir todos los niveles de la jerarquía de controles, desde la eliminación y sustitución hasta los controles administrativos y de protección personal. Esta herramienta permite identificar fortalezas y debilidades en la implementación de medidas de control a la exposición a radiación ionizante en médicos nucleares.

La herramienta "RadAware" representa una contribución significativa en la práctica de la medicina nuclear al ser el primer instrumento de este tipo desarrollado específicamente para evaluar la percepción del riesgo por exposición a radiación ionizante en Colombia, ya que aborda múltiples dimensiones que influyen en la percepción, como el conocimiento, las actitudes, los comportamientos, las experiencias y el contexto laboral y social.

Los resultados de la investigación frente a la evaluación de percepción del riesgo muestran la dificultad que enfrentan los Higienistas Industriales y Profesionales en Seguridad y Salud en el Trabajo en Colombia, ya que sólo se conocen herramientas generales para la evaluación de cultura y clima de seguridad. Esta herramienta permite ser adaptada a otros profesionales de la salud expuestos a radiación ionizante y ser la guía para la evaluación de los

demás agentes catalogados como cancerígenos en el contexto laboral.

Podemos concluir, a partir del plan para validación propuesto, que estas herramientas cuentan con muchos elementos que pueden ser verificados por paneles de expertos que permitirá identificar y abordar cualquier limitación o mejora durante la aplicación de los instrumentos.

8. Recomendaciones

Es fundamental promover la colaboración entre las diferentes entidades involucradas en la gestión de la radiación ionizante, a fin de fortalecer la coordinación y la efectividad de las acciones de protección radiológica en Colombia, por tanto, se plantean recomendaciones para cada una de ellas.

Entes gubernamentales (Ministerio de Trabajo y Salud)

- Crear y promulgar normativas específicas que aborden la evaluación y control de la exposición a radiaciones ionizantes en médicos nucleares.
- Implementar un sistema nacional de registro de dosis de radiación para monitorear y gestionar la exposición de los trabajadores.
- Establecer programas de capacitación continua en protección radiológica para todos los profesionales de la salud expuestos a radiaciones ionizantes.

Sociedad Colombiana de Medicina Nuclear

- Fomentar la adopción de buenas prácticas en protección radiológica entre sus miembros.
- Apoyar y financiar investigaciones que evalúen la percepción del riesgo y la efectividad de las medidas de protección en el ámbito de la medicina nuclear.
- Facilitar la difusión de información actualizada sobre riesgos y medidas de protección entre los médicos nucleares.

Comisión Nacional

- Coordinar esfuerzos entre diferentes actores involucrados en la protección radiológica para desarrollar políticas y prácticas unificadas.
- Realizar evaluaciones periódicas de las políticas y prácticas de protección radiológica para asegurar su efectividad y adecuación.
- Promover una cultura de seguridad radiológica a través de campañas de sensibilización y educación.

Instituto Nacional de Cancerología

- Desarrollar y apoyar investigaciones sobre los efectos de la radiación ionizante y las mejores prácticas de protección.
- Implementar y actualizar protocolos de seguridad radiológica basados en las últimas evidencias científicas.
- Establecer sistemas de monitoreo y evaluación de la exposición a radiaciones ionizantes en sus instalaciones.

Universidad El Bosque

- Continuar con la validación de los instrumentos desarrollados en el estudio para asegurar su fiabilidad y aplicabilidad.
- Fomentar investigaciones adicionales que aborden la percepción del riesgo y la efectividad de las medidas de protección en diferentes contextos.

- Desarrollar programas de formación específicos en protección radiológica para estudiantes y profesionales de la salud.

Médicos nucleares

- Adoptar y seguir rigurosamente las medidas de protección radiológica recomendadas.
- Participar activamente en programas de capacitación y actualización en protección radiológica.
- Reportar cualquier incidente o exposición no controlada a radiaciones ionizantes para su adecuada gestión y seguimiento.

Higienistas industriales

- Realizar evaluaciones periódicas de los riesgos asociados a la exposición a radiaciones ionizantes en el entorno laboral.
- Asegurar la implementación de controles técnicos y administrativos para minimizar la exposición a radiaciones ionizantes.
- Capacitar y sensibilizar a los trabajadores sobre los riesgos y las medidas de protección necesarias.

Instituciones de Educación Superior

- Incluir contenidos específicos sobre protección radiológica en los programas de posgrado en Medicina Nuclear.
- Fomentar la investigación en el área de protección radiológica y percepción del riesgo.

- Colaborar con otras instituciones y organismos para desarrollar y validar herramientas de evaluación y control de riesgos.

IPS que ofrecen servicios de Medicina Nuclear

- Implementar y mantener protocolos de seguridad radiológica basados en las mejores prácticas y normativas vigentes.
- Establecer sistemas de monitoreo continuo de la exposición a radiaciones ionizantes para todos los trabajadores.
- Proveer capacitación continua en protección radiológica para todo el personal involucrado en procedimientos que impliquen el uso de radiaciones ionizantes.

Referencias

1. González Sprinberg G, Rabin Lema C. Para entender las radiaciones. Energía nuclear, medicina, industria. Facultad de Ciencias U de la R, editor. DIRAC. 2011 [cited 2024 Jun 19]; Available from: https://www.academia.edu/12611138/Para_Entender_las_Radiaciones_AUTORES_Dr_Gabriel_Gonz%C3%A1lez_Sprinberg
2. López Roldán A, Martín C, Tornel Cerezo M, Baiget Pons A, Fernández Rodríguez D. Cuidados relativos a una técnica de angiografía coronaria que minimiza la administración de contraste yodado y la exposición a las radiaciones ionizantes: la angiografía coronaria rotacional. Enfermería en Cardiología [Internet]. 2019 [cited 2024 Jun 19];89-93. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7103599>
3. Burgess L, Roy S, Morgan S, Malone S. A review on the current treatment paradigm in high-risk prostate cancer. Cancers (Basel) [Internet]. 2021 Sep 1 [cited 2024 Jun 19];13(17). Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8428221/>
4. Alert Silva J, Jiménez Medina J, Rodríguez Machado J. Las complicaciones intestinales en los tratamientos por radiaciones ionizantes de los carcinomas del cuello del útero. Estudio en una serie de 1 530 pacientes [Internet]. 1978 [cited 2024 Jun 19]. Available from: <https://revmedicina.sld.cu/index.php/med/article/view/1209#:~:text=En%20una%20serie%20de%201%20530%20pacientes%20procedentes,carcinomas%20cerv%C3%ADcouterino%2C%20aparecieron%20complicaciones%20intestinales%20en%20381%202824%2C8%25%29.>
5. Presidencia de la República. Decreto Ley 2090 de 2003 [Internet]. 2090 Colombia, Colombia: Decre-

- to Ley; Jul 26, 2003. Available from: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=9193>
6. Ministerio de Trabajo. Resolución 312 de 2019 [Internet]. 312 Colombia, Colombia: Resolución; Feb 13, 2019. Available from: <https://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/59995826/Resolucion+0312-2019-+Estandares+minimos+del+Sistema+de+la+Seguridad+y+Salud.pdf>
 7. International Agency for Research on Cancer. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risk to Human. A review of human carcinogens Volume 100 D: Radiation. 2009 [cited 2024 Jun 17]; Available from: <https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Radiation-2012>
 8. Purdue MP, Hutchings SJ, Rushton L, Silverman DT. The proportion of cancer attributable to occupational exposures. *Ann Epidemiol* [Internet]. 2015 Mar 1 [cited 2024 Jun 19];25(3):188-92. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1047279714005109#:~:text=Nonetheless%20the%20majority%20of%20published%20reports%20suggest%20that,in%20developed%20countries%20ranges%20between%202%25%20and%208%25.>
 9. Marant Micallef C, Shield KD, Vignat J, Baldi I, Charbotel B, Fervers B, et al. Cancers in France in 2015 attributable to occupational exposures. *Int J Hyg Environ Health* [Internet]. 2019 Jan 1 [cited 2024 Jun 19];222(1):22-9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30174219/>
 10. Qu C, He R, Hou W, Ye W, Cao H, Zhang H, et al. Global burden of neoplasms attributable to specific

- occupational carcinogens over 30 years: a population-based study. *Public Health* [Internet]. 2023 Oct 1 [cited 2024 Jun 19];223:145-55. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S003335062300272X>
11. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Resolución 2400 de 1979 [Internet]. 2400 Colombia, Colombia: Resolución; May 22, 1979. Available from: <https://webapps.ilo.org/dyn/travail/docs/1509/industrial%20safety%20statute.pdf>
 12. Ministerio de Minas y Energía. Resolución 181434 de 2005 [Internet]. 181434 Colombia, Colombia: Resolución; Dec 5, 2005. Available from: <https://www.minenergia.gov.co/documents/7512/20914-1695.pdf>
 13. Organismo Internacional de Energía Atómica. Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: Normas básicas internacionales de seguridad [Internet]. Austria; 2016. Available from: <http://www-ns.iaea.org/standards/>
 14. American Conference of Governmental Industrial Hygienists ACGIH. Threshold Limit Values TLVs[®] for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices BEIs[®]. ACGIH, editor. Cincinnati; 2024.
 15. Cho SG, Kim J, Song HC. Radiation Safety in Nuclear Medicine Procedures [Internet]. Vol. 51, Nuclear Medicine and Molecular Imaging. Springer Verlag; 2017 [cited 2024 Jun 19]. p. 11-6. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5313457/>
 16. Donya M, Radford M, ElGuindy A, Firmin D, Yacoub MH. Radiation in medicine: Origins, risks and aspirations. *Glob Cardiol Sci Pract* [Internet]. 2014 [cited 2024 Jun 19];2014(4). Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4355517/>

17. Ministerio del Trabajo. Sistema de información sobre la exposición ocupacional a agentes carcinógenos para Colombia Colombia CAREX 2012 Población asegurada [Internet]. 2016 [cited 2024 Jun 19]. Available from: <https://www.fondoriesgoslaborales.gov.co/documents/publicaciones/guias/Colombia%20CAREX.pdf>
18. Ministerio de Salud y Protección Social, Instituto Nacional de Cancerología. Plan Decenal para el Control del Cáncer en Colombia, 2012 – 2021. 2012 [cited 2024 Jun 19]; Available from: https://www.minsalud.gov.co/Documents/Plan-Decenal-Cancer/PlanDecenal_ControlCancer_2012-2021.pdf
19. Minister of Health Canada. Report on occupational radiation exposures in Canada 2008-2018 [Internet]. Ottawa; 2021 [cited 2024 Jun 19]. Available from: <https://publications.gc.ca/site/eng/411512/publication.html>
20. Scialdone García A. Revista de seguridad nuclear y protección radiológica. La Subdirección de Protección Radiológica Operacional, un área del CSN que vela por la seguridad de los trabajadores [Internet]. 2016. Available from: www.csn.es
21. Arjona RH, Piñeiros J, Ayabaca M, Freire FH. Climate change and agricultural workers' health in Ecuador: Occupational exposure to UV radiation and hot environments. *Ann Ist Super Sanita* [Internet]. 2016 [cited 2024 Jun 19];52(3):368-73. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27698295/>
22. Legis. Ámbito Jurídico [Internet]. [cited 2024 Jun 19]. Available from: <https://www.ambitojuridico.com/>
23. Congreso de la República de Colombia, Senado de la República de Colombia. Repositorio jurídico de la Secretaría del Senado [Internet]. [cited 2024 Jun 19]. Available from: <http://www.secretariasenado.gov.co/>

24. Corte Constitucional. Sentencias y jurisprudencia de la Corte Constitucional [Internet]. [cited 2024 Jun 19]. Available from: <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/>
25. Presidencia de la República. Decreto 1072 de 2015 [Internet]. 1072 Colombia, Colombia: Decreto; May 26, 2015. Available from: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=72173>
26. Taniguchi Y, Wakabayashi H, Yoneyama H, Chen Z, Morino K, Otosaki A, et al. Application of a tungsten apron for occupational radiation exposure in nursing care of children with neuroblastoma during ¹³¹I-meta-iodo-benzyl-guanidine therapy. *Sci Rep* [Internet]. 2022 Dec 1 [cited 2024 Jun 19];12(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34996922/>
27. Miszczyk J, Galaś A, Panek A, Kowalska A, Kostkiewicz M, Borkowska E, et al. Genotoxicity Associated with ¹³¹I and ^{99m}Tc Exposure in Nuclear Medicine Staff: A Physical and Biological Monitoring Study. *Cells* [Internet]. 2022 May 1 [cited 2024 Jun 19];11(10). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35626692/>
28. Ministerio de Minas y Energía. Resolución 41226 de 2016 [Internet]. 41226 Colombia, Colombia: Resolución; Dec 16, 2016. Available from: <https://www.minenergia.gov.co/documents/7515/37323-Resolucion-41226-16Dic2016.pdf>
29. Ministerio de salud y protección social. Resolución 482 de 2018 [Internet]. 482 Colombia, Colombia: Resolución; Feb 22, 2018. Available from: https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%20482%20de%202018.pdf
30. Li M, Deng L, Zhou W, Zhao Y, Wang T, Hao S, et al. Trends of occupational exposure to ionizing ra-

- diation in Central China for the period 2000–2021. *Applied Radiation and Isotopes* [Internet]. 2024 Jun 1 [cited 2024 Jun 19];208. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38484590/>
31. Bisio SMR, Vidovich MI. Radiation protection in the cardiac catheterization laboratory [Internet]. Vol. 12, *Journal of Thoracic Disease*. AME Publishing Company; 2020 [cited 2024 Jun 19]. pp. 1648–55. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32395308/>
 32. Chew MT, Jones B, Hill M, Bradley DA. Radiation, a two-edged sword: From untoward effects to fractionated radiotherapy. *Radiation Physics and Chemistry* [Internet]. 2021 Jan 1 [cited 2024 Jun 19];178. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0969806X20303182>
 33. Aristizábal JM. Cardiovascular risk related to ionizing radiation. *Revista Colombiana de Cardiología* [Internet]. 2020 Mar 1 [cited 2024 Jun 19];27:21–4. Available from: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-colombiana-cardiologia-203-articulo-riesgo-cardiovascular-relacionado-con-radiacion-S0120563319302141>
 34. Ministerio de Minas y Energía. Resolución 181475 de 2004 [Internet]. 181475 Colombia, Colombia: Resolución; Nov 12, 2004. Available from: https://www.minenergia.gov.co/documents/7522/RES181475_2004.pdf
 35. Organismo Internacional de Energía Atómica. Protección y seguridad radiológicas en los usos médicos de la radiación ionizante [Internet]. Austria; 2022. Available from: www.iaea.org/es/recursos/normas-de-seguridad
 36. Ribeiro A, Husson O, Drey N, Murray I, May K, Thurston J, et al. Ionising radiation exposure from medical imaging – A review of Patient’s (un) awareness. *Radiography* [Internet]. 2020 May 1 [cited

- 2024 Jun 19];26(2):e25-30. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1078817419301518>
37. Ministerio de Minas y Energía. Resolución 181289 de 2005 [Internet]. 181289 Colombia, Colombia: Resolución; Oct 6, 2005. Available from: https://www.minenergia.gov.co/documents/7521/RES181289_2004.pdf
 38. Zhang X, Chen X, Wang L, Wang A, He C, Shi Z, et al. Protective effects of Yiqi jiedu decoction on ionizing radiation-induced spermatogenic cell injury. *J Ethnopharmacol* [Internet]. 2022 Dec 5 [cited 2024 Jun 19];299. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378874122007206>
 39. Chen Y, Cui J, Gong Y, Wei S, Wei Y, Yi L. MICRORNA: a novel implication for damage and protection against ionizing radiation. 2021 [cited 2024 Jun 19]; Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7854028/>
 40. Wang Q, Xie C, Xi S, Qian F, Peng X, Huang J, et al. Radioprotective effect of flavonoids on ionizing radiation-induced brain damage [Internet]. Vol. 25, *Molecules*. MDPI AG; 2020 [cited 2024 Jun 19]. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33287417/>
 41. Nickoloff JA, Sharma N, Allen CP, Taylor L, Allen SJ, Jaiswal AS, et al. Roles of homologous recombination in response to ionizing radiation-induced DNA damage [Internet]. Vol. 99, *International Journal of Radiation Biology*. Taylor and Francis Ltd.; 2023 [cited 2024 Jun 19]. pp. 903-14. Available from: <https://www-webofscience-com.ezproxy.unbosque.edu.co/wos/woscc/full-record/WOS:000681118300001>
 42. Ministerio de Minas y Energía. Resolución 180005 de 2010 [Internet]. 180005 Colombia, Colom-

- bia: Resolución; Jan 5, 2010. Available from: https://www.minenergia.gov.co/documents/7518/RES180005_2010.pdf
43. Gresko M V., Perchuk I v. PSYCHOPHYSIOLOGICAL FEATURES OF RADIATION RISK PERCEPTION. *Probl Radiac Med Radiobiol* [Internet]. 2021 [cited 2024 Jun 19];26:371-97. Available from: "https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34965561/ 10.33145/2304-8336-2021-26-371-397"
 44. International Labour Organization (ILO). Percepción del riesgo [Internet]. 2011 [cited 2024 Jun 17]. Available from: <https://iloencyclopaedia.org/es/part-viii-12633/safety-policy-and-leadership/item/986-risk-perception>
 45. Gravseth HM, Holte KA, Kines P, Lappalainen J, Mikkelsen KL, Olsen A, et al. Cuestionario Nórdico sobre seguridad en el trabajo [Internet]. 2020 [cited 2024 Jun 17]. Available from: <https://nfa.dk/vaerktoejer/spoergeskemaer/safety-climate-questionnaire-nosacq-50/>
 46. Lee Y, Choi yy, Yang M, Jin YW, Seong KM. Risk perception of radiation emergency medical staff on low-dose radiation exposure: Knowledge is a critical factor. *J Environ Radioact* [Internet]. 2021 Feb 1 [cited 2024 Jun 19];227. Available from: <https://www.sciencedirect-com.ezproxy.unbosque.edu.co/science/article/pii/S0265931X20307487/pdff-t?md5=499fb1ee506c360a53f69add735bac08&pid=1-s2.0-S0265931X20307487-main.pdf>
 47. Kenny E, Byrne B, Lewis M, King DM. Perception of medical radiation risk in Ireland: Results of a public survey. *Physica Medica* [Internet]. 2019 Dec 1 [cited 2024 Jun 19];68:96-103. Available from: <https://www.sciencedirect-com.ezproxy.unbosque.edu.co/science/article/pii/S112017971930482X/pdff->

- t?md5=93825e1551743172bfe582d2fc435708&pid=1-s2.0-S112017971930482X-main.pdf
48. Zekioğlu A, Parlar Ş. Investigation of awareness level concerning radiation safety among health-care professionals who work in a radiation environment. *J Radiat Res Appl Sci* [Internet]. 2021 Dec [cited 2024 Jun 19];14(1):1-8. Available from: <https://www.sciencedirect-com.ezproxy.unbosque.edu.co/science/article/pii/S1687850722000012/pdf?t?md5=00f925f0d18773ba5b69b1e646ea5043&pid=1-s2.0-S1687850722000012-main.pdf>
 49. Mohd Ridzwan SF, Bhoo-Pathy N, Isahak M, Wee LH. Perceptions on radioprotective garment usage and underlying reasons for non-adherence among medical radiation workers from public hospitals in a middle-income Asian setting: A qualitative exploration. *Heliyon* [Internet]. 2019 Sep 1 [cited 2024 Jun 19];5(9). Available from: <https://www.sciencedirect-com.ezproxy.unbosque.edu.co/science/article/pii/S2405844019361389/pdf?t?md5=346a8ab492034847d537ebfcce39a1de&pid=1-s2.0-S2405844019361389-main.pdf>
 50. Nair S. Understanding the risks of ionizing radiation exposure: a case of dichotomy between science and policy. In: *Biological and Environmental Hazards, Risks, and Disasters, Second Edition* [Internet]. Elsevier; 2023 [cited 2024 Jun 19]. pp. 481-97. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128205099000150>
 51. Maharjan S, Parajuli K, Sah S, Poudel U. Knowledge of radiation protection among radiology professionals and students: A medical college-based study. *Eur J Radiol Open* [Internet]. 2020 Jan 1 [cited 2024 Jun 19];7. Available from: <https://www.sciencedirect-com.ezproxy.unbosque.edu>

- co/science/article/pii/S2352047720300769/pdf-t?md5=b3a769e69147ab19bb9ee0bf94e0c74e&pid=1-s2.0-S2352047720300769-main.pdf
52. Barare C, Odongo J. Awareness on Ionizing Radiation among Non Radiation Healthcare Workers at Teaching and Referral Hospital in East Africa. *J Med Imaging Radiat Sci* [Internet]. 2022 Dec [cited 2024 Jun 19];53(4):S16-7. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1939865422004349>
 53. Nasr RY, Barnawi RA, Radi ON, Wazzan M, Batawil N, Khashoggi K, et al. Analysis of public perception about ionizing radiation. *Radioprotection*. 2019 Oct;54(4):289-93.
 54. Lakhwani OP, Dalal V, Jindal M, Nagala A. Radiation protection and standardization [Internet]. Vol. 10, *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*. Elsevier B.V.; 2019 [cited 2024 Jun 19]. pp. 738-43. Available from: <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.unbosque.edu.co/science/article/pii/S097656621830167X>
 55. Koch GGV, Engel-Hills P, Friedrich-Nel H. Individual patient radiation dose tracking: Perceptions of radiographers in South Africa. *Radiography* [Internet]. 2024 May 1 [cited 2024 Jun 19];30(3):1014-20. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1078817424000981>
 56. Hazem M, Al Murawhan B, Al Saeed KFUH AA, Al-Omran QA, Qusay Al Murawhan B, Al Omran AA, et al. Perception of Radiation Hazards by Medical Interns in Eastern Providence [Internet]. Vol. 10, *International Journal of Pharmaceutical and Phytopharmacological Research*. 2020 [cited 2024 Jun 19]. Available from: <https://www-webofscience-com>.

- ezproxy.unbosque.edu.co/wos/woscc/full-record/wos:000603633300008
57. Whitney GM, Thomas JJ, Austin TM, Fanfan J, Yaster M. Radiation Safety Perceptions and Practices among Pediatric Anesthesiologists: A Survey of the Physician Membership of the Society for Pediatric Anesthesia. *Anesth Analg* [Internet]. 2019 Jun 1 [cited 2024 Jun 19];128(6):1242-8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31094794/>
 58. Zervides C, Sassis L, Kefala-Karli P, Christou V, Derlagen A, Papapetrou P, et al. Assessing radiation protection knowledge in diagnostic radiography in the Republic of Cyprus. A questionnaire survey. *Radiography*. 2020 May 1;26(2):e88-93.
 59. Younger CWE, Wagner MJ, Douglas C, Warren-Forward H. Describing ionising radiation risk in the clinical setting: A systematic review. *Radiography* [Internet]. 2019 Feb 1 [cited 2024 Jun 19];25(1):83-90. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.radi.2018.11.002>
 60. Jeyasugiththan J, Dissanayake DMTPB, Kohombakadawala IMCWB, Satharasinghe DM. Assessment of the awareness of radiation protection and related concepts among nursing staff mainly working in diagnostic imaging units, cath-labs and operation theatres in Sri Lanka: A survey-based study. *Radiography* [Internet]. 2023 Mar 1 [cited 2024 Jun 19];29(2):319-26. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.radi.2023.01.002>
 61. Alasmari Y, Alnowami MR, Alkhateeb SM, Djouider F. Assessment of radiographers' understanding of radiation safety and their occupational radiation exposure in the Asir region of Saudi Arabia. *Radiation Physics and Chemistry* [Internet]. 2023 Nov 1

- [cited 2024 Jun 19];212. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2023.111148>
62. Miller DL. Make Radiation Protection a Habit. *Tech Vasc Interv Radiol* [Internet]. 2018 Mar 1 [cited 2024 Jun 19];21(1):37. Available from: <https://doi.org/10.1053/j.tvir.2017.12.008>
 63. Arregui Eaton IG, Chaparro Caso López AA, Cordero Arroyo G. El índice de validez de contenido (ivc) de Lawshe, para la obtención de evidencias de validez de contenido en la construcción de un instrumento. In: Universidad de Guadalajara, editor. *Prácticas de investigación aplicada a contextos educativos* [Internet]. 1st ed. Guadalajara; 2017 [cited 2024 Jun 17]. pp. 69-96. Available from: [18/06/2024https://editorial.udg.mx/gpd-practicas-de-investigacion-aplicada-a-contextos-educativos.html](https://editorial.udg.mx/gpd-practicas-de-investigacion-aplicada-a-contextos-educativos.html)
 64. Agustin Barrios NG. Validación de instrumento que evalúa habilidades investigativas y herramientas tecnológicas para investigación. *Revista Científica del Sistema de Estudios de Postgrado de la Universidad de San Carlos de Guatemala* [Internet]. 2023 Nov 14 [cited 2024 Jun 19];6(2):131-42. Available from: https://www.researchgate.net/publication/375644854_Validacion_de_instrumento_que_evalua_habilidades_investigativas_y_herramientas_tecnologicas_para_investigacion
 65. Lalinde H, Diego J, Castro E, Rangel C, Gerardo J, Sierra T, et al. Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones. 2018; Available from: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?>
 66. Lloret-Segura S, Ferreres-Traver A, Hernández-Baeza A, Tomás-Marco I. El análisis factorial exploratorio de los ítems: Una guía práctica, revisada y actualizada. *Anales de Psicología* [Internet]. 2014 [cited

- 2024 Jun 19];30(3):1151-69. Available from: <https://psycnet.apa.org/record/2014-40212-041>
67. Manuel Batista-Foguet J, Coenders G, Alonso J. Análisis factorial confirmatorio. Su utilidad en la validación de cuestionarios relacionados con la salud. *Med Clin (Barc)* [Internet]. 2004 [cited 2024 Jun 19];122:21-8. Available from: <https://www.elsevier.es/es-revista-medicina-clinica-2-articulo-analisis-factorial-confirmatorio-su-utilidad-13057542>
 68. Quero Virla M. Confiabilidad y coeficiente Alpha de Cronbach. 1997 [cited 2024 Jun 19];12(2):248-52. Available from: https://www.researchgate.net/publication/228778515_Confiabilidad_y_coeficiente_Alpha_de_Cronbach
 69. Berchtold A. Test-retest: Agreement or reliability? *Method Innov* [Internet]. 2016 [cited 2024 Jun 19];9. Available from: https://www.researchgate.net/publication/309099517_Test-retest_Agreement_or_reliability
 70. Blabia D, Pujolar D, Martínez J. Análisis de sensibilidad. 2013 [cited 2024 Jun 19]; Available from: https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/68705/4/Optimizaci%C3%B3n_M%C3%B3dulo%20_An%C3%A1lisis%20de%20sensibilidad.pdf
 71. Pronovost PJ, Berenholtz SM, Ngo K, McDowell M, Holzmueller C, Haraden C, et al. Developing and Pilot Testing Quality Indicators in the Intensive Care Unit. *J Crit Care* [Internet]. 2003 [cited 2024 Jun 19];18(3):145-55. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14595567/>
 72. Ministerio de Salud y Protección Social. Resolución 3100 de 2019 [Internet]. Colombia: Resolución; Nov 25, 2019. Available from: https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%203100%20de%202019.pdf

73. Ministerio de la Protección Social. Comisión Nacional de Salud Ocupacional del Sector Salud [Internet]. [cited 2024 Jun 19]. Available from: <https://www.fondoriesgoslaborales.gov.co/comision-sector-salud/>
74. Perko T, Raskob W, Jourdain JR. Improved communication, understanding of risk perception and ethics related to ionising radiation. In: Journal of Radiological Protection [Internet]. Institute of Physics Publishing; 2016 [cited 2024 Jun 19]. p. E15–22. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27272146/>

Investigaciones en salud y trabajo

Facultad de Medicina

Año 5, abril-junio 2026, ISSN: 2954-6044

Grupo de investigación Salud, Ser Humano y Trabajo

n.º 18

Batería de herramientas
para la caracterización
de los peligros inherentes
a la exposición a radiación
ionizante en médicos
nucleares en Colombia

Fue editado y publicado por la Editorial Universidad El Bosque
Junio de 2026
Bogotá, Colombia

Para esta edición, se usaron las familias tipográficas:
Ancizar Serif de 10 a 50 puntos.
El formato de este ejemplar es de 14,5 x 21 cm.

