Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua

Centro de Investigaciones y Estudios de la Salud

CIES/UNAN-MANAGUA

Maestría en Salud Ocupacional

EVALUACIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO QUE INFLUYEN EN LA DOSIS EN EL CRISTALINO DEL PERSONAL OCUPACIONALMENTE EXPUESTO DE HEMODINAMIA EN LOS SERVICIOS DE IMAGENOLOGÍA EN TRES HOSPITALES DE MANAGUA, PERÍODO 2023-2024.

Autor: Lic. Josselyn Suyen Mendoza Corea

Tutor: MSc. Andrea Marcela Castillo Arias

Managua, Nicaragua 2024

ÍNDICE

DEDICATORIA I

AGRADECIMIENTOS II

CARTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR III

RESUMEN IV

I. INTRODUCCIÓN 1

II. ANTECEDENTES 2

III. JUSTIFICACIÓN 4

IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 5

V. OBJETIVOS 6

VI. MARCO TEÓRICO 7

VII. HIPOTESIS 25

VIII. DISEÑO METODOLÓGICO 26

- **ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN** 26
- **TIPO DE ESTUDIO** 26
- **ÁREA DE ESTUDIO** 26
- **UNIVERSO** 26
- **MUESTRA** 26
- **UNIDAD DE ANÁLISIS** 27
- **CRITERIOS DE SELECCIÓN** 27
- **VARIABLES DE ESTUDIO** 28
- **FUENTES DE INFORMACIÓN** 29
- **TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS** 29
- **INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS** 30
- **PLAN DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO** 30
- **PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN** 31
- **SESGOS Y CONTROL** 31
- **LIMITACIONES DEL ESTUDIO** 31
- **CONSIDERACIONES ÉTICAS** 32
- **TRABAJO DE CAMPO** 33

IX. RESULTADOS 34

X. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS 75

XI. CONCLUSIONES 79

XII. BIBLIOGRAFÍA 82

ANEXOS 85

DEDICATORIA

A mis padres, quienes con su amor incondicional y apoyo constante me han enseñado el valor de la perseverancia y la dedicación. Gracias por impulsarme a seguir adelante en cada paso de este camino.

A mis amigos, por su ánimo, su complicidad y las conversaciones llenas de entusiasmo que me han inspirado a superar cada reto.

A mis profesores y mentores, por su guía, paciencia y sabiduría, que han sido fundamentales en mi formación y crecimiento personal.

Finalmente, a todos aquellos que, de una u otra manera, contribuyeron en este proyecto, haciendo posible que hoy sea una realidad.

Josselyn Suyen Mendoza Corea

AGRADECIMIENTOS

Al concluir esta etapa de mi formación, quiero expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas y entidades que contribuyeron a hacer este trabajo posible.

Quiero expresar mi gratitud a quienes, con su conocimiento, orientación y paciencia, me guiaron en cada etapa de esta investigación, aportando su experiencia y compartiendo su sabiduría, que fue fundamental para completar esta investigación.

A mis compañeros de estudio, por su apoyo constante y por los momentos de reflexión y motivación compartidos, que me recordaron la importancia de la colaboración y la amistad en el proceso académico.

A mi familia, cuyo apoyo incondicional y confianza en mí fueron siempre mi fuente de fortaleza y motivación, permitiéndome enfrentar cada reto con optimismo y perseverancia.

Finalmente, agradezco a todos aquellos que contribuyeron, de manera directa o indirecta, en esta etapa de mi formación. Su aliento y respaldo han sido esenciales en la culminación de este esfuerzo.

Josselyn Suyen Mendoza Corea

CARTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA

CENTRO DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS DE LA SALUD

UNAN-Managua/CIES

CARTA AVAL DEL TUTOR

Por este medio hago constar que luego de haber acompañado en las diferentes etapas del proceso de elaboración de tesis, el informe final de investigación de tesis se encuentra conforme a lo que establece la guía metodológica para elaborar tesis de posgrado del CIES-UNAN Managua. Así como el cumplimiento del reglamento del sistema de estudios de posgrado y educación continua SEPEC- UNAN-MANAGUA. Aprobado por el Consejo Universitario en sesión ordinaria No. 21-2011, del 07 de octubre 2011. De acuerdo con el capítulo II sección primera, Artículo 97, inciso D y título II, Articulo 107. Inciso G. los cuales hacen referencia de la aprobación del tutor o director de tesis como requisito para proceder con el acto de defensa.

A continuación, se detallan los datos generales de la tesis:

- Nombre del programa de Maestría: Salud Ocupacional
- Sede y cohorte: Managua, 2022-2024
- Nombre del Maestrando: Josselyn Suyen Mendoza Corea
- Nombre del tutor: Andrea Marcela Castillo Arias

Título de la tesis: EVALUACIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO QUE INFLUYEN EN LA DOSIS EN EL CRISTALINO DEL PERSONAL OCUPACIONALMENTE EXPUESTO DE HEMODINAMIA EN LOS SERVICIOS DE IMAGENOLOGÍA EN TRES HOSPITALES DE MANAGUA, PERÍODO 2023-2024.

Dado en la ciudad de Managua, Nicaragua, a los 20 días del mes de noviembre del año 2024.

Andrea Castillo

Atentamente,

MSc. Andrea Marcela Castillo Arias

Físico Médico

RESUMEN

Objetivo: Evaluar los factores de riesgo que influyen en las dosis en el cristalino del personal ocupacionalmente expuesto de hemodinamia en los servicios de imagenología en tres hospitales de Managua, período 2023-2024.

Diseño metodológico: Esta investigación se realizó mediante la aplicación del enfoque cuantitativo. La presente investigación se establece por medio de un diseño cuasiexperimental. Según el nivel inicial de profundidad del conocimiento es descriptivo y por el alcance de sus resultados es de tipo correlacional. De acuerdo con tiempo de ocurrencia de los hechos y registro de la información el estudio es longitudinal. La cantidad total de Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos en los servicios de Hemodinamia en los hospitales de Managua es de 54 para el año 2023, lo que constituye el universo de esta investigación. Se realizó una selección de muestra no probabilística por conveniencia, se tomó como muestra un total de 29 trabajadores.

Resultados: Los resultados revelan que, aunque se aplican medidas de protección, persisten riesgos significativos de exposición. Se encontraron correlaciones entre la dosis media en el cristalino para ambos ojos y las técnicas utilizadas en los procedimientos como la cineangiografía. Se demostró que existe una correlación entre la dosis medida del ojo izquierdo y la no utilización de las mamparas plomadas. Para el ojo derecho se encontró correlación entre la dosis y la profesión de los trabajadores.

Conclusiones: Se concluye que, aunque existen correlaciones importantes entre algunos factores y la dosis, estas dosis se encuentran dentro de los limites anuales de 20mSv. Se sugiere continuar monitoreando las dosis del cristalino del personal que trabaja en las áreas de hemodinamia para que las instituciones puedan evaluar y, de ser necesario, reforzar las medidas de protección radiológica para el personal, especialmente para aquellos que manejan procedimientos que involucran exposiciones más altas.

Palabras claves: dosimetría externa, cristalino, intervencionismo, trabajador ocupacionalmente expuesto

I. INTRODUCCIÓN

A partir de la década de los noventa, ha habido un creciente interés en el tema de las dosis ocupacionales al cristalino. Esto se debe a los informes cada vez más frecuentes del personal que trabaja en los departamentos de hemodinamia y cardiología, los cuales presentan cataratas y opacidades en el ojo. Se considera que existe una dosis umbral de 0,5 Gy, por encima del cual se pueden desarrollar cataratas. Se ha establecido un límite de dosis ocupacional de 20 mSv/año (ICRP, 2011). Por esta razón, resulta fundamental realizar una estimación de dosis en el cristalino del personal que trabaja en estos entornos.

A nivel nacional, el Laboratorio de Dosimetría Externa (LDE) del Centro de Investigación de Física de Radiaciones y Metrología (CIF-RAM) ubicado en la UNAN-Managua es el único prestador de servicio en la actualidad que ofrece la posibilidad de monitorear las dosis en cristalino de los trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOE) en las áreas de radiología intervencionista. En el país existen 255 instituciones que solicitan/cuentan con el servicio de dosimetría externa que ofrece el LDE, de las cuales 8 realizan prácticas de radiología intervencionista en Managua, lo cual corresponde a un total aproximado de 54 trabajadores ocupacionalmente expuestos en esta área.

El propósito fundamental de esta investigación fue evaluar las condiciones laborales del personal de hemodinamia en los servicios de imagenología. Esto proporcionó una visión más amplia en las prácticas de protección radiológica del personal expuesto debido a que hasta el momento el monitoreo individual se ha centrado solamente en dosimetría de cuerpo entero y extremidades. Mediante esta investigación se procuró concientizar sobre los riesgos radiológicos y promover prácticas seguras en el uso de la radiación ionizante.

Este estudio no solo pretendió cuantificar la exposición a la radiación, sino también evaluar las prácticas laborales de este grupo de profesionales con el objetivo de identificar posibles elementos o situaciones de riesgo que influyan en las dosis recibidas en el cristalino.

II. ANTECEDENTES

Vecchia y colaboradores (2020), en Italia, llevaron a cabo un estudio de caso utilizando dosimetría Hp(3) para evaluar el riesgo de catarata ocupacional en trabajadores de la salud expuestos a radiación ionizante, con especial énfasis en cardiólogos intervencionistas. Los resultados indican una relación dosis-respuesta significativa entre la exposición a radiación y la prevalencia de opacidades oculares, en particular opacidades subcapsulares posteriores, que son un indicador temprano de daño ocular. Este estudio resalta la necesidad de medidas de protección y monitoreo en personal expuesto para reducir el riesgo de efectos adversos a largo plazo.

Pereira Barbosa y colaboradores (2019) en Brasil llevaron a cabo un estudio piloto con dosimetría de cristalino Hp(3) en un centro de cardiología, evaluando la prevalencia de opacidades del cristalino en cardiólogos intervencionistas y otros profesionales del área de hemodinamia. Los resultados muestran que el 75,2% del personal estudiado eran médicos, y que el 33% de ellos presentaban cataratas, predominando la catarata subcapsular posterior con un 13% de incidencia. Este estudio subraya la importancia de monitorear la exposición a radiación y tomar medidas preventivas en personal médico de alto riesgo.

Jaramillo Garzón y colaboradores (2019), en Colombia, investigaron la exposición ocupacional en cardiología intervencionista mediante dosimetría personal Hp(3). Encontraron que las dosis ocupacionales en este grupo profesional pueden superar los límites recomendados de dosis efectiva y de cristalino si no se emplean adecuadamente los elementos de radioprotección, como gafas y mamparas plomadas. Además, prácticas radiográficas inadecuadas durante los procedimientos aumentan el riesgo de sobreexposición. Este estudio destaca la importancia de la correcta implementación de medidas de protección radiológica y de optimizar las técnicas radiográficas en este ámbito.

Mamoru Kato, Koichi Chida y colaboradores (2019), en Japón, en su estudio realizado se midió directamente la dosis en el cristalino de tres médicos neurointervencionistas durante 6 meses, mostrando que sus dosis promedio por caso son menores que las de los cardiólogos intervencionistas. Se observó que las gafas de radioprotección (0,07 mm de Pb) reducen la dosis en el cristalino en un 60%. Sin embargo, los dosímetros de cuello tipo glass badge tienden a sobreestimar la dosis, aunque presentan buena correlación con las mediciones del dosímetro ocular DOSIRIS™. Este análisis subraya la necesidad de utilizar dosímetros específicos como el DOSIRIS™ para evaluar correctamente la dosis en el cristalino de médicos neurointervencionistas.

Castro, A., Martínez y colaboradores (2019), en Argentina, investigaron los valores de dosis en el cristalino para el personal de procedimientos intervencionistas donde encontraron que estos dependen del tipo de estudio y la ubicación en la sala. Los resultados muestran que las dosis pueden ser significativas, especialmente considerando la carga de trabajo del personal expuesto. Los investigadores recomendaron modificar el programa de vigilancia radiológica para incluir el monitoreo periódico de la dosis en el cristalino, mediante el uso de dosímetros TLD cerca de los ojos o un dosímetro adicional fuera del delantal. Además, de revisar los procedimientos operacionales e incorporar medios de protección complementarios, como pantallas protectoras y gafas con blindaje lateral. También se sugirió implementar un programa de vigilancia médica especial que incluya chequeos oftalmológicos periódicos para los trabajadores ocupacionalmente expuestos.

III. JUSTIFICACIÓN

Existen evidencias científicas que demuestran que el personal de Hemodinamia, como parte integral de los servicios de imagenología, están expuestos a radiación ionizante durante la realización de procedimientos invasivos y diagnósticos, tales como angiografías, cateterismos cardíacos y otras técnicas intervencionistas. La exposición a la radiación en el cristalino puede ocurrir debido a la cercanía del área de trabajo con el haz de rayos X y la falta de protección adecuada.

Evaluar los elementos o las condiciones inherentes a las prácticas de hemodinamia posibilita la identificación y comprensión de la influencia de factores de riesgo durante la exposición del personal tales como los relacionados a la operación, métodos y tiempo de trabajo, tipos de técnicas utilizadas en los estudios de hemodinamia y los aspectos propios a las instalaciones de trabajo, entre otros. Esto es de vital importancia para la mejora de las medidas de protección radiológica, la optimización de la seguridad en el entorno laboral y la promoción de la salud ocupacional de los profesionales que trabajan en este ámbito específico de la imagenología e intervencionismo.

Este estudio permite la implementación del monitoreo individual del personal ocupacionalmente expuesto a radiaciones ionizantes en salas de hemodinamia en tres hospitales de Managua a través de dosímetros termoluminiscentes específicamente calibrados para este fin, además de identificar los factores sociolaborales las cuales pueden ser factores de riesgo que influyen en la dosis en el cristalino del personal expuesto. Los resultados de esta investigación asentaran una base de dosis en cristalino que ayudara a desarrollar estrategias para reducir estas dosis y así disminuir la probabilidad de aparición de enfermedades ocupacionales.

IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El personal que trabaja en Hemodinamia se enfrenta a exposición constante de radiación ionizante, la cual puede tener efectos perjudiciales en el cristalino, como la formación de cataratas. Para monitorear la dosis en el cristalino, se requiere un sistema calibrado con instrumentos de medición adecuados. En Nicaragua, el CIF-RAM de la UNAN-Managua es la única institución con un sistema dosimétrico calibrado para este propósito.

No obstante, aún no se han recibido solicitudes de monitoreo individual para el cristalino, lo que impide contar con una base de datos para la vigilancia radiológica en esta área. La disponibilidad de estos datos sería esencial para evaluar las dosis de radiación que reciben los trabajadores y analizar factores laborales que puedan influir en su exposición, permitiendo tomar medidas preventivas. Esto plantea la siguiente pregunta de investigación:

"¿Cuáles son los factores de riesgo que influyen en la dosis en cristalino del personal ocupacionalmente expuesto de hemodinamia en los servicios de imagenología en tres hospitales de Managua, período 2023-2024?"

Así mismo se plantean las siguientes preguntas directrices:

1. ¿Cuáles son los factores sociolaborales del personal ocupacionalmente expuesto de hemodinamia en los servicios de imagenología en tres hospitales de Managua, período 2023-2024?

2. ¿Cuáles son las dosis recibidas en cristalino a causa de la exposición a radiación ionizante del personal ocupacionalmente expuesto de hemodinamia en los servicios de imagenología en tres hospitales de Managua, período 2023-2024?

3. ¿Cuál son las correlaciones entre los factores sociolaborales y las dosis en cristalino del personal ocupacionalmente expuesto de hemodinamia en los servicios de imagenología en tres hospitales de Managua, período 2023-2024?

V. OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar los factores de riesgo que influyen en las dosis en el cristalino del personal ocupacionalmente expuesto de hemodinamia en los servicios de imagenología en tres hospitales de Managua, período 2023-2024.

Objetivos Específicos

1. Describir los factores sociolaborales del personal ocupacionalmente expuesto de hemodinamia en los servicios de imagenología en tres hospitales de Managua, período 2023-2024.

2. Estimar las dosis en cristalino del personal ocupacionalmente expuesto de hemodinamia en los servicios de imagenología en tres hospitales de Managua, período 2023-2024.

3. Establecer las correlaciones entre los factores sociolaborales y las dosis en cristalino reportadas del personal ocupacionalmente expuesto de hemodinamia en los servicios de imagenología en tres hospitales de Managua, período 2023-2024.

VI. MARCO TEÓRICO

Radiaciones Ionizantes

La radiación ionizante es un tipo de radiación con una energía capaz de arrancar electrones de los átomos o moléculas. Por ende, cuando este tipo de radiación interactúa con la materia o los seres vivos se producen cambios a nivel atómico. Dichos cambios suelen implicar la producción de "iones" (átomos o moléculas con carga eléctrica); de ahí el término de radiación "ionizante" (Andrea Galindo del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), 2022).

A dosis elevadas, la radiación ionizante puede dañar las células o los órganos de nuestros cuerpos o, incluso, ser letal. Pero, si se la emplea correctamente a dosis adecuadas y con las debidas medidas de protección, este tipo de radiación tiene muchos usos positivos, para la producción de energía, el sector industrial, la investigación y el diagnóstico y tratamiento de varias enfermedades, como el cáncer (Andrea Galindo del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), 2022).

En medicina, el uso de radiaciones ionizantes se centra en la aplicación de técnicas de radiodiagnóstico, radioterapia y medicina nuclear (CSN, 2009):

- El radiodiagnóstico comprende el conjunto de procedimientos de visualización y exploración de la anatomía humana mediante imágenes. Algunas de estas aplicaciones son la obtención de radiografías mediante rayos X para identificar lesiones internas, el uso de radioisótopos en la tomografía computarizada para generar imágenes tridimensionales del cuerpo humano, la fluoroscopia y la radiología intervencionista, que permite el seguimiento visual de determinados procedimientos quirúrgicos.
- La radioterapia permite destruir células y tejidos tumorales aplicándoles altas dosis de radiación.
- La medicina nuclear es una especialidad médica que incluye la utilización de material radiactivo en forma no encapsulada para diagnóstico, tratamiento e investigación.

- En el ámbito industrial, las aplicaciones de las radiaciones ionizantes son muchas y muy variadas. La industria aprovecha la capacidad que tienen las radiaciones para atravesar los objetos y materiales y el hecho de que cantidades insignificantes de radionucleidos pueden medirse rápidamente y de forma precisa proporcionando información exacta de su distribución espacial y temporal.

Las aplicaciones de las radiaciones ionizantes son variadas en el área médica, sin embargo, en este estudio se centra específicamente en el área de hemodinamia, debido a la dinámica de trabajo del personal ocupacionalmente expuesto y las largas horas de exposición a radiaciones ionizantes lo cual a largo plazo podría producir efectos nocivos en la salud.

Radiología intervencionista

La radiología intervencionista es una especialidad médica que utiliza técnicas de imagen para guiar procedimientos médicos mínimamente invasivos. Estos procedimientos se realizan en tiempo real, permitiendo a los médicos visualizar y tratar afecciones dentro del cuerpo sin necesidad de cirugía abierta. La radiología intervencionista se basa en diversas modalidades de imagen, como la fluoroscopia, la tomografía computarizada (TC) y la ecografía, para guiar la colocación de catéteres, stents, y otros dispositivos, así como para realizar procedimientos terapéuticos y diagnósticos (Sociedad Latinoamericana de Cardiología Intervencionista, 2008).

Hemodinamia

La hemodinamia, por otro lado, es una rama de la medicina que se centra en el estudio de la circulación sanguínea y la dinámica de la sangre en el sistema cardiovascular. En el contexto de la radiología intervencionista, la hemodinamia se vuelve crucial para evaluar la función cardiaca, medir presiones en diversas partes del corazón y realizar procedimientos en los vasos sanguíneos, como el cateterismo cardíaco (Sociedad Latinoamericana de Cardiología Intervencionista, 2008).

Equipo de radiación ionizante en Hemodinamia

La fluoroscopia es una técnica de diagnóstico por imagen que utiliza rayos X para obtener imágenes en tiempo real de las estructuras internas del cuerpo. A diferencia de una radiografía convencional, donde se toma una única imagen fija, la fluoroscopia permite visualizar en movimiento y en tiempo real la anatomía interna mientras ocurren procesos dinámicos, como la circulación sanguínea, la deglución o la intervención médica en tiempo real.

El procedimiento de fluoroscopia implica el uso de un tubo de rayos X que emite radiación hacia el área del cuerpo que se está examinando. Esta radiación es detectada por un intensificador de imagen, que amplifica la señal y la convierte en una imagen visible en un monitor. De esta manera, los médicos pueden observar y evaluar el movimiento de las estructuras internas en tiempo real (Imagen 1).

Imagen 1 *Equipo de fluoroscopia*

Nota: tomada de Equipo editorial de MedImaging, 2021

La fluoroscopia se utiliza en una variedad de procedimientos médicos, incluyendo:

1. Procedimientos de Cateterismo Cardíaco: Permite guiar la colocación de catéteres y evaluar la función cardiaca en tiempo real durante procedimientos cardíacos, como angioplastia y colocación de stents.
2. Estudios Gastrointestinales: Para visualizar el tracto gastrointestinal y observar la función del esófago, estómago y el intestino delgado mediante el uso de un medio de contraste que es visible en las imágenes de fluoroscopia.
3. Procedimientos de Intervención Radiológica: Ayuda a guiar procedimientos como biopsias, drenaje de líquidos y otros tratamientos mínimamente invasivos.
4. Estudios Urológicos: Para evaluar el sistema urinario y observar el flujo de la orina, a menudo utilizando un medio de contraste.
5. Artrografía: Para evaluar las articulaciones mediante la inyección de un medio de contraste.

Aunque la fluoroscopia es una herramienta valiosa en medicina, la exposición a la radiación durante estos procedimientos es un aspecto importante que debe ser gestionado cuidadosamente para minimizar los riesgos para los pacientes y el personal médico **(Organismo Internacional de Energía Atómica OIEA, 2016)**.

Magnitudes fundamentales en radiobiología y física de radiaciones

Se definirán a continuación las magnitudes utilizadas en protección radiológica y su clasificación: dosimétricas, operaciones, limitadoras. La categorización se realizó por un grupo de trabajo conjunto de la ICRP y la Comisión Internacional de Unidades y Medidas Radiológicas (CIUMR por sus siglas en inglés) (The International Commission on Radiation Units and Measurements and The International Commission on Radiological Protection, 2017).

Magnitudes dosimétricas

Las magnitudes dosimétricas se conciben como una medida física que se correlaciona con los efectos reales o potenciales de la radiación. El procedimiento adoptado por la Comisión para la evaluación de la dosis efectiva es usar como magnitud física fundamental a la dosis absorbida. La misma se promedia sobre los órganos y tejidos específicos, se aplican los factores de ponderación escogidos adecuadamente, teniendo en cuenta las diferencias en la eficacia biológica de las distintas radiaciones (International Commission on Radiological Protection (ICRP), 2007).

Exposición

La exposición es una magnitud que se usa para describir la intensidad de una fuente de radiación ionizante con respecto a su capacidad para ionizar el aire. Su aplicación nace en la cuantificación de la cantidad de radiación hacia un blanco sin cuantificar el riesgo para una persona (CSN, 2009). Esta magnitud se expresa como:

$$X = \frac{dQ}{dm}$$

Donde dQ es el valor absoluto de la carga total de todos los iones de un mismo signo producidos en aire cuando todos los electrones liberados por los fotones absorbidos en la masa dm sean detenidos completamente en el aire. La unidad en el sistema internacional SI de la exposición es el Coulomb por kilogramo [C/kg], su unidad antigua y hoy obsoleta es el roentgen [R] (Huda, 1997) (CSN, 2009).

Dosis absorbida

En radiobiología, radiología clínica y protección radiológica, la dosis absorbida, *D*, es la magnitud física básica de dosis y se utiliza para todos los tipos de radiación ionizante en cualquier geometría de irradiación. Está definida como el cociente entre la energía media impartida $d\varepsilon$ por la radiación ionizante a la masa dm es decir:

$$D = \frac{d\bar{\varepsilon}}{dm}$$

La unidad en el SI de la dosis absorbida es J/kg y su nombre especial es el Gray [Gy]. La dosis absorbida se deriva del valor medio de la magnitud estocástica de energía impartida, ε, y no refleja las fluctuaciones aleatorias de los sucesos de interacción en el tejido. (International Commission on Radiological Protection (ICRP), 2007) (CSN, 2009).

Cálculo de la dosis promedio

Al usar la magnitud dosis absorbida en las aplicaciones prácticas de la protección, se promedian las dosis sobre los volúmenes de tejido. Es decir, para dosis bajas y objetivos de protección radiológica, el valor medio de la dosis absorbida promediada en un órgano o tejido específico puede correlacionarse con suficiente exactitud con la disminución de la radiación para los efectos estocásticos en ese tejido (International Commission on Radiological Protection (ICRP), 2007).

El cálculo de las dosis absorbidas promedio en órganos o tejidos y la sumatoria de las dosis medias ponderadas en los diferentes órganos y tejidos del cuerpo humano constituyen la base para la definición de las magnitudes de protección, que se utilizan para limitar los efectos estocásticos a bajas dosis (International Commission on Radiological Protection (ICRP), 2007).

Magnitudes Limitadoras

Las magnitudes limitadoras son las que se utilizan para establecer límites máximos de exposición para garantizar que la incidencia de efectos estocásticos a la salud se mantiene por debajo de niveles aceptables para evitar reacciones tisulares.

Estas magnitudes están basadas en la dosis absorbida promedio, $D_{T,R}$ en el volumen de un órgano o tejido especifico *T* debida a la radiación de tipo *R* (CSN, 2009).

Dosis equivalente y factores de ponderación de los tejidos

La dosis equivalente en un órgano o tejido es la dosis al órgano corregida por un factor de ponderación del tipo de radiación que tiene en cuenta la eficacia biológica relativa de la radiación incidente para producir efectos estocásticos sobre la salud, esto depende no solo de la dosis absorbida sino también del tipo y energía de la radiación considerada.

La dosis equivalente en un órgano o tejido *T* debida a la radiación *R,* $H_{T,R}$ se define como:

$$H_{T,R} = w_R, D_{T,R}$$

Donde $D_{T,R}$ es la dosis absorbida media para la radiación *R* en el órgano o tejido *T* y w_R es el factor de ponderación para la radiación *R*.

Puesto que los factores de ponderación son números, la unidad para la dosis equivalente en un órgano o tejido es la misma que para la dosis absorbida, es decir: julio/kg. Sin embargo, se utiliza el nombre especial de Sievert [Sv] (CSN, 2009) (International Commission on Radiological Protection (ICRP), 2007).

Dosis efectiva E

La probabilidad de aparición de efectos estocásticos debe su nombre a la naturaleza aleatoria (estocástica) de la interacción de la radiación con la materia, se supone que los efectos estocásticos no tienen un umbral de dosis para su aparición, depende no solo del tipo de radiación sino también del órgano considerado. Es decir, no todos los órganos y tejidos del cuerpo humano son igualmente radiosensibles. Por tanto, se consideró apropiado definir una magnitud más, a partir de la dosis equivalente, que tuviese en cuenta la combinación de diferentes dosis en diferentes órganos como consecuencia de una irradiación del cuerpo entero (CSN, 2009).

$$E = \sum_T W_T \, . H_T$$

Donde H_T es la dosis equivalente recibida por el tejido u órgano T y W_T el factor de ponderación de un tejido correspondiente al tejido u órgano T.

Magnitudes Operacionales

Las magnitudes limitadoras descritas anteriormente no pueden medirse puesto que para ello habría que situar los detectores en el interior de los órganos del cuerpo humano. Por esta razón, la ICRU ha definido un grupo de magnitudes capaces de proporcionar en la práctica una aproximación razonable o una sobreestimación de las magnitudes limitadoras. Estas magnitudes medibles se definen a partir de la dosis equivalente en un punto del cuerpo humano o de un maniquí y su relación con las magnitudes limitadoras puede calcularse para condiciones de irradiación determinadas (The International Commission on radiation units and measurements (ICRU), 2017).

Las magnitudes operacionales recomendadas fueron introducidas por ICRU en 1985 para diferentes aplicaciones de dosimetría personal y ambiental. Para la vigilancia de área se han introducido dos magnitudes que enlazan la irradiación externa con la dosis efectiva y con la dosis en la piel y el cristalino. Dichas magnitudes son el equivalente de dosis ambiental, H*(d) y el equivalente de dosis direccional, H'(d,Ω) (The International Commission on radiation units and measurements (ICRU), 2017).

Este trabajo se centrará solamente en las magnitudes para la vigilancia individual en profundidad. Específicamente en la magnitud Hp (3) que equivale a las dosis recibidas en el cristalino.

Equivalente de dosis personal en profundidad, Hp(d)

Las magnitudes de protección radiológicas no pueden ser medidas directamente, es por esto por lo que la ICRU introduce las magnitudes operacionales para monitoreo de exposición externa (IAEA, 2018).

La magnitud operacional Dosis equivalente personal $H_p(d)$ es utilizada para el monitoreo individual a una profundidad apropiada ***"d"*** es decir por debajo de un punto específico del cuerpo y referente al monitoreo radiológico de interés. En el caso de la exposición del cristalino la ICRU recomienda una profundidad de 3 mm por tanto la magnitud es Hp (3), para cuerpo entero a 10mm de profundidad la magnitud es Hp (10) y para las extremidades y dosis superficial Hp (0,07) a 0,07mm de profundidad (IAEA, 2018) (ICRU, 2011).

Dosímetros Termoluminiscentes principios físicos

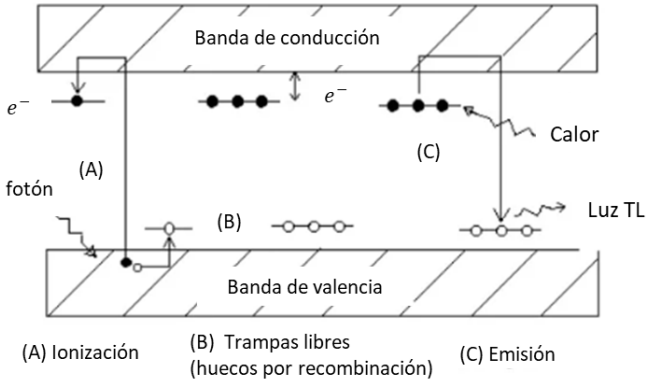
La dosimetría por termoluminiscencia (TLD) se basa en la capacidad que tienen los sólidos para absorber y almacenar la energía depositada debido a la radiación ionizante, que al calentarse se emite en forma de radiación electromagnética, principalmente en la longitud del espectro visible. La luz emitida es detectada y correlacionada con la dosis absorbida por el material Termoluminiscente (Rivera, 2011).

Los materiales termoluminiscentes tienen propiedades de un aislante cristalino perfecto, es decir, las bandas de conducción y valencia están separadas por una diferencia de energía de varios eV, y no hay niveles de energía intermedios dentro de este intervalo de banda (AAPM, 2020).

Los TLD son detectores pasivos, en otras palabras, permiten acumular la información sobre la cantidad de dosis recibida debida a las radiaciones ionizantes la cual se extrae en un proceso posterior de calentamiento, se fabrican agregando impurezas en su red cristalina, introduciendo así niveles de energía dentro del intervalo de banda cercano al elemento de la impureza. Cuando el TLD se expone a la radiación ionizante genera ionización y excitación en el detector produciendo movimiento de electrones hacia la banda de conducción y dejando huecos en la banda de valencia.

De lo anterior resulta el movimiento electrón-hueco en sus respectivas bandas energéticas; interrumpidas por procesos de recombinación o captura por defectos conocidos como trampa de electrón o trampa de agujeros, como se muestra en la imagen 2 (AAPM, 2020).

Imagen 2 Modelo *de bandas del principio de funcionamiento de termoluminiscencia*



Nota: tomada y editada de AAPM, 2020.

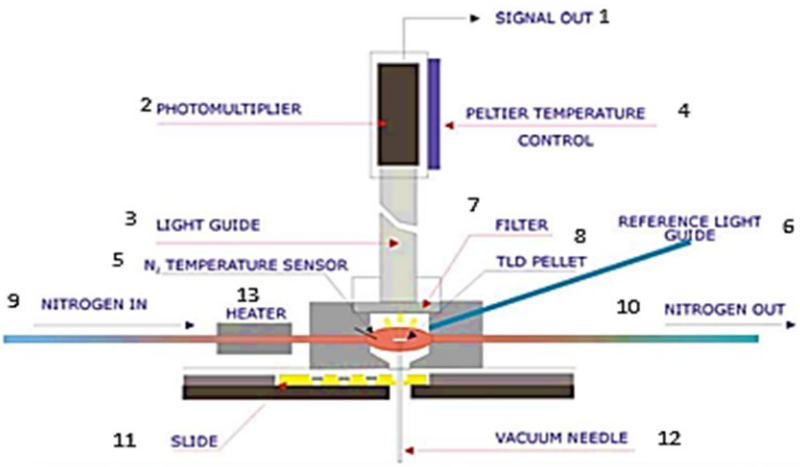
Para liberar las cargas electrón-huecos de sus trampas se requiere un estímulo energético adicional en forma de calor a través de un proceso de lectura. Cuando se libera el electrón, puede recombinarse con el agujero atrapado, creando un defecto en el estado excitado, es decir una relajación de estos defectos para volver al estado fundamental por emisión de luz o también llamada luminiscencia (AAPM, 2020).

Los lectores termoluminiscentes (Imagen 3) es el equipamiento asociado que estimula al detector entregando calor y registran la luminiscencia a través de un tubo fotomultiplicador cuya función es convertir la luminiscencia en "recuentos" o corriente (AAPM, 2020). La luz total emitida es una medida del número de los electrones atrapados y por lo tanto la radiación total absorbida.

Imagen 3 *Lector dosimétrico RE-2000*

Los lectores de dosímetros termoluminiscentes suelen entregar la fuente de energía calorífica a través de una plancheta calentada óhmicamente (resistencia) o a través de un flujo de gas nitrógeno precalentado, este es el tipo de fenómeno que utiliza el sistema dosimétrico del CIF-RAM, como la que se muestra en el Imagen 4.

Imagen 4 *Principio de medición con sistema RADOS TLD*



Nota: 1) señal de salida, 2) tubo fotomultiplicador, 3) Guía de luz, 4) Control de temperatura, 5) Sensor de temperatura de Nitrógeno, 6) Guía de luz de referencia, 7) Filtro, 8) cristal TLD, 9) Entrada de Nitrógeno, 10) salida de Nitrógeno, 11) Tarjeta, 12) Aguja de vacío, 13) Calentador. Tomada de (MIRION TECHNOLOGIES (RADOS), 2009)

Existe una variedad de materiales TLD, pero de acuerdo con diversas investigaciones y sus características particulares, el material MCP-N (Imagen 5) se considera insuperable para la monitorización ambiental y la dosimetría personal. Estos detectores de fluoruro de litio están dopados con elementos sensibles, como magnesio, cobre y fósforo, lo que los hace ideales para medir la dosis en el cristalino (GmbH, RadPro International, s.f.).

Imagen 5 *Dosímetros MCP-N y Holder de dosímetros de cristalino*

Nota: tomado de Radcard

Los detectores TL son reutilizables inmediatamente después de su lectura, aunque en algunos materiales es recomendable emplear tratamientos térmicos adicionales que mejoren las características de medida del sistema. El número de reutilizaciones es en principio ilimitado, aunque en la práctica depende de las condiciones de operación del sistema dosimétrico TLD (Rivera, 2011).

Curvas de Brillo (Curva Glow) y material TL

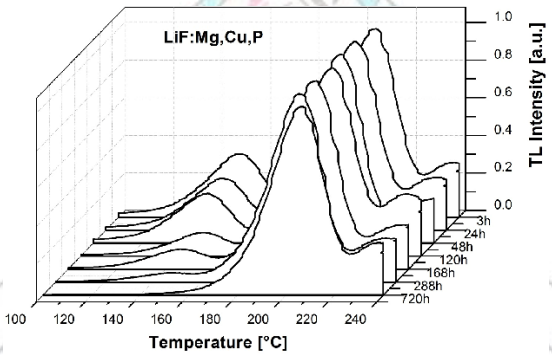
La relación entre el fenómeno de termoluminiscencia y la exposición a la radiación se evidencia mediante la representación gráfica conocida como la curva de brillo o Glow Curve. En este gráfico, se muestra la intensidad de la luz en relación con la temperatura. La señal de termoluminiscencia se puede describir como la máxima intensidad de un pico específico en la curva.

Dado que los diversos centros de captura o trampas presentes en el material responden a niveles energéticos variados, su liberación demanda temperaturas distintas. A medida que el detector se calienta, estos centros de captura son estimulados de forma secuencial, dando lugar a la generación de diferentes picos (AAPM, 2020).

La temperatura máxima del pico y la máxima señal de termoluminiscencia (TL) están influenciadas por la rapidez con la que se calienta el sistema. Con el fin de reducir las fluctuaciones derivadas de la velocidad de calentamiento, en lugar del valor máximo, se utiliza la integral de la señal de termoluminiscencia para determinar la dosis (AAPM, 2020). Para garantizar resultados reproducibles, se debe utilizar un ciclo de calentamiento constante.

De acuerdo con la Imagen 6, los dosímetros de material MCP-N muestran tres picos con una temperatura de lectura a 250°C. El pico que sobresale es llamado pico dosimétrico debido a que es la región que más interesa de la curva, puesto que en ese intervalo se realiza la estimación dosimétrica.

Imagen 6 *Curva de brillo y respuesta a la dosis MCP-N*



Nota: tomada de AAPM, 2020

Efectos biológicos de la radiación ionizante en el ser humano

Los efectos biológicos de la radiación derivan del daño que éstas producen en la estructura química de las células es decir al ADN, esto se pueda dar por radiación directa que es cuando un fotón de radiación incide directamente en el núcleo de la célula causando daños en el ADN o por radiación indirecta, en la cual el fotón incide cerca del núcleo dando paso a la generación de radicales libres a partir de la radiólisis de las moléculas de agua que, a su vez, atacarán al resto de estructuras biológicas (IAEA, 2018).

La mayoría de los efectos adversos para la salud por exposición a la radiación pueden agruparse en dos categorías generales:

1) Efectos Tisulares

Se produce por la muerte de un gran número de células en el tejido u órgano irradiado, es de naturaleza somático, la gravedad del efecto está en dependencia con la dosis recibida, existe una dosis umbral para que ocurra el efecto, el tiempo de aparición puede ser inmediata o tardía (IAEA, 2018).

La respuesta celular a la radiación está influida por diversos factores físicos como la Trasferencia Lineal de Energía (LET), tasa de dosis, factores biológicos como el ciclo y reparación celular y factores químicos en los que se encuentran oxígeno.

2) Efectos estocásticos

Se produce por la muerta de una o muy pocas células, es de naturaleza somático o heredable, la aparición de efectos es tardía, la probabilidad de que ocurran, pero no la gravedad, aumenta con la dosis recibida y no posee umbral (IAEA, 2018).

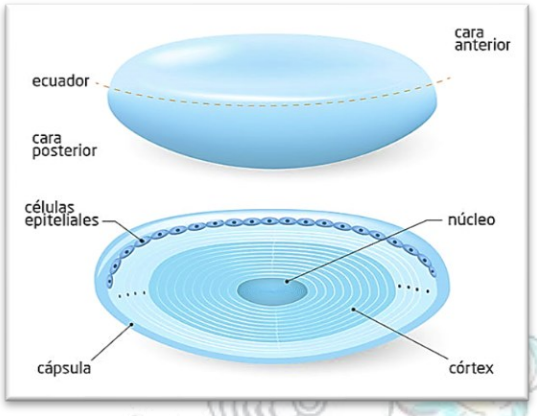
El aumento en la incidencia de cáncer es el principal efecto estocástico somático inducido por radiación ionizante.

Efectos de la radiación en el cristalino del ojo

El cristalino es un cuerpo biconvexo transparente de unos 9 mm de diámetro y 4 mm de grosor. La cara posterior es más convexa que la anterior. El borde también conocido como contorno del cristalino se denomina también ecuador o equator lentis (Marcos L. Wang, 2016).

El cristalino se encuentra detrás del iris formando la pared posterior e interna de la cámara del ojo a como se aprecia en la Imagen 7. La cara anterior esta bañada por el líquido de la cámara del ojo, la cara posterior contacta con el cuerpo vítreo el cual es una sustancia transparente y gelatinosa que ocupará ⅔ partes del volumen y peso del globo ocular, desempeñando un papel importante en el mantenimiento de la forma del ojo (Marcos L. Wang, 2016).

Imagen 7 *Anatomía del cristalino*



Nota: tomada de Clínica Rahhal Oftalmología, 2016

La función del cristalino es la de desviar los rayos de luz para conseguir formar una imagen nítida sobre la retina con independencia de la distancia a la que se encuentre el objeto que desea verse, es decir, permitir al ojo enfocar a distintas distancias.

Según diversos estudios plantean que la Organización Mundial de la Salud ha reconocido a las cataratas como la enfermedad ocular más prevalente en el mundo, y se ha informado anteriormente sobre la asociación entre la exposición excesiva a la radiación ocular y el desarrollo prematuro de cataratas (Marcos L. Wang, 2016).

Se define como catarata a la perdida de la trasparencia del cristalino. De acuerdo con el área del lente que esté afectada puede clasificarse en: nuclear, es decir, afecta el centro del lente, cortical que afecta los bordes del lente y subcapsular posterior que afectan la parte posterior del lente (Marcos L. Wang, 2016).

La formación de cataratas causadas por la radiación ionizante ocurre en las zonas germinativas, específicamente en la superficie anterior donde las células que se dividen forman una fibra-proteica cristalina que migra hacia el polo posterior del cristalino, la región posterior subcapsular.

La radiación causa a ese nivel un daño directo y, además, mediante mecanismos oxidativos, causa el quiebre de la molécula de ADN, migración de células aberrantes y provoca complejos cambios bioquímicos que dan como resultado proteínas cristalinas aberrantes que provocan finalmente una desregulación de la morfología celular del cristalino (Zett Lobos, y otros, 2013).

Internacionalmente se han llevado a cabo diversos estudios para determinar las afectaciones del cristalino a causa de exposiciones ionizantes encontrándose como predominante la catarata subcapsular posterior, debido a esto, la ICRP en su reporte del 21 de abril de 2011 declara que el umbral de dosis absorbida en el cristalino del ojo será de 0,5 [Gy] y establece un límite de dosis ocupacional de 20[mSv] al año para los trabajadores ocupacionalmente expuestos (ICRP, 2011).

Marco legal

La ley 618 ley general de higiene y seguridad del trabajo establece en el título v de las condiciones de higiene industrial en los lugares de trabajo en su capítulo VII sobre radiaciones ionizantes las siguientes responsabilidades y derechos de los trabajadores ocupacionalmente expuestos en el ejercicio de sus funciones:

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

Artículo 127.- Todo personal que por razones de su trabajo tengan que trabajar con Radiaciones Ionizantes tiene que usar dosímetros termoluminiscentes.

Artículo 128.- La dosis efectiva máxima permitida es de 20 mSv al año por persona.

En 2019 se publica la Guía sobre Vigilancia de la Salud de los trabajadores ocupacionalmente expuestos a las radiaciones ionizantes la cual tiene como propósito mejorar la implementación y ejecución del programa de vigilancia médica de los trabajadores ocupacionalmente expuestos del país, esto esta exigido en las leyes, 156 Ley Sobre Radiaciones Ionizantes y Ley 618 Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo.

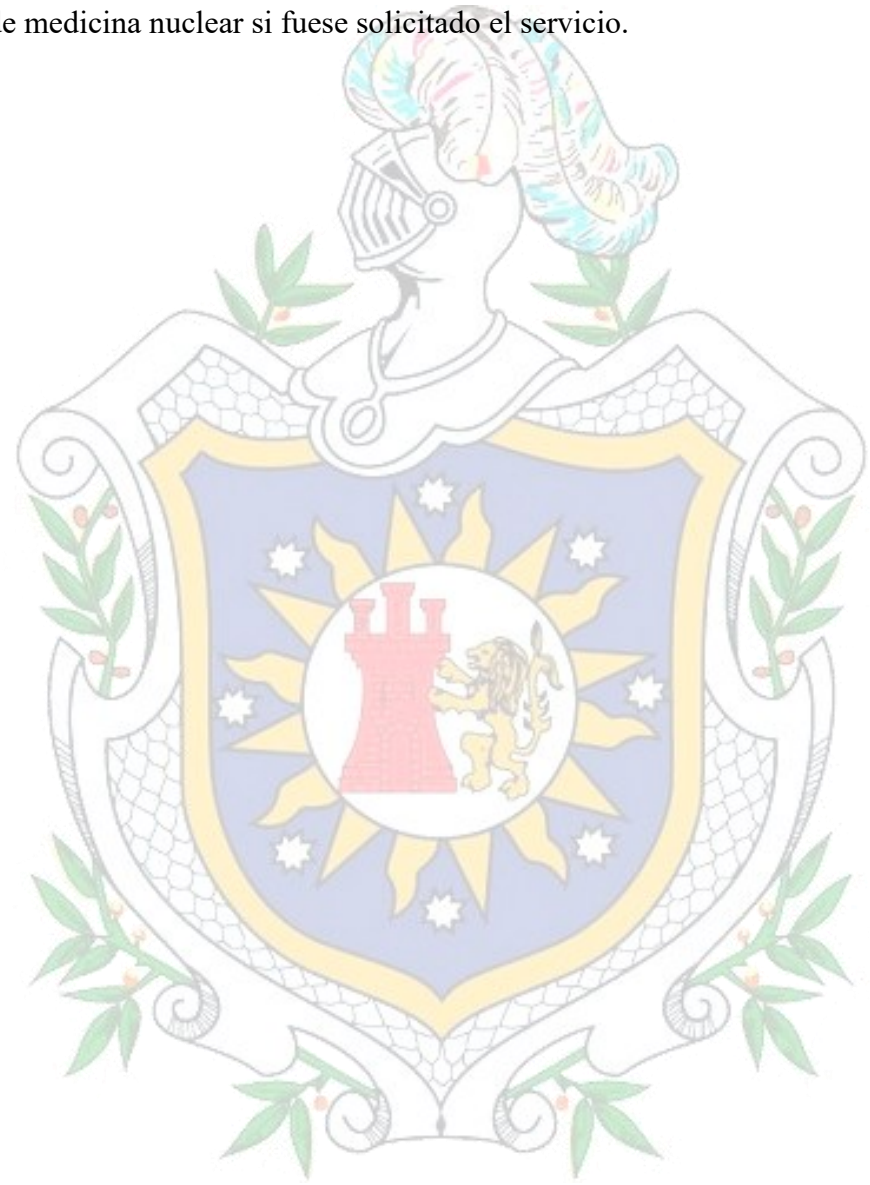
Esta guía contempla puntos importantes que deben de ser considerados para cualquier trabajador que va a laborar en condiciones de exposición ocupacional como lo son los exámenes periódicos dentro de los cuales se encuentra como examen complementario de laboratorio la Exploración oftalmológica (examen del cristalino) según evaluación clínica (Comisión Nacional de Energía Atómica (CONEA), 2019).

Por otro lado, como estado miembro del OIEA. Nicaragua reconoce las recomendaciones de las distintas normas de seguridad del OIEA organismo quien a su vez adopta aquellas generadas del ICRP y la ICRU. En este sentido, la ICRP en su reporte 85 manifiesta una reducción del límite de dosis equivalente en cristalino del ojo a 20 mSv/año, promediado durante períodos definidos de 5 años, sin un solo año superior a 50 mSv (ICRU, 2011).

En lo que concierne a la vigilancia radiológica de los trabajadores ocupacionalmente expuestos, de acuerdo con la Guía General de Seguridad GSG 7 (Occupational Radiation Protection), un programa de monitoreo establece que las dosis recibidas por los trabajadores por exposición externa deben evaluarse a través de resultados de un programa sistemático de monitoreo individual o a partir de los resultados del monitoreo en el lugar de trabajo. A su vez establece que cada trabajador debe contar con un dosímetro personal integrado y la dosimetría individual debe ser realizada por un servicio de dosimetría aprobado por el organismo regulador (IAEA, 2018).

En la GSG 7 también se expresa que el monitoreo del cristalino debe considerarse en los lugares de trabajo donde los ojos están particularmente cerca del emisor de radiación (que también puede ser una fuente de radiación dispersa) o del haz de radiación. Ejemplo de este tipo de situación de exposición son trabajadores en el sector médico del área de Hemodinamia o también personal de algún sector de medicina nuclear, personal involucrado en biopsia guiada por tomografía computarizada e ingenieros de ciclotrón (IAEA, 2018).

En el caso de Nicaragua las situaciones de exposición que aplican son las del sector de Hemodinamia y medicina nuclear. Sin embargo, este estudio se ha centrado en resolver el problema de la vigilancia radiológica principalmente hacia el grupo de trabajadores ocupacionalmente expuestos de hemodinamia cuya población es mayoritaria aun cuando el resultado de esta investigación beneficiaría también a trabajadores ocupacionalmente expuestos de medicina nuclear si fuese solicitado el servicio.



VII. HIPOTESIS

H1: Las condiciones de trabajo del personal ocupacionalmente expuesto de hemodinamia en los servicios de imagenología en hospitales podrían tener un efecto relevante en la dosis recibida en cristalino producto de la exposición a radiación ionizante.

H0: Las condiciones de trabajo del personal ocupacionalmente expuesto de hemodinamia en los servicios de imagenología en hospitales no podrían tener un efecto relevante en la dosis recibida en cristalino producto de la exposición a radiación ionizante.

VIII. DISEÑO METODOLÓGICO

Enfoque de investigación

Esta investigación se realizó mediante la aplicación del enfoque cuantitativo.

Tipo de Estudio

La presente investigación se establece por medio de un diseño cuasiexperimental. Según el nivel inicial de profundidad del conocimiento es descriptivo y por el alcance de sus resultados es de tipo correlacional. De acuerdo con tiempo de ocurrencia de los hechos y registro de la información el estudio es longitudinal.

Área de Estudio

En términos geográficos, la presente investigación se realizó en el departamento de Managua. Las lecturas y reportes dosimétricos se realizaron en el LDE, que es parte del CIF-RAM ubicado en la UNAN-Managua**.**

Universo

La cantidad total de Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos en los servicios de Hemodinamia en los hospitales de Managua es de 54 para el año 2023, lo que constituye el universo de esta investigación.

Muestra

Se realizó una selección de muestra no probabilística por conveniencia, se tomó como muestra un total de 29 trabajadores.

Unidad de Análisis

La unidad de análisis de esta investigación será los Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos del área de Hemodinamia.

Criterios de selección:

Criterios de inclusión

- Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos que laboren directamente en servicios de hemodinamia.
- Se incluirá a todo el personal que se desempeñe en el área de Hemodinamia de los servicios de imagenología, incluyendo médicos especialistas, técnicos en radiología, anestesiólogos y enfermeros.
- Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos que hayan firmado los consentimientos informados.
- Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos que participen en al menos un procedimiento al mes durante del desarrollo de la investigación.

Criterios de exclusión

- Médicos Residentes y personal que tengan alta rotación en distintas áreas.
- Personal que no hayan dado su consentimiento informado para participar en el estudio.
- Trabajadores que estén ausentes del trabajo por períodos mayores a tres meses durante el estudio.

Variables de estudio

Las variables de estudio de describen a continuación y su operalizacionalización se detalla en el anexo 1.

Objetivo 1: Describir los factores sociolaborales del personal ocupacionalmente expuesto de hemodinamia en los servicios de imagenología en tres hospitales de Managua, período 2023-2024

Variables:

- Edad
- Sexo
- Cargo desempeñado
- Cantidad de años laborados en el servicio
- Horas de exposición por procedimientos
- Cantidad de procedimientos al mes
- Equipos de protección radiológica
- Capacitación del personal
- Equipos generadores de rayos X
- Técnica de obtención de imagen
- Exámenes ocupacionales que se realizan (preempleo, periódico, de reintegro, por exposiciones anormales, al finalizar el contrato laboral, examen específico para exploración de cristalino)
- Antecedentes patológicos (personales y familiares)
- Antecedentes de cirugías o lesiones oculares

Objetivo 2. Estimar las dosis en cristalino del personal ocupacionalmente expuesto de Hemodinamia durante los procedimientos que realizan en los servicios de imagenología en tres hospitales de Managua, período 2023-2024.

Variable:

- Dosis Equivalente personal Hp (3)

Objetivo 3. Establecer las relaciones de asociación y correlación entre los factores sociolaborales y las dosis en cristalino reportadas del personal ocupacionalmente expuesto de hemodinamia en los servicios de imagenología en tres hospitales de Managua, período 2023-2024.

Variables:

- Cargo desempeñado
- Horas de exposición por procedimientos
- Cantidad de procedimientos al mes
- Equipos de protección radiológica
- Capacitación del personal
- Equipos generadores de rayos X
- Técnica de obtención de imagen
- Dosis Equivalente personal Hp (3)

Fuentes de información

Por el tipo de investigación que se realizó la fuente de información es primaria, esto debido a que los datos que se obtuvieron fueron directamente proporcionados de la muestra a estudiar.

Técnicas de recolección de datos

Al ser esta una investigación mixta, se emplearon dos técnicas de recolección de datos que se describen a continuación:

Técnicas Descriptivas

1. Las Estadísticas Descriptivas para variables de categoría (nominales y ordinales).
2. Las Estadísticas Descriptivas para variables numéricas (discretas o continuas).
3. Gráfico para Variables Individuales o promediadas.
4. El Análisis de Frecuencia por medio del Análisis de Contingencia.

Instrumento de recolección de datos

Para la obtención de los datos dosimétricos del personal se utilizaron los dosímetros calibrados en magnitud Hp(3), lector RE 2000, Win TLDPro (Paquete de Software para controlar y gestionar el funcionamiento del lector RADOS TLD y Generador de Nitrógeno, las dosis fueron reportadas en el formato implementado por el LDE VR-LDE-FT-06 Informe de ensayo de Dosis Equivalente Personal Cristalino (Laboratorio de Física de Radiaciones y Metrología (LAF-RAM), 2022)

Mediante la ficha de recolección de datos sociolaborales (anexo 2) se obtuvieron los datos relevantes tales como información laboral de cada trabajador, antecedentes patológicos, uso del equipo de protección radiológica, entre otros factores que puedan influir al aumento de la dosis recibida y a la probabilidad de afectaciones oculares debido a la exposición a radiación.

Plan de análisis estadístico

De acuerdo con la naturaleza de cada una de las variables (cuantitativas o cualitativas) y guiados por la operacionalización definida para cada uno de los objetivos específicos. Serán realizados los análisis descriptivos correspondientes: (a) para las variables nominales transformadas en categorías: El análisis de frecuencia, (b) para las variables numéricas (continuas o discretas) se realizarán las estadísticas descriptivas, enfatizando en el Intervalo de Confianza para variables numéricas. Además, se realizaron gráficos del tipo: (a) pastel o barras de manera univariadas para variables de categorías en un mismo plano cartesiano y (b) barras de manera univariadas para variables dicotómicas, que permiten describir la respuesta de múltiples factores en un mismo plano cartesiano.

Procesamiento de la información

A partir de los datos que se recolectaron, se diseñó la base datos correspondiente, utilizando el software estadístico IBM SPSS Statistics 25 para Windows. Una vez que se realice la depuración de los datos registrados, se realizaron los análisis estadísticos pertinentes.

Sesgos y control

A continuación, se presentan algunas estrategias para controlar el sesgo en este análisis:

Codificación única: Los dosímetros entregados al personal tienen un código de barra único que pertenece exclusivamente al portador al que fue asignado, de esta manera se asegura que la dosis reportada de ese código no sea asignada de manera errónea a otro individuo.

Control de variables de confusión: Esto implica la recopilación de información detallada sobre características individuales, prácticas de trabajo y otros factores que puedan influir en la dosis en el cristalino las cuales serán recolectadas a través de la encuesta.

Al implementar estas estrategias, se puede reducir el sesgo en el análisis de dosis en el cristalino del personal de Hemodinamia en los servicios de imagenología y mejorar la validez interna y externa de los resultados obtenidos.

Limitaciones del estudio

En general, se pueden resumirlas las limitaciones del estudio de la siguiente manera:

1. Inicialmente, se consideraron tres instituciones para la recolección de datos, una de las cuales era un hospital del sector público de referencia nacional. A pesar de que se proporcionaron los dosímetros a esta institución, la coordinación para el intercambio mensual de los mismos resultó ser un desafío, lo que impidió que se llevaran a cabo los cambios de manera regular, como se realizó en las otras dos instituciones del

sector privado. Por esta razón, no se incluyeron datos de dicho centro hospitalario en esta investigación.

2. Como consecuencia de esta dificultad, se registraron periodos superiores a seis meses sin el cambio de los dosímetros en la institución del sector público. Esta falta de intercambio regular afectó la confiabilidad de las mediciones, lo que llevó a la exclusión de los datos de esta institución en el análisis final. Una mayor cantidad de datos hubiera implicado una mayor variabilidad lo cual a su vez hubiera incrementado aún más la calidad estadística de los datos.

3. En algunos días, los procesos de lectura de los dosímetros tuvieron dificultades puesto que el lector dosimétrico presentaba errores al momento de leer los códigos asignados a la magnitud Hp(3). Esto requirió de la intervención del responsable de Mantenimiento del CIF-RAM de forma rutinaria, lo cual ralentizó la obtención de la información dosimétrica de los trabajadores ocupacionalmente expuestos.

Consideraciones Éticas

Como toda investigación que involucra información privada de personas, se debe mantener el criterio del respeto a la dignidad y protección de los derechos y bienestar de los participantes, de acuerdo con la Ley 423 “Ley General de la Salud” de la República de Nicaragua y a las Pautas éticas internacionales para la investigación relacionada con la salud con seres humanos del Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas y La Organización Mundial de la Salud.

Además, esta investigación se apega a los criterios en materia de investigación con fines académicos de la Declaración de Helsinki (Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS), la Organización Mundial de la Salud (OMS), 2016).

Como parte del proceso de selección de los participantes, se les explicó el “Consentimiento Informado” a cada uno de ellos, a fin de lograr su aceptación para ser parte integral del presente estudio.

Todos los documentos físicos y electrónicos que contienen datos personales son resguardados acorde a los criterios nacionales en materia de confidencialidad por el investigador responsable. De esta manera, esta es considerada una investigación sin riesgo para el investigador ni los participantes en el medio en el que se desarrolló.

Trabajo de campo

El trabajo de campo involucró las siguientes etapas:

Antes de iniciar la recolección de datos se estableció los objetivos del estudio, las variables a medir y diseñar el enfoque metodológico, así como obtener los permisos y aprobaciones necesarios de las instituciones que estarán implicadas en la investigación. Posteriormente se realizó la selección de la muestra representativa del personal de Hemodinamia que cumpla con los criterios de inclusión previamente definidos. Cada participante firmó el consentimiento informado antes de la recolección de datos.

Para la obtención de los datos de dosis del cristalino del personal de Hemodinamia se utilizaron dosímetros termoluminiscentes calibrados en magnitud Hp(3) que el trabajador utilizó en cada procedimiento realizado, los cambios de estos dosímetros fueron realizados de forma mensual. Se comunicaron los resultados del análisis de dosis en el cristalino del personal de los trabajadores involucrados para cada institución través de informes técnicos establecidos por el LDE.

Además de los datos de dosis, se recopiló información adicional sobre los factores sociolaborales, la experiencia laboral, las prácticas de trabajo, antecedentes patológicos o lesiones y cualquier otro factor relevante que pudiera influir en la dosis en el cristalino. Esto se logró a través de la aplicación de una encuesta.

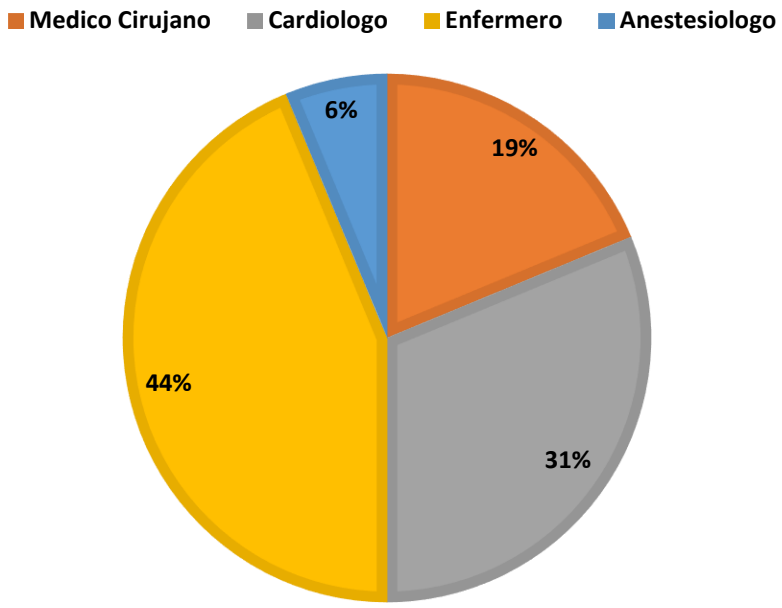
Se utilizaron métodos estadísticos apropiados para evaluar los resultados y obtener conclusiones significativas. Finalmente, se presentaron en un informe final los resultados obtenidos de la evaluación de las dosis en el cristalino y los datos obtenidos en las encuestas, además de la publicación de los hallazgos en revistas científicas para contribuir al conocimiento en el campo de la protección radiológica.

IX. RESULTADOS

Objetivo 1. Factores sociolaborales del personal ocupacionalmente expuesto de hemodinamia en los servicios de imagenología en dos hospitales de Managua, período 2023-2024.

Factores sociolaborales de los trabajadores ocupacionalmente expuestos

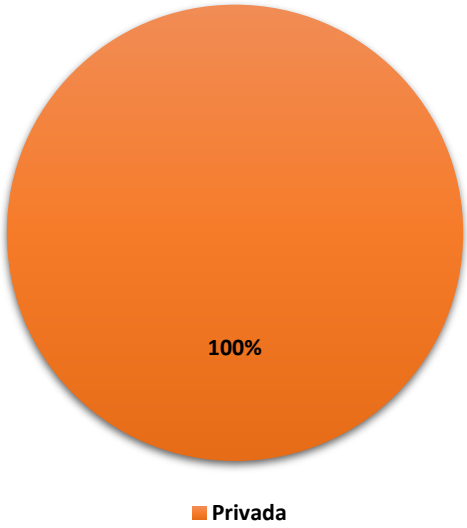
Gráfico 1. Profesión de los Trabajadores ocupacionalmente expuestos



Fuente: Instrumento de recolección de datos.

En esta investigación, la mayoría de los Trabajadores ocupacionalmente expuestos eran enfermeros (43.75%), seguido de personal de cardiología (31.25%), médicos cirujanos (18.75%), por último, los más bajos fueron el personal de anestesia que solo representaron el 6.25% (Gráfico 1, Anexo 5, Tabla 1).

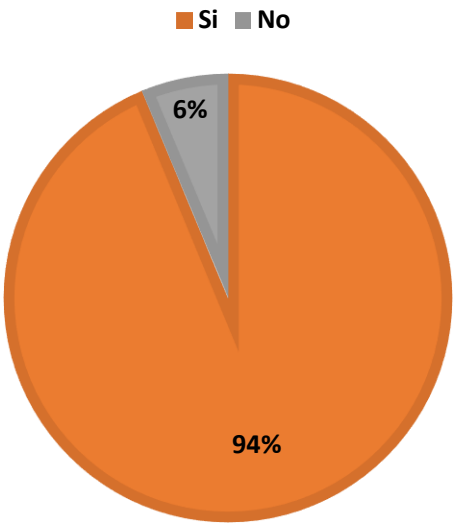
Gráfico 2. Tipo de centro hospitalario de los Trabajadores ocupacionalmente expuestos



Fuente: Instrumento de recolección de datos.

En cuanto al tipo de centro hospitalario en el que los trabajadores ocupacionalmente expuestos laboran, esta investigación mostró que el 100% son de institución privada (Gráfico 2, Anexo 5, Tabla 2).

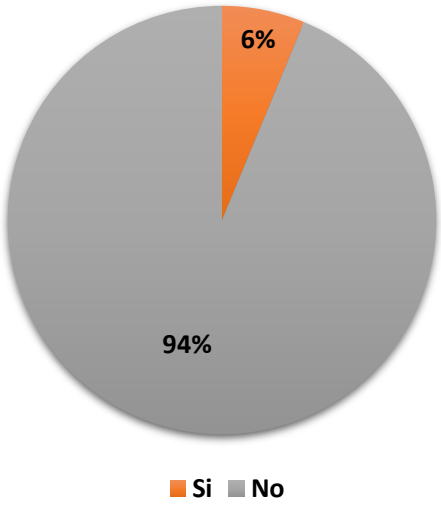
Gráfico 3. Uso de delantal plomado y protector de tiroides por los trabajadores ocupacionalmente expuestos.



Fuente: Instrumento de recolección de datos.

En relación con el uso de los EPP por parte de los trabajadores ocupacionalmente expuestos, esta investigación evidenció que el 93.75% emplea delantal plomado y protector de tiroides (Gráfico 3, Anexo 5, Tabla 3 y 4).

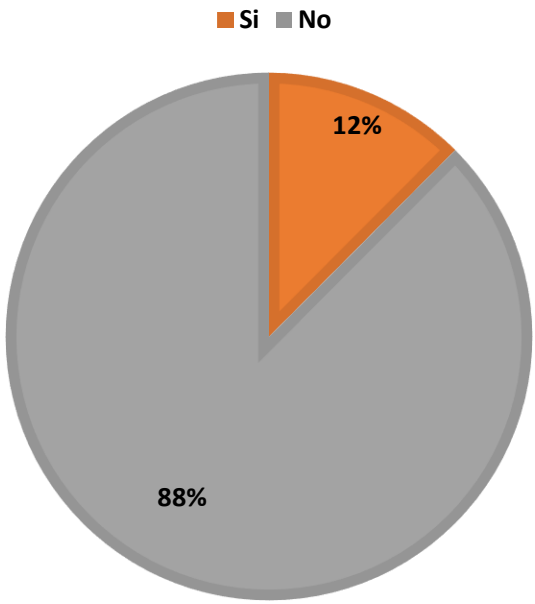
Gráfico 4. Uso de gafas plomadas por los trabajadores ocupacionalmente expuestos



Fuente: Instrumento de recolección de datos.

En relación con el uso de los EPP por parte de los trabajadores ocupacionalmente expuestos, esta investigación evidenció que el 94% no utiliza gafas plomadas, solamente el 6% dijo utilizarlas en los procedimientos en los que participa (Gráfico 4, Anexo 5, tabla 5).

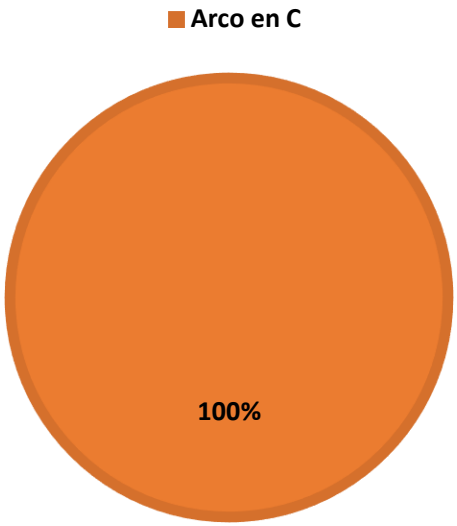
Gráfico 5. Uso de mampara plomada por los trabajadores ocupacionalmente expuestos



Fuente: Instrumento de recolección de datos.

En relación con el uso de los EPP por parte de los trabajadores ocupacionalmente expuestos, esta investigación evidenció que el 88% no emplea mampara plomadas, solamente el 12% dice utilizar las mamparas plomadas en los procedimientos (Gráfico 5, Anexo 5, tabla 6).

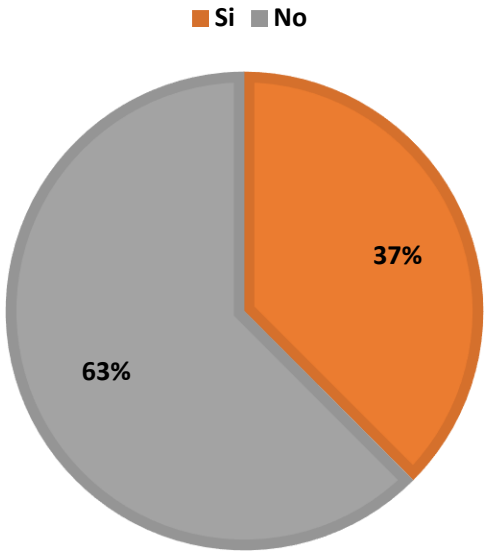
Gráfico 6. Tipo de equipo generador de rayos X utilizado



Fuente: Instrumento de recolección de datos.

En relación con el uso de los equipos generadores de rayos X con los que trabajan los trabajadores ocupacionalmente expuestos, esta investigación evidenció que el 100% reportó utilizar el equipo de arco en C en sus labores, a pesar de que se les colocaron otras opciones de equipos de intervención, como los tomógrafos computarizados (Gráfico 6, Anexo 5, tabla 7).

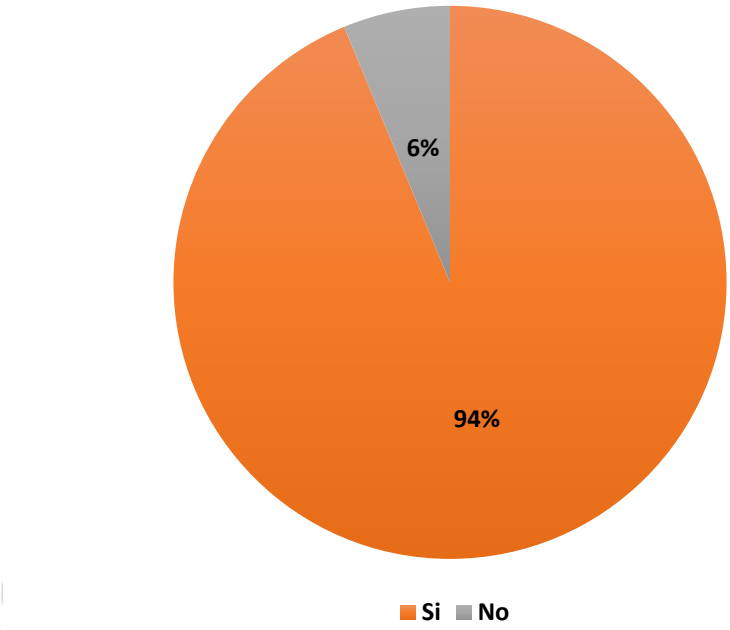
Gráfico 7. Utilización de técnica de fluoroscopia



Fuente: Instrumento de recolección de datos.

En cuanto al tipo de técnicas utilizadas por los trabajadores ocupacionalmente expuestos en los procedimientos de hemodinamia, se obtuvo que la técnica de fluoroscopia es implementada por el 37% de trabajadores en estudio, el 63% restante dijo no utilizar este tipo de técnica (Gráfico 7, Anexo 5, tabla 8).

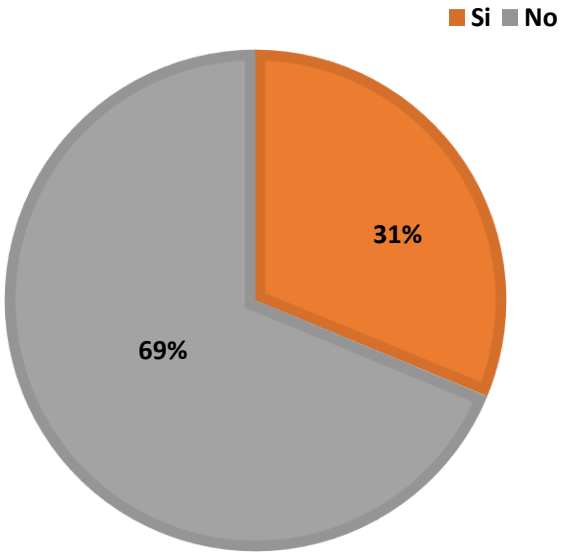
Gráfico 8. Utilización de técnica de angiografía



Fuente: Instrumento de recolección de datos.

En cuanto al tipo de técnicas utilizadas por los trabajadores ocupacionalmente expuestos en los procedimientos de hemodinamia, se obtuvo que la técnica de angiografía es implementada por el 94% de trabajadores en estudio, únicamente el 6% dijo no utilizar esta técnica (Gráfico 8, Anexo 5, tabla 9).

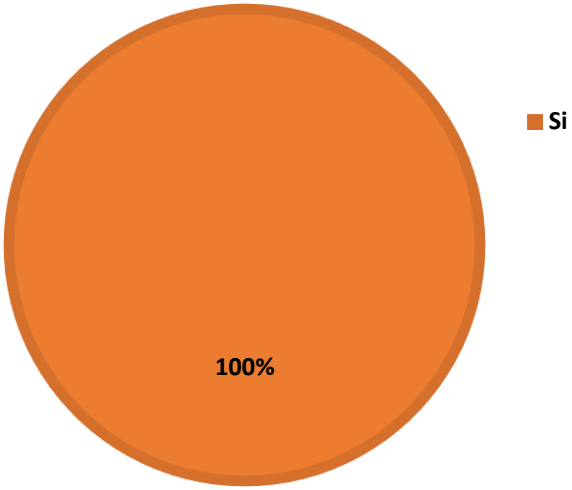
Gráfico 9. Utilización de técnica de Cineangiografia



Fuente: Instrumento de recolección de datos.

En cuanto al tipo de técnicas utilizadas por los trabajadores ocupacionalmente expuestos en los procedimientos de hemodinamia, se obtuvo que la técnica de cine angiografía es implementada por el 31% de trabajadores en estudio, el 69% dijo no utilizar esta técnica en sus procedimientos (Gráfico 9, Anexo 5, tabla 10).

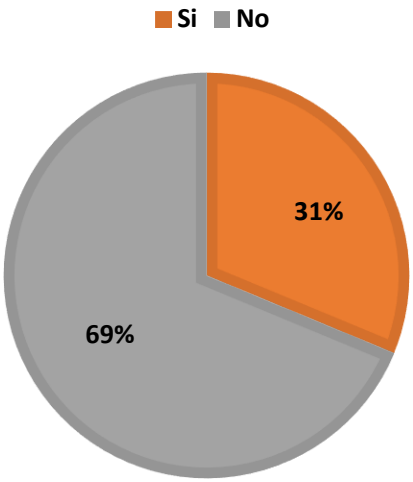
Gráfico 10. Uso de dosimetría personal cuerpo entero Hp(10)



Fuente: Instrumento de recolección de datos.

En cuanto al uso de dosímetros personales por los trabajadores ocupacionalmente expuestos, esta investigación reveló que el 100% de ellos utiliza dosímetros de cuerpo entero Hp(10) (Gráfico 10, Anexo 5, tabla 11).

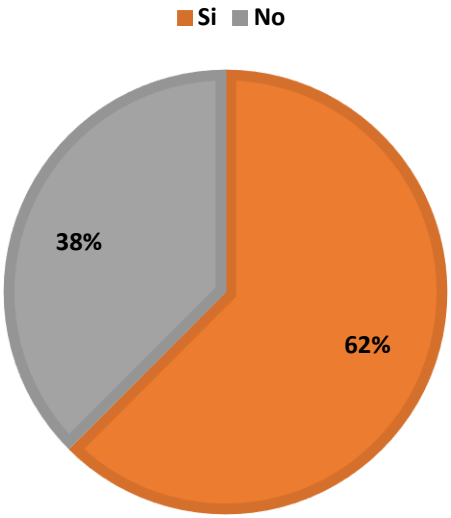
Gráfico 11. Capacitación en protección radiológica



Fuente: Instrumento de recolección de datos.

De los trabajadores ocupacionalmente expuestos encuestados el 69% no ha recibido cursos de capacitación sobre protección radiológica, únicamente el 31% han realizado capacitación en este tema (Gráfico 11, Anexo 5, tabla 12).

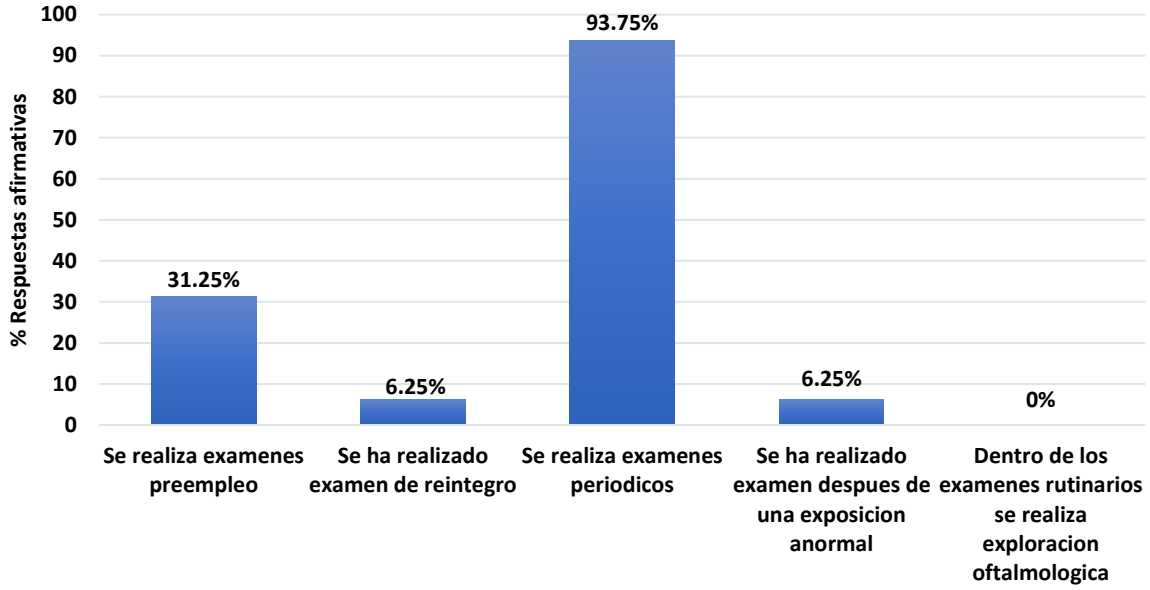
Gráfico 12. Capacitación en radiología intervencionista



Fuente: Instrumento de recolección de datos.

De los trabajadores ocupacionalmente expuestos encuestados el 62% ha recibido cursos de radiología intervencionista, solamente el 38% dijo no haber realizado capacitación en este tema (Gráfico 12, Anexo 5, tabla 13).

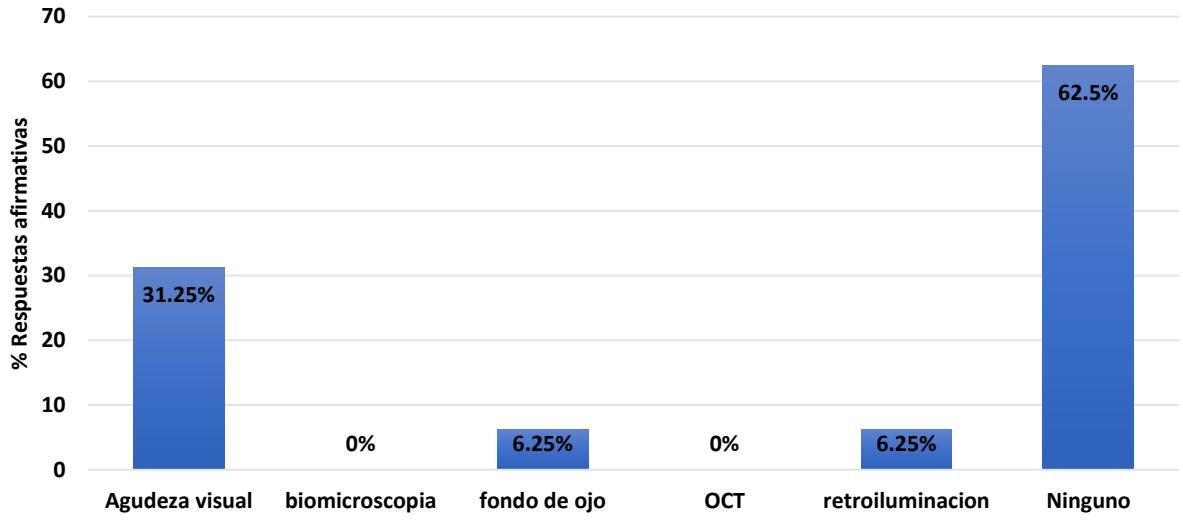
Gráfico 13. Realización de exámenes médicos



Fuente: Instrumento de recolección de datos.

En relación con los exámenes médicos realizados a los trabajadores ocupacionalmente expuestos, esta investigación reveló que el 93.75% ha cumplido con los exámenes médicos periódicos, el 31.25% se ha sometido a exámenes de preempleo, y el 6.25% ha realizado exámenes de reintegro tras haber estado en subsidio o después de una exposición anormal (Gráfico 13, Anexo 5, tablas 15, 16, 17, 18 y 19).

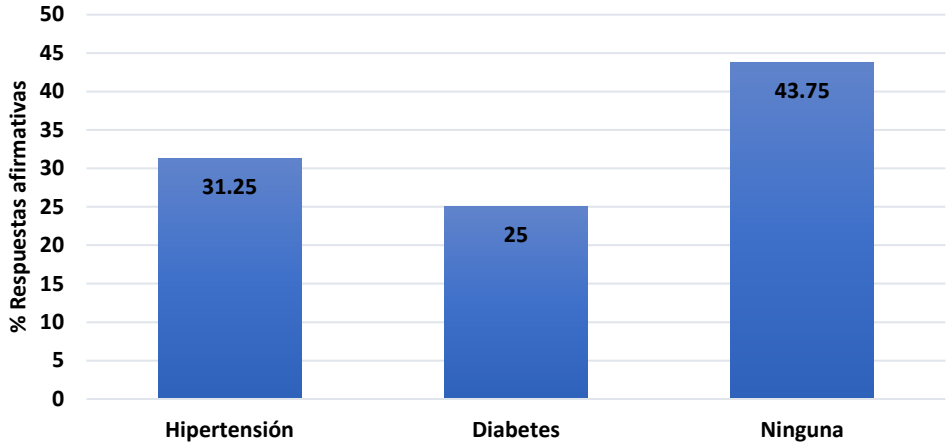
Gráfico 14. Exámenes oftalmológicos



Fuente: Instrumento de recolección de datos.

En cuanto a los exámenes oftalmológicos realizados a los trabajadores ocupacionalmente expuestos, se encontró que el 63% no ha recibido ningún tipo de exploración del cristalino, el 31% se ha realizado exámenes de agudeza visual, y el 6% ha sido evaluado mediante examen de fondo de ojo y retroiluminación (Gráfico 14, Anexo 5, tablas 20, 21, 22, 23, 24 y 25).

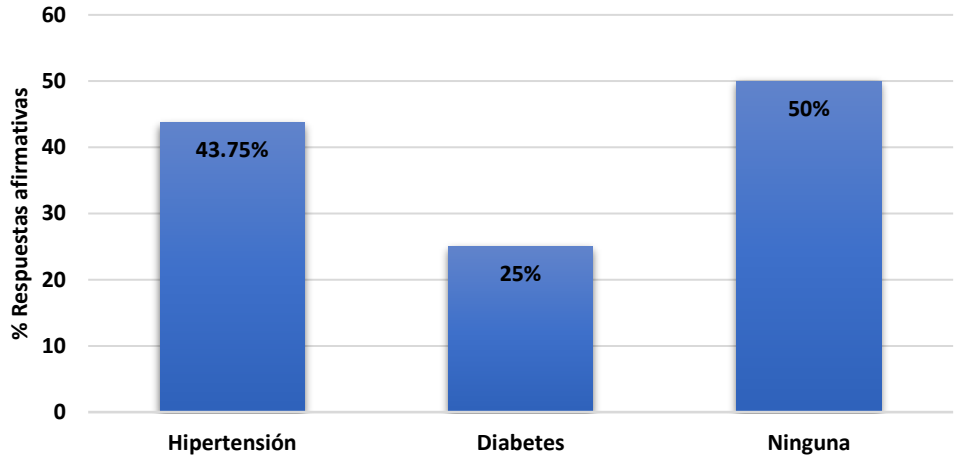
Gráfico 15. Antecedentes patológicos de los trabajadores ocupacionalmente expuestos



Fuente: Instrumento de recolección de datos.

En cuanto a los antecedentes patológicos personales de los trabajadores ocupacionalmente expuestos, se encontró que el 44% no presenta antecedentes patológicos, el 31% padece de hipertensión arterial y el 25% de diabetes (Gráfico 15, Anexo 5, tablas 26,27 y 28).

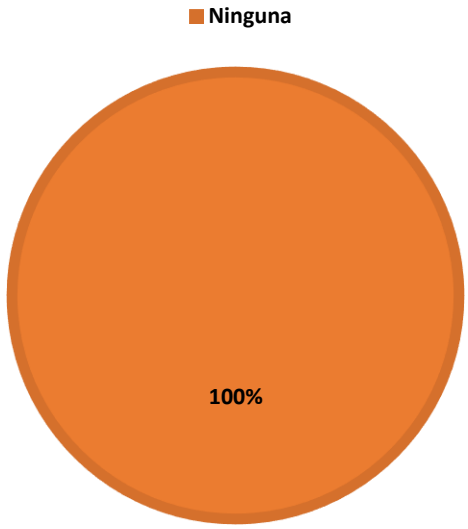
Gráfico 16. Antecedentes patológicos familiares de los trabajadores ocupacionalmente expuestos



Fuente: Instrumento de recolección de datos.

En cuanto a los antecedentes patológicos familiares de los trabajadores ocupacionalmente expuestos, se encontró que el 50% no presenta antecedentes patológicos por parte de su núcleo familiar, el 44% padece de hipertensión arterial y el 25% de diabetes (Gráfico 16, Anexo 5, tablas 29, 30 y 31).

Gráfico 17. Cirugías oculares en los trabajadores ocupacionalmente expuestos



Fuente: Instrumento de recolección de datos.

Se enlistaron diversas opciones de intervenciones quirúrgicas, tales como cataratas, glaucoma, corrección de traumas oculares (como heridas penetrantes o contusiones graves en el ojo), cirugía refractiva y procedimientos para tratar infecciones oculares severas. Sin embargo, el 100% de los trabajadores ocupacionalmente expuestos no tienen ninguna intervención de este tipo (Gráfico 17, Anexo 5, tabla 32).

Objetivo 2. Estimación de las dosis en cristalino del personal ocupacionalmente expuesto de hemodinamia en los servicios de imagenología en tres hospitales de Managua, período 2023-2024.

Dosis total del estudio periodo 2023-2024 para ojo izquierdo [mSv]

Con relación a la dosis total del estudio periodo 2023-2024 para ojo izquierdo [mSv], en esta investigación se reveló que el valor promedio obtenido fue de 2.30 mSv, con un intervalo de confianza para la media al 95%, que tiene un Límite Inferior de 1.55 mSv y un Límite Superior de 3.04 mSv (tabla 33). En la Gráfico 30, se presenta el rango intercuartílico (Q3 – Q1) que acumula el 50% centrado de dosis de los trabajadores ocupacionalmente expuestos, entre 1.46 y 2.37 mSv. El Q1 acumula el 25% de menor dosis por debajo de 1.46 mSv y en el Q4 se acumula el 25% de mayor dosis por encima de los 2.37 mSv.

Tabla 33. **Intervalo de confianza (95%) para dosis total del estudio periodo 2023-2024 para ojo izquierdo [mSv]**

Descriptivos			Estadístico	Desviación Estándar
dosis total del estudio para ojo Izq mSv	Media		2.3006	1.39881
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1.5553	
		Límite superior	3.0460	

Fuente: Instrumento de recolección de datos.

Dosis total del estudio periodo 2023-2024 para ojo derecho [mSv]

Con relación a la dosis total del estudio periodo 2023-2024 para ojo derecho [mSv], en esta investigación se reveló que el valor promedio obtenido fue de 1.95 mSv, con un intervalo de confianza para la media al 95%, que tiene un Límite Inferior de 01.50 mSv y un Límite Superior de 2.39 mSv (tabla 34). En la Gráfico 31, se presenta el rango intercuartílico (Q3 – Q1) que acumula el 50% centrado de dosis de los trabajadores ocupacionalmente expuestos, entre 1.36 y 2.28mSv. El Q1 acumula el 25% de menor dosis por debajo de 1.36 mSv y en el Q4 se acumula el 25% de mayor dosis por encima de los 2.28 mSv.

Tabla 34. Intervalo de confianza (95%) para dosis total del estudio periodo 2023-2024 para ojo derecho [mSv]

Descriptivos			Estadístico	Desviación Estándar
dosis total del estudio para ojo derecho [mSv]	Media		1.9500	0.83176
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1.5068	
		Límite superior	2.3932	

Fuente: Instrumento de recolección de datos.

Objetivo 3. Relaciones de asociación y correlación entre los factores sociolaborales y las dosis en cristalino reportadas del personal ocupacionalmente expuesto de hemodinamia en los servicios de imagenología en tres hospitales de Managua, período 2023-2024.

Correlación de Pearson entre el sexo de los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio medida en el ojo izquierdo

La prueba de correlación bivariado de Pearson fue realizada para analizar la relación entre el sexo de los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio medida para el ojo izquierdo. Esta prueba aportó las evidencias estadísticas de una correlación no significativa con un valor de p = 0.156. Esto demostró que ambos factores no están correlacionados entre sí (tabla 35).

Tabla 35. Prueba de correlación de Pearson para sexo de los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio para ojo izquierdo

Correlación de Pearson			
		dosis total del estudio para ojo izquierdo [mSv]	sexo de los trabajadores ocupacionalmente expuestos
dosis total del estudio para ojo izquierdo [mSv]	Pearson Correlation	1	0.372
	Sig. (2-tailed)		0.156
	N	16	16
sexo de los trabajadores ocupacionalmente expuestos	Pearson Correlation	0.372	1
	Sig. (2-tailed)	0.156	
	N	16	16

Fuente: Instrumento de recolección de datos.

Correlación de Pearson entre la edad de los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio medida en el ojo izquierdo

La prueba de correlación bivariado de Pearson fue realizada para analizar la relación entre la edad de los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio medida para el ojo izquierdo. Esta prueba aportó las evidencias estadísticas de una correlación no significativa con un valor de p = 0.062. Esto demostró que ambos factores no están correlacionados entre sí (tabla 36).

Tabla 36. Prueba de correlación de Pearson para la edad de los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio para ojo izquierdo

Correlación de Pearson			
		dosis total del estudio para ojo izquierdo [mSv]	edad de los trabajadores ocupacionalmente expuestos
dosis total del estudio para ojo izquierdo [mSv]	Pearson Correlation	1	0.477
	Sig. (2-tailed)		0.062
	N	16	16
edad de los trabajadores ocupacionalmente expuestos	Pearson Correlation	0.477	1
	Sig. (2-tailed)	0.062	
	N	16	16

Fuente: Instrumento de recolección de datos.

Correlación de Pearson entre la cantidad de años laborados por los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio medida en el ojo izquierdo

La prueba de correlación bivariado de Pearson fue realizada para analizar la relación entre la cantidad de años laborados por los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio medida para el ojo izquierdo. Esta prueba aportó las evidencias estadísticas de una correlación no significativa con un valor de p = 0.117. Esto demostró que ambos factores no están correlacionados entre sí (tabla 37).

Tabla 37. Prueba de correlación de Pearson para la cantidad de años laborados por los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio para ojo izquierdo

Correlación de Pearson			
		dosis total del estudio para ojo izquierdo [mSv]	Tiempo de laborar en el servicio de hemodinamia
dosis total del estudio para ojo izquierdo [mSv]	Pearson Correlation	1	0.408
	Sig. (2-tailed)		0.117
	N	16	16
Tiempo de laborar en el servicio de hemodinamia	Pearson Correlation	0.408	1
	Sig. (2-tailed)	0.117	
	N	16	16

Fuente: Instrumento de recolección de datos.

Correlación de Pearson entre la profesión de los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio medida en el ojo izquierdo

La prueba de correlación bivariado de Pearson fue realizada para analizar la relación entre la profesión de los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio medida para el ojo izquierdo. Esta prueba aportó las evidencias estadísticas de una correlación no significativa con un valor de p = 0.067. Esto demostró que ambos factores no están correlacionados entre sí (tabla 38).

Tabla 38. Prueba de correlación de Pearson para la profesión de los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio para ojo izquierdo

Correlación de Pearson			
		dosis total del estudio para ojo izquierdo [mSv]	Profesión de los trabajadores ocupacionalmente expuestos
dosis total del estudio para ojo izquierdo [mSv]	Pearson Correlation	1	0.469
	Sig. (2-tailed)		0.067
	N	16	16
Profesión de los trabajadores ocupacionalmente expuestos	Pearson Correlation	0.469	1
	Sig. (2-tailed)	0.067	
	N	16	16

Fuente: Instrumento de recolección de datos.

Correlación de Pearson entre la cantidad de horas en que los trabajadores ocupacionalmente expuestos están expuestos por procedimientos y la dosis total del estudio medida en el ojo izquierdo

La prueba de correlación bivariado de Pearson fue realizada para analizar la relación entre la cantidad de horas en que los trabajadores ocupacionalmente expuestos están expuestos por procedimientos y la dosis total del estudio medida para el ojo izquierdo. Esta prueba aportó las evidencias estadísticas de una correlación no significativa con un valor de p = 0.754. Esto demostró que ambos factores no están correlacionados entre sí (tabla 39).

Tabla 39. **Prueba de correlación de Pearson para la cantidad de horas en que los trabajadores ocupacionalmente expuestos están expuestos por procedimientos y la dosis total del estudio para ojo izquierdo**

Correlación de Pearson			
		dosis total del estudio para ojo izquierdo [mSv]	Cantidad de horas promedios por procedimiento
dosis total del estudio para ojo izquierdo [mSv]	Pearson Correlation	1	0.085
	Sig. (2-tailed)		0.754
	N	16	16
cantidad de horas promedios por procedimiento	Pearson Correlation	0.085	1
	Sig. (2-tailed)	0.754	
	N	16	16

Fuente: Instrumento de recolección de datos.

Correlación de Pearson entre la cantidad de procedimientos mensuales en la que participan los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio medida en el ojo izquierdo

La prueba de correlación bivariado de Pearson fue realizada para analizar la relación entre la cantidad de procedimientos mensuales en la que participan los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio medida para el ojo izquierdo. Esta prueba aportó las evidencias estadísticas de una correlación no significativa con un valor de $p = 0.127$. Esto demostró que ambos factores no están correlacionados entre sí (tabla 40).

Tabla 40. Prueba de correlación de Pearson para la cantidad de procedimientos mensuales en la que participan los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio para ojo izquierdo

Correlación de Pearson			
		dosis total del estudio para ojo izquierdo [mSv]	cantidad de procedimientos al mes
dosis total del estudio para ojo izquierdo [mSv]	Pearson Correlation	1	0.397
	Sig. (2-tailed)		0.127
	N	16	16
Cantidad de procedimientos al mes	Pearson Correlation	0.397	1
	Sig. (2-tailed)	0.127	
	N	16	16

Fuente: Instrumento de recolección de datos.

Correlación de Pearson entre la técnica utilizada en cada procedimiento y la dosis total del estudio medida en el ojo izquierdo

La prueba de correlación bivariado de Pearson fue realizada para analizar la relación entre la técnica de fluoroscopia utilizada en cada procedimiento y la dosis total del estudio medida para el ojo izquierdo. Esta prueba aportó las evidencias estadísticas de una correlación no significativa con un valor de p = 0.074. Esto demostró que ambos factores no están correlacionados entre sí (tabla 41).

Tabla 41. Prueba de correlación de Pearson para la técnica de fluoroscopia utilizada en cada procedimiento y la dosis total del estudio para ojo izquierdo

Correlación de Pearson			
		dosis total del estudio para ojo izquierdo [mSv]	Fluoroscopia
dosis total del estudio para ojo izquierdo [mSv]	Pearson Correlation	1	-0.459
	Sig. (2-tailed)		0.074
	N	16	16
Fluoroscopia	Pearson Correlation	-0.459	1
	Sig. (2-tailed)	0.074	
	N	16	16

Fuente: Instrumento de recolección de datos.

Correlación de Pearson para la técnica de angiografía utilizada en cada procedimiento y la dosis total del estudio para ojo izquierdo

La prueba de correlación bivariado de Pearson fue realizada para analizar la relación entre la técnica de angiografía utilizada en cada procedimiento y la dosis total del estudio medida para el ojo izquierdo. Esta prueba aportó las evidencias estadísticas de una correlación no significativa con un valor de p = 0.741. Esto demostró que ambos factores no están correlacionados entre si (tabla 42).

Tabla 42. Prueba de correlación de Pearson para la técnica de angiografía utilizada en cada procedimiento y la dosis total del estudio para ojo izquierdo

Correlación de Pearson			
		dosis total del estudio para ojo izquierdo [mSv]	Angiografía
dosis total del estudio para ojo izquierdo [mSv]	Pearson Correlation	1	-0.090
	Sig. (2-tailed)		0.741
	N	16	16
Angiografía	Pearson Correlation	-0.090	1
	Sig. (2-tailed)	0.741	
	N	16	16

Fuente: Instrumento de recolección de datos.

Correlación de Pearson para la técnica de cine angiografía utilizada en cada procedimiento y la dosis total del estudio para ojo izquierdo

La prueba de correlación bivariado de Pearson fue realizada para analizar la relación entre la técnica de cine angiografía utilizada en cada procedimiento y la dosis total del estudio medida para el ojo izquierdo. Esta prueba aportó las evidencias estadísticas de una correlación significativa con un valor de p = 0.036. Esto demostró que ambos factores están correlacionados entre sí (tabla 43).

Tabla 43. Prueba de correlación de Pearson para la técnica de cine angiografía utilizada en cada procedimiento y la dosis total del estudio para ojo izquierdo

Correlación de Pearson			
		dosis total del estudio para ojo Izquierdo [mSv]	Cine angiografía
dosis total del estudio para ojo Izquierdo [mSv]	Pearson Correlation	1	-0.526*
	Sig. (2-tailed)		0.036
	N	16	16
Cine angiografía	Pearson Correlation	-0.526*	1
	Sig. (2-tailed)	0.036	
	N	16	16
*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).			

Fuente: Instrumento de recolección de datos.

Correlación de Pearson entre el EPP utilizado por los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio medida en el ojo izquierdo

La prueba de correlación bivariado de Pearson fue realizada para analizar la relación entre el uso de las gafas plomadas por los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio medida para el ojo izquierdo. Esta prueba aportó las evidencias estadísticas de una correlación no significativa con un valor de p = 0.736. Esto demostró que ambos factores no están correlacionados entre sí (tabla 44).

Tabla 44. Prueba de correlación de Pearson entre el uso de las gafas plomadas por los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio para ojo izquierdo

Correlación de Pearson			
		dosis total del estudio para ojo Izquierdo [mSv]	Gafas plomadas
dosis total del estudio para ojo Izquierdo [mSv]	Pearson Correlation	1	0.092
	Sig. (2-tailed)		0.736
	N	16	16
Gafas plomadas	Pearson Correlation	0.092	1
	Sig. (2-tailed)	0.736	
	N	16	16

Fuente: Instrumento de recolección de datos.

Correlación de Pearson entre el uso de las mamparas plomadas por los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio para ojo izquierdo

La prueba de correlación bivariado de Pearson fue realizada para analizar la relación entre el uso de las mamparas plomadas por los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio medida para el ojo izquierdo. Esta prueba aportó las evidencias estadísticas de una correlación significativa con un valor de p = 0.026. Esto demostró que ambos factores están correlacionados entre sí (tabla 45).

Tabla 45. Prueba de correlación de Pearson entre el uso de las mamparas plomadas por los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio para ojo izquierdo

Correlación de Pearson			
		dosis total del estudio para ojo Izquierdo [mSv]	Mampara plomada
dosis total del estudio para ojo Izquierdo [mSv]	Pearson Correlation	1	-0.555*
	Sig. (2-tailed)		0.026
	N	16	16
Mampara plomada	Pearson Correlation	-0.555*	1
	Sig. (2-tailed)	0.026	
	N	16	16
*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).			

Fuente: Instrumento de recolección de datos.

Correlación de Pearson entre el sexo de los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio medida en el ojo derecho

La prueba de correlación bivariado de Pearson fue realizada para analizar la relación entre el sexo de los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio medida para el ojo derecho. Esta prueba aportó las evidencias estadísticas de una correlación no significativa con un valor de p = 0.293. Esto demostró que ambos factores no están correlacionados entre sí (tabla 46).

Tabla 46. Prueba de correlación de Pearson para sexo de los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio para ojo derecho

Correlación de Pearson			
		dosis total del estudio para ojo derecho [mSv]	sexo de los trabajadores ocupacionalmente expuestos
dosis total del estudio para ojo derecho [mSv]	Pearson Correlation	1	0.281
	Sig. (2-tailed)		0.293
	N	16	16
sexo de los trabajadores ocupacionalmente expuestos	Pearson Correlation	0.281	1
	Sig. (2-tailed)	0.293	
	N	16	16

Fuente: Instrumento de recolección de datos.

Correlación de Pearson entre la edad de los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio medida en el ojo derecho

La prueba de correlación bivariado de Pearson fue realizada para analizar la relación entre la edad de los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio medida para el ojo derecho. Esta prueba aportó las evidencias estadísticas de una correlación no significativa con un valor de p = 0.091. Esto demostró que ambos factores no están correlacionados entre sí (tabla 47).

Tabla 47. **Prueba de correlación de Pearson para la edad de los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio para ojo derecho**

Correlación de Pearson			
		dosis total del estudio para ojo derecho mSv	edad de los trabajadores ocupacionalmente expuestos
dosis total del estudio para ojo derecho mSv	Pearson Correlation	1	0.436
	Sig. (2-tailed)		0.091
	N	16	16
edad de los trabajadores ocupacionalmente expuestos	Pearson Correlation	0.436	1
	Sig. (2-tailed)	0.091	
	N	16	16

Fuente: Instrumento de recolección de datos.

Correlación de Pearson entre la cantidad de años laborados por los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio medida en el ojo derecho

La prueba de correlación bivariado de Pearson fue realizada para analizar la relación entre la cantidad de años laborados por los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio medida para el ojo derecho. Esta prueba aportó las evidencias estadísticas de una correlación no significativa con un valor de p = 0.340. Esto demostró que ambos factores no están correlacionados entre sí (tabla 48).

Tabla 48. Prueba de correlación de Pearson para la cantidad de años laborados por los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio para ojo derecho

Correlación de Pearson			
		dosis total del estudio para ojo derecho [mSv]	Tiempo de laborar en el servicio de hemodinamia
dosis total del estudio para ojo derecho [mSv]	Pearson Correlation	1	0.255
	Sig. (2-tailed)		0.340
	N	16	16
Tiempo de laborar en el servicio de hemodinamia	Pearson Correlation	0.255	1
	Sig. (2-tailed)	0.340	
	N	16	16

Fuente: Instrumento de recolección de datos.

Correlación de Pearson entre la profesión de los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio medida en el ojo derecho

La prueba de correlación bivariado de Pearson fue realizada para analizar la relación entre la profesión de los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio medida para el ojo derecho. Esta prueba aportó las evidencias estadísticas de una correlación significativa con un valor de p = 0.022. Esto demostró que ambos factores están correlacionados entre sí (tabla 49).

Tabla 49. Prueba de correlación de Pearson para la profesión de los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio para ojo derecho

Correlación de Pearson			
		dosis total del estudio para ojo derecho [mSv]	Profesión del trabajador ocupacionalmente expuesto
dosis total del estudio para ojo derecho [mSv]	Pearson Correlation	1	0.566*
	Sig. (2-tailed)		0.022
	N	16	16
Profesión de los trabajadores ocupacionalmente expuestos	Pearson Correlation	0.566*	1
	Sig. (2-tailed)	0.022	
	N	16	16
*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).			

Fuente: Instrumento de recolección de datos.

Correlación de Pearson entre la cantidad de horas en que los trabajadores ocupacionalmente expuestos están expuestos por procedimientos y la dosis total del estudio medida en el ojo derecho

La prueba de correlación bivariado de Pearson fue realizada para analizar la relación entre la cantidad de horas en que los trabajadores ocupacionalmente expuestos están expuestos por procedimientos y la dosis total del estudio medida para el ojo derecho. Esta prueba aportó las evidencias estadísticas de una correlación no significativa con un valor de p = 0.782. Esto demostró que ambos factores no están correlacionados entre sí (tabla 50).

Tabla 50. Prueba de correlación de Pearson para la cantidad de horas en que los trabajadores ocupacionalmente expuestos están expuestos por procedimientos y la dosis total del estudio para ojo derecho

Correlación de Pearson			
		dosis total del estudio para ojo derecho [mSv]	cantidad de horas promedios por procedimiento
dosis total del estudio para ojo derecho [mSv]	Pearson Correlation	1	-0.075
	Sig. (2-tailed)		0.782
	N	16	16
cantidad de horas promedios por procedimiento	Pearson Correlation	-0.075	1
	Sig. (2-tailed)	0.782	
	N	16	16

Fuente: Instrumento de recolección de datos.

Correlación de Pearson entre la cantidad de procedimientos mensuales en la que participan los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio medida en el ojo derecho

La prueba de correlación bivariado de Pearson fue realizada para analizar la relación entre la cantidad de procedimientos mensuales en la que participan los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio medida para el ojo derecho. Esta prueba aportó las evidencias estadísticas de una correlación no significativa con un valor de p = 0.532. Esto demostró que ambos factores no están correlacionados entre sí (tabla 51).

Tabla 51. Prueba de correlación de Pearson para la cantidad de procedimientos mensuales en la que participan los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio para ojo derecho

Correlacion de Pearson			
		dosis total del estudio para ojo derecho [mSv]	cantidad de procedimientos al mes
dosis total del estudio para ojo derecho [mSv]	Pearson Correlation	1	0.169
	Sig. (2-tailed)		0.532
	N	16	16
cantidad de procedimientos al mes	Pearson Correlation	0.169	1
	Sig. (2-tailed)	0.532	
	N	16	16

Fuente: Instrumento de recolección de datos.

Correlación de Pearson entre la técnica utilizada en cada procedimiento y la dosis total del estudio medida en el ojo derecho

La prueba de correlación bivariado de Pearson fue realizada para analizar la relación entre la técnica de fluoroscopia utilizada en cada procedimiento y la dosis total del estudio medida para el ojo derecho. Esta prueba aportó las evidencias estadísticas de una correlación no significativa con un valor de p = 0.067. Esto demostró que ambos factores no están correlacionados entre sí (tabla 52).

Tabla 52. Prueba de correlación de Pearson para la técnica de fluoroscopia utilizada en cada procedimiento y la dosis total del estudio para ojo derecho

Correlacion de Pearson			
		dosis total del estudio para ojo derecho [mSv]	Fluoroscopia
dosis total del estudio para ojo derecho [mSv]	Pearson Correlation	1	-0.468
	Sig. (2-tailed)		0.067
	N	16	16
Fluoroscopia	Pearson Correlation	-0.468	1
	Sig. (2-tailed)	0.067	
	N	16	16

Fuente: Instrumento de recolección de datos.

Correlación de Pearson para la técnica de angiografía utilizada en cada procedimiento y la dosis total del estudio para ojo derecho

La prueba de correlación bivariado de Pearson fue realizada para analizar la relación entre la técnica de angiografía utilizada en cada procedimiento y la dosis total del estudio medida para el ojo derecho. Esta prueba aportó las evidencias estadísticas de una correlación no significativa con un valor de p = 0.813. Esto demostró que ambos factores no están correlacionados entre sí (tabla 53).

Tabla 53. Prueba de correlación de Pearson para la técnica de angiografía utilizada en cada procedimiento y la dosis total del estudio para ojo derecho

Correlación de Pearson			
		dosis total del estudio para ojo derecho [mSv]	Angiografía
dosis total del estudio para ojo derecho [mSv]	Pearson Correlation	1	-0.064
	Sig. (2-tailed)		0.813
	N	16	16
Angiografía	Pearson Correlation	-0.064	1
	Sig. (2-tailed)	0.813	
	N	16	16

Fuente: Instrumento de recolección de datos.

Correlación de Pearson para la técnica de cine angiografía utilizada en cada procedimiento y la dosis total del estudio para ojo derecho

La prueba de correlación bivariado de Pearson fue realizada para analizar la relación entre la técnica de cine angiografía utilizada en cada procedimiento y la dosis total del estudio medida para el ojo derecho. Esta prueba aportó las evidencias estadísticas de una correlación significativa con un valor de p = 0.038. Esto demostró que ambos factores están correlacionados entre sí (tabla 54).

Tabla 54. Prueba de correlación de Pearson para la técnica de cine angiografía utilizada en cada procedimiento y la dosis total del estudio para ojo derecho

Correlación de Pearson			
		dosis total del estudio para ojo derecho [mSv]	Cine angiografía
dosis total del estudio para ojo derecho [mSv]	Pearson Correlation	1	-0.522*
	Sig. (2-tailed)		0.038
	N	16	16
Cine angiografía	Pearson Correlation	-0.522*	1
	Sig. (2-tailed)	0.038	
	N	16	16
*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).			

Fuente: Instrumento de recolección de datos.

Correlación de Pearson entre el EPP utilizado por los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio medida en el ojo derecho

La prueba de correlación bivariado de Pearson fue realizada para analizar la relación entre el uso de las gafas plomadas por los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio medida para el ojo derecho. Esta prueba aportó las evidencias estadísticas de una correlación no significativa con un valor de p = 0.850. Esto demostró que ambos factores no están correlacionados entre sí (tabla 55).

Tabla 55. Prueba de correlación de Pearson entre el uso de las gafas plomadas por los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio para ojo derecho

Correlación de Pearson			
		Dosis total del estudio para ojo derecho [mSv]	Gafas plomadas
dosis total del estudio para ojo derecho [mSv]	Pearson Correlation	1	0.051
	Sig. (2-tailed)		0.850
	N	16	16
Gafas plomadas	Pearson Correlation	0.051	1
	Sig. (2-tailed)	0.850	
	N	16	16

Fuente: Instrumento de recolección de datos.

Correlación de Pearson entre el uso de las mamparas plomadas por los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio para ojo derecho

La prueba de correlación bivariado de Pearson fue realizada para analizar la relación entre el uso de las mamparas plomadas por los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio medida para el ojo derecho. Esta prueba aportó las evidencias estadísticas de una correlación significativa con un valor de p = 0.291. Esto demostró que ambos factores no están correlacionados entre sí (tabla 56).

Tabla 56. Prueba de correlación de Pearson entre el uso de las mamparas plomadas por los trabajadores ocupacionalmente expuestos y la dosis total del estudio para ojo derecho

Correlación de Pearson			
		dosis total del estudio para ojo derecho [mSv]	Mampara plomada
dosis total del estudio para ojo derecho [mSv]	Pearson Correlation	1	-0.282
	Sig. (2-tailed)		0.291
	N	16	16
Mampara plomada	Pearson Correlation	-0.282	1
	Sig. (2-tailed)	0.291	
	N	16	16

Fuente: Instrumento de recolección de datos.

X. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Principales hallazgos a partir de los resultados obtenidos

1. En esta investigación se caracterizó a los trabajadores ocupacionalmente expuestos que cumplieron los criterios de inclusión. Se observó que el grupo estaba compuesto principalmente por personal de enfermería, seguido de médicos cardiólogos y cirujanos. La mayoría de los trabajadores ocupacionalmente expuestos se desempeñaban en instituciones privadas. El promedio de años de experiencia laboral entre los participantes fue de 8.81 años. Mensualmente los trabajadores ocupacionalmente expuestos realizan un promedio de 20 procedimientos intervencionistas con un promedio de 3 horas por cada procedimiento realizado. La edad promedio de los participantes es de 43.25 años.

En cuanto al género, predominó la presencia masculina. Además, se constató que la mayoría de los trabajadores ocupacionalmente expuestos había recibido capacitación en temas como Protección Radiológica y Radiología Intervencionista. Todos los trabajadores disponen de dosímetros personales Hp(10) y utilizan EPP, entre los que destacan los delantales plomados y los protectores de tiroides. Se evidenció que cada trabajador se somete a exámenes médicos periódicos; sin embargo, en estos no se incluye el examen de exploración del cristalino.

El hallazgo de una mayoría masculina es consistente con estudios internacionales, pero la falta de exámenes específicos del cristalino indica una brecha significativa en las políticas de protección radiológica comparado con Italia (Vecchia et al. (2020)) y Brasil (Pereira Barbosa et al. (2019)). Además, el tiempo promedio de los procedimientos y el uso de EPP son prácticas positivas, aunque no siempre completas (por ejemplo, ausencia de gafas plomadas).

Los resultados encontrados en contraste con otros estudios como Vecchia et al. (2020) y Pereira Barbosa et al. (2019) resaltan el perfil de alto riesgo de los cardiólogos intervencionistas debido a la alta carga de procedimientos y exposición acumulativa. Jaramillo Garzón et al. (2019) también destacan que la inadecuada protección, como la falta de gafas plomadas, agrava la exposición en el cristalino.

2. Con relación a la estimación de las dosis en cristalino del personal ocupacionalmente expuesto de hemodinamia en los servicios de imagenología en tres hospitales de Managua, período 2023-2024, se obtuvo que el valor promedio para el ojo izquierdo fue de 2.30mSv, mientras que para el ojo derecho fue de 1.95mSv. Estos valores se sitúan, en términos generales, dentro del límite de dosis anual al cristalino establecido para los trabajadores ocupacionalmente expuestos, que es de 20mSv. Se constató que el ojo que presenta una mayor exposición a la radiación es el izquierdo. Adicionalmente, se observó que el personal de enfermería fue el que recibió las dosis más elevadas de radiación.

Según estudios como los de Pereira Barbosa et al. (2019) y Vecchia et al. (2020), se ha resaltado la prevalencia de cataratas subcapsulares posteriores vinculadas a dosis acumulativas de radiación, subrayando la importancia de medidas preventivas; en este contexto, Mendoza Josselyn (2020) en Nicaragua reportó avances significativos en la calibración de sistemas de dosimetría Hp(3), lo que podría contribuir a un monitoreo más eficiente y a la mitigación de riesgos a futuro.

En contraste con los resultados y los antecedentes en esta área (Pereira Barbosa et al. (2019) y Vecchia et al. (2020)), se evidencia que la exposición promedio observada está dentro de límites seguros, pero es preocupante que el personal de enfermería reciba dosis más altas. Esto podría deberse a su proximidad al haz primario o a prácticas inadecuadas de protección. La comparación con dichos antecedentes muestra que, aunque las dosis sean relativamente bajas, no se pueden descartar efectos acumulativos a largo plazo.

3. En esta investigación se demostró una correlación estadísticamente significativa entre el tipo de técnica utilizada (cineangiografía) en los procedimientos de hemodinamia y las dosis recibidas en el cristalino para ambos ojos. Asimismo, se demostró la correlación entre la no utilización de las mamparas plomadas en los procedimientos intervencionistas y las dosis recibidas en el cristalino para el ojo izquierdo. Para el ojo derecho, se identificó una correlación estadísticamente significativa entre la dosis recibida y la profesión de los trabajadores ocupacionalmente expuestos.

No se encontraron asociaciones significativas entre la dosis recibida en el ojo izquierdo y variables como la profesión de los trabajadores ocupacionalmente expuestos, el sexo, la edad, la cantidad de horas por procedimiento, el número de procedimientos realizados al mes, utilización de técnicas intervencionistas como fluoroscopia y angiografía, así como para utilización de EPP para los ojos tales como gafas plomadas. En el ojo derecho no se observó correlación entre la dosis del ojo derecho y las variables de sexo, edad, años de experiencia laboral, cantidad de horas por procedimiento, número de procedimientos mensuales, utilización de técnicas intervencionistas como fluoroscopia y angiografía, así como para utilización de EPP tales como gafas y mamparas plomadas.

La correlación entre cineangiografía y mayores dosis en cristalino refuerza observaciones previas de que técnicas específicas incrementan la exposición. Sin embargo, el hallazgo de que variables como edad o experiencia laboral no sean significativas es diferente a los estudios que sugieren que estas podrían influir en el riesgo acumulativo (Pereira Barbosa et al. (2019) y Vecchia et al. (2020)).

Implicaciones de los resultados obtenidos

1. *Relevancia de la capacitación continua en protección radiológica:* A pesar de que la mayoría del personal ha recibido capacitación en protección radiológica, las correlaciones entre las dosis al cristalino y factores como la no utilización de mamparas plomadas resaltan la necesidad de reforzar los programas de formación continua, enfocándose en la importancia del uso de barreras físicas para reducir las dosis recibidas, especialmente en procedimientos de cine angiografía.

2. *Diseño y evaluación de estrategias de protección personalizadas:* Los hallazgos evidencian que el personal de enfermería tiene una mayor exposición a radiación en comparación con otros profesionales. Esto sugiere que las estrategias de protección radiológica deberían ser personalizadas según el tipo de labor desempeñada y la ubicación relativa al equipo emisor de radiación durante los procedimientos.

3. *Monitoreo más detallado de la salud ocular:* Aunque los trabajadores ocupacionalmente expuestos se someten a exámenes médicos periódicos, la ausencia de una evaluación específica del cristalino puede limitar la detección temprana de efectos adversos relacionados con la exposición ocupacional a radiación ionizante. Es necesario considerar la incorporación de este examen como una práctica estándar en los programas de vigilancia médica ocupacional.

4. *Optimización de protocolos en procedimientos de hemodinamia:* La correlación entre el uso de cine angiografía y las dosis al cristalino resalta la necesidad de optimizar las técnicas utilizadas en procedimientos intervencionistas, implementando estrategias como la reducción del tiempo de fluoroscopia activa o el uso de parámetros técnicos que minimicen la exposición sin comprometer la calidad diagnóstica.

XI. CONCLUSIONES

1. Se caracterizó a los trabajadores ocupacionalmente expuestos, revelando que la mayoría son del personal de enfermería, seguido de los médicos cardiólogos y médicos cirujanos, y trabajan en instituciones privadas. El promedio de años laborados fue de 8.81 años, mensualmente los trabajadores ocupacionalmente expuestos realizan un promedio de 20 procedimientos intervencionistas con un promedio de 3 horas por cada procedimiento realizado. La edad promedio de los participantes es de 43.25 años. La mayoría de los trabajadores ocupacionalmente expuestos eran varones.

2. Se identificó que la dosis total del estudio en el ojo izquierdo de los trabajadores ocupacionalmente expuestos tuvo un valor promedio de 2.30 mSv. Con relación a la dosis total del estudio para ojo derecho el valor promedio obtenido fue de 1.95 mSv. Todos estos valores fueron son considerados como valores de condiciones de trabajo normales en donde los trabajadores ocupacionalmente expuestos no han excedido el límite de dosis anual de 20 mSv en el cristalino.

3. Se demostró que hay una correlación estadísticamente significativa entre el tipo de técnica utilizada en los procedimientos de intervención (cine angiografía) y la dosis del cristalino para el ojo izquierdo en los trabajadores ocupacionalmente expuestos. Se evidenció una correlación estadísticamente significativa entre el EPP mampara plomada con la dosis recibida.

   En cuanto al ojo derecho, se demostró que hay una correlación estadísticamente significativa entre el tipo de técnica utilizada en los procedimientos de intervención (cine angiografía) y la dosis del cristalino en los trabajadores ocupacionalmente expuestos. Existe una correlación entre la dosis y la profesión de los trabajadores ocupacionalmente expuestos.

4. Con base en los resultados obtenidos, se concluye que las condiciones de trabajo del personal ocupacionalmente expuesto de hemodinamia en los servicios de imagenología en hospitales tienen un efecto relevante en la dosis recibida en el cristalino, validando así la hipótesis alternativa (H1). Los hallazgos demuestran que factores como el tipo de técnica utilizada (cineangiografía) y la no utilización de mamparas plomadas se correlacionan significativamente con mayores dosis en el cristalino. Además, aunque las dosis promedio se encuentran dentro de los límites establecidos, se observó una variabilidad preocupante, especialmente en el personal de enfermería, quienes registraron las dosis más altas debido a su proximidad al haz primario y prácticas de protección posiblemente inadecuadas.

RECOMENDACIONES

Basado en los resultados obtenidos en esta investigación, se recomienda:

A los centros hospitalarios:

1. Continuar monitoreando las dosis del cristalino del personal que trabaja en las áreas de hemodinamia.
2. Establecer un protocolo claro para el intercambio mensual de dosímetros. Esto facilitará una recolección de datos más consistente y confiable.
3. Implementar programas de capacitación regular para el personal sobre el uso adecuado de los dosímetros y la importancia del monitoreo de dosis.
4. Mantener un registro detallado del uso y cambio de los dosímetros, así como de cualquier incidente que pueda afectar la validez de las mediciones.
5. Evaluar y, de ser necesario, reforzar las medidas de protección radiológica para el personal, especialmente para aquellos que manejan procedimientos que involucran exposiciones más altas.
6. Llevar a cabo revisiones periódicas de los datos recopilados para identificar tendencias en las dosis recibidas y evaluar la efectividad de las medidas de protección implementadas.

XII. BIBLIOGRAFÍA

AAPM. (2020). *AAPM TG 191: Clinical use of luminescent dosimeters: TLDs and OSLDs.*

Andrea Galindo del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). (13 de 05 de 2022). *Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA)*. Obtenido de https://www.iaea.org/es/newscenter/news/que-es-la-radiacion

Castro, A. M. (2015). ESTUDIO PILOTO DE DOSIS EN CRISTALINO EN RADIOLOGÍA INTERVENCIONISTA. *SOCIEDAD ARGENTINA DE RADIOPROTECCIÓN*.

Clínica Rahhal Oftalmología. (13 de 10 de 2016). *Clínica Rahhal Oftalmología*. Obtenido de https://www.rahhal.com/cristalino-anatomia-funciones-afecciones/

Comisión Nacional de Energía Atómica (CONEA). (2019). *"Guía sobre Vigilancia de la Salud de los Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos (TOEs) a las Radiaciones Ionizantes".* Managua.

Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS), la Organización Mundial de la Salud (OMS). (2016). *Pautas éticas internacionales para la investigación relacionada con la salud con seres humanos.* Ginebra.

Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). (s.f.). *Consejo de Seguridad Nuclear (CSN)*. Obtenido de https://www.csn.es/usos-de-las-radiaciones#:~:text=Los%20materiales%20radiactivos%20y%20las,radiodiagn%C3%B3stico%2C%20radioterapia%20y%20medicina%20nuclear.

CSN. (2009). *MAGNITUDES Y UNIDADES RADIOLÓGICAS.* IRD_OP_GR_T05 .

Equipo editorial de MedImaging. (15 de Marzo de 2021). *MedImaging*. Obtenido de https://www.medimaging.es/radiografia/articles/294787486/sistema-de-filtracion-optimiza-el-haz-de-rayos-x-en-la-fluoroscopia.html

GmbH, RadPro International. (s.f.). *Thermoluminescent Detectors*. Obtenido de www.radpro-int.com

Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la Investigación* . Ciudad de México: McGraw-Hill Education.

Huda, W. (1997). Physics and Technology Series - Radiation Dosimetry in Diagnostic Radiology. *American Journal of Roentgenology* , 1487-1488.

IAEA. (2018). *Occupational Radiation Protection (General Safety Guide No. GSG-7).* Vienna.

ICRP. (2011). *Dose limits to the lens of the eye: International Basic Safety Standards and related guidance.*

ICRU, V. 1. (2011). *Fundamental Quantities and units for Ionizing Radiation (Revised).*

International Commission on Radiological Protection (ICRP). (2007). *Las Recomendaciones 2007 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica.* Madrid: Sociedad Española de Protección, Senda Editorial S.A.

Laboratorio de Física de Radiaciones y Metrología (LAF-RAM). (2022). *Informe Anual 2021 dirigo a: Partes Interesadas.* Managua: UNAN-Managua.

Laboratorio de Física de Radiaciones y Metrología (LAF-RAM). (8 de 7 de 2022). Procedimiento Método de Ensayo. Managua.

Mamoru Kato, K. C. (2019). OCCUPATIONAL RADIATION EXPOSURE OF THE EYE IN NEUROVASCULAR INTERVENTIONAL PHYSICIAN. *Radiation Protection Dosimetry*, 151–156.

Marcos L. Wang, C. E. (2016). Cirugía de la mano y dosis de radiación ocular fluoroscópica. *National Library of Medicine*, 21-25.

MIRION TECHNOLOGIES (RADOS). (2009). *RE-2000 TLD READER USER MANUAL Version 1.41.*

Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA). (s.f.). *Radiología Intervencionista*. Obtenido de Organismo Internacional de Energía Atómica: https://www.iaea.org/es/temas/radiologia-intervencionista

Organismo Internacional de Energía Atómica OIEA. (23 de 11 de 2016). *slideshare*. Obtenido de https://es.slideshare.net/MetodosDigitales/clase-de-fluoroscopia-digital

Pedroza, M. E. (2017). *Innovación institucional y organizacional de la investigación en la UNAN-Managua, en el período 2011-2016.* Managua: UNAN-Managua.

Piura, J. (2012). *Metodología de la Investigación Científica.* Managua.

Radcard. (s.f.). *EYE-D.* Obtenido de www.Radcard.pl

Rivera, T. (11 de septiembre de 2011). TERMOLUMINISCENCIA EN DOSIMETRÍA MÉDICA. *XII International Symposium/XXII National Congress on Solid State Dosimetry*. Mexico.

Roberto Hernández Sampieri, C. F. (2014). Metodología de la investrigación (quinta edición). México D.F.: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Sociedad Latinoamericana de Cardiología Intervencionista. (2008). *Informe de Evaluación Retrospectiva de Lesiones del Cristalino y Dosis (RELID)*. Obtenido de https://www.iaea.org/es/recursos/proteccion-radiologica-de-los-pacientes/recursos/relid

The International Commission on radiation units and measurements (ICRU). (2017). *OPERATIONAL QUANTITIES FOR EXTERNAL RADIATION EXPOSURE.* Published by Oxford University Press.

Zett Lobos, C., Vera Muñoz, F., Arriola Alvarez, K., Díaz Ramos, O., Gamarra, J., Fernández Palomo, C., . . . Reyes Avazola , S. (2013). ¿Es suficiente la protección otorgada por gafas plomadas en cardiología intervencionista? *Revista Médica Chilena*, 63-69.

ANEXOS

ANEXO 1. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Objetivo 1: Describir los factores sociolaborales del personal ocupacionalmente expuesto de hemodinamia en los servicios de imagenología en tres hospitales de Managua, período 2023-2024

VARIABLE	INDICADORES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	VALORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Edad	% por grupo etáreo.	Cantidad de años de vida de los trabajadores ocupacionalmente expuestos	Años	Numérica Discreta
Sexo	% de hombres y mujeres	Condición orgánica que distingue al hombre de la mujer	1: Masculino, 2: Femenino	Categórica dicotómica
Cantidad de años laborados en el servicio	Cantidad de años en el servicio de Hemodinamia	años laborales que una persona ha permanecido en el sistema laboral formal	Años	Numérica Discreta
Cargo desempeñado	Cargo dentro de la institución	Puesto que ocupa el individuo en un empleo	1: Médico Especialista 2: Cardiólogo 3: Enfermero 4: Anestesiólogo 5: Técnico de rayos X 6: Otro	Categórica nominal
Horas por procedimiento	Cantidad de horas promedio por procedimiento	tiempo durante el cual el trabajador permanece expuesto a radiaciones ionizantes	Horas	Numérica Discreta

VARIABLE	INDICADORES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	VALORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Equipos de protección radiológica	EPP	Establece las disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores	1: Mampara plomada (móviles o fijas) 2: Dosímetro personal. 3: Guantes plomados hasta codo. 4: Cuellos tiroideos plomados. 5: Gafas plomadas. 6: Otro	Categórica nominal
Capacitación del personal	Tipo de capacitaciones recibidas	Es una manera de proporcionar a los trabajadores los conocimientos y las competencias que necesitan para desempeñar una función	1: Protección radiológica 2: Radiología intervencionista 3: Física de radiaciones 4: Radiobiología 5: Cultura de seguridad 6: No ha recibido ninguna 7: otra	Categórica nominal
Equipos generadores de rayos X	Tipo de equipos generadores de rayos X	son dispositivos médicos o industriales que producen radiación de rayos X para diversas aplicaciones	1: Arco en C 2: Tomografía computarizada (TC) de intervención 3: Otro	Categórica nominal

VARIABLE	INDICADORES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	VALORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Técnica de obtención de imagen	Tipo de técnica de obtención de imagen	conjunto de parámetros y procedimientos específicos utilizados en la adquisición de imágenes médicas o científicas para lograr resultados deseados.	1: Fluoroscopia 2: Angiografía 3: Cineangiografía 4: otra	Categórica nominal
Exámenes médicos ocupacionales	Tipo de exámenes médicos realizado	Son evaluaciones médicas específicas que se realizan a los trabajadores como parte de la medicina laboral.	1: Examen preempleo 2: Examen periódico 3: Examen de reintegro 4: Examen al finalizar contrato laboral 5: Examen especifico a exploración de cristalino	Categórica dicotómica
Antecedentes patológicos (Personales y familiares)	Cantidad de antecedentes patológicos	Enfermedades que el individuo ha padecido con anterioridad o que puedan ser heredadas de un familiar	1: Diabetes, 2: Hipertensión arterial 3: otros	Categórica nominal
Antecedentes de cirugías o lesiones oculares	Cantidad de cirugías por lesiones oculares	Los traumatismos causados por un golpe o contusión causadas por un objeto	Accidentes: 1: heridas perforantes 2: Catarata 3: Laceración Conjuntival	Categórica nominal

Objetivo 2: Estimar las dosis en cristalino del personal ocupacionalmente expuesto de hemodinamia en los servicios de imagenología en tres hospitales de Managua, período 2023-2024.

VARIABLE	INDICADORES	DEFINICION OPERACIONAL	VALORES	ESCALA DE MEDICION
Dosis equivalente Hp (3)	% dosis promedio y dosis individual.	Dosis recibida en cristalino a 3mm de profundidad	Dosis en mSv	Numérica Continua

Objetivo 3: Establecer las relaciones de asociación y correlación entre los factores sociolaborales y las dosis en cristalino reportadas del personal ocupacionalmente expuesto de hemodinamia en los servicios de imagenología en tres hospitales de Managua, período 2023-2024.

VARIABLE	INDICADORES	DEFINICION OPERACIONAL	VALORES	ESCALA DE MEDICION
Cargo desempeñado	Cargo dentro de la institución	Puesto que ocupa el individuo en un empleo	1: Médico Especialista 2: Cardiólogo 3: Enfermero 4: Anestesiólogo 5: Técnico de rayos X 6: Otro	Categórica nominal
Horas por procedimiento	Cantidad de horas promedio por procedimiento	tiempo durante el cual el trabajador permanece expuesto a radiaciones ionizantes	Horas	Categórica Discreta
Equipos de protección radiológica	EPP	Establece las disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores	1: Mampara plomada (móviles o fijas) 2: Dosímetro personal. 3: Guantes plomados hasta codo. 4: Cuellos tiroideos plomados. 5: Gafas plomadas. 6: Otro	Categórica nominal
Capacitación del personal	Tipo de capacitaciones recibidas	Es una manera de proporcionar a los trabajadores los conocimientos y las	1: Protección radiológica 2: Radiología intervencionista 3: Física de radiaciones	Categórica nominal

		competencias que necesitan para desempeñar una función	4: Radiobiología 5: Cultura de seguridad 6: No ha recibido ninguna	
Técnica de obtención de imagen	Tipo de técnica de obtención de imagen	conjunto de parámetros y procedimientos específicos utilizados en la adquisición de imágenes médicas o científicas para lograr resultados deseados.	1: Fluoroscopia 2: Angiografía 3: Cineangiografía 4: otro	Categórica nominal
Equipos generadores de rayos X	Tipo de equipos generadores de rayos X	son dispositivos médicos o industriales que producen radiación de rayos X para diversas aplicaciones	1: Arco en C 2: Tomografía computarizada (TC) de intervención 3: Otro	Categórica nominal
Dosis equivalente Hp (3)	% dosis promedio y dosis individual.	Dosis recibida en cristalino a 3mm de profundidad	Dosis en mSv	Numérica Continua

ANEXO 2

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS SOCIOLABORALES

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA
UNAN-MANAGUA

CENTRO DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS DE LA SALUD

CIES-UNAN Managua

Encuesta de recolección de datos sociolaborales

El presente estudio tiene como objetivo general Evaluar los factores de riesgo que influyen en la dosis en el cristalino del personal ocupacionalmente expuesto de hemodinamia en los servicios de imagenología en tres hospitales de Managua, período 2023-2024.

Número de Ficha: _____

Fecha: _____

I. Datos generales del Trabajador

Sexo:

☐ Masculino

☐ Femenino

Edad: ____

Nombre de la entidad laboral: _____

Tipo de institución:

☐ Pública

☐ Privada

☐ Semi privada

Fecha de ingreso al trabajo: _____

II. Cuantos años lleva laborando en áreas de Hemodinamia: ____

III. Cargo o puesto en el servicio de hemodinamia:

- ☐ Médico cirujano
- ☐ Cardiólogo
- ☐ Técnico quirúrgico
- ☐ Técnico de Rayos X
- ☐ Enfermero
- ☐ Anestesiólogo
- ☐ Otro

En caso de seleccionar otros especifique cual: _____

IV. Seleccione todas las opciones que apliquen:

Uso de medios de protección personal. ¿Cuáles?:

- ☐ Delantal plomado
- ☐ Protector de tiroides
- ☐ Gafas plomadas
- ☐ Mampara plomada
- ☐ Otros

En caso de seleccionar otros especifique cuales: _____

V. Exposición ocupacional

a) Equipo generador de radiaciones ionizantes con el que trabaja:

☐ Arco en C

☐ Tomografía computarizada (TC) de intervención

☐ Otro (especificar): _____

b) Tipo de técnicas utilizadas

☐ Fluoroscopia

☐ Angiografía

☐ Cineangiografía

☐ Otro (especificar): _____

c) Cantidad de horas promedio por procedimiento: _____

d) Cantidad de procedimientos por mes: _____

VI. ¿La institución le proporciona dosimetría personal?

☐ Si

☐ No

¿Qué tipo de dosimetría personal le brinda su institución?

☐ Cuerpo entero (dosímetro de gabacha) Hp (10)

☐ Extremidades (dosímetro de anillo) Hp (0.07)

VII. Ha recibido capacitación en alguno de los siguientes temas o relacionados a la protección radiológica (puede marcar más de una opción):

- ☐ Protección radiológica
- ☐ Radiología intervencionista
- ☐ Física de radiaciones
- ☐ Radiobiología
- ☐ Cultura de seguridad
- ☐ No he recibido ninguna
- ☐ Otros (especifique): _____

VIII. EXÁMENES MÉDICOS

Le han realizado exámenes en los siguientes casos:

a) Examen médico preempleo (también conocido como examen médico de ingreso, es un proceso médico que se realiza antes de que un individuo comience en su empleo):

- ☐ Si
- ☐ No

b) Examen médico de reintegración (se realiza cuando un individuo regresa a su lugar de trabajo después de una ausencia debido a una enfermedad, lesión u otra razón que haya requerido tiempo fuera del trabajo):

- ☐ Si
- ☐ No

c) Examen médico periódicos (se realizan a los empleados a intervalos específicos durante su empleo):

- ☐ Si
- ☐ No

d) Examen médico después de exposiciones anormales (se realiza después de que un empleado ha estado expuesto a condiciones o situaciones inusuales o excepcionales que pueden haber aumentado el riesgo de daño a su salud):

☐ Si
☐ No

e) Examen médico al finalizar contrato laboral (se realiza cuando un empleado está a punto de concluir su relación laboral con una empresa):

☐ Si
☐ No

IX. Dentro de sus exámenes médicos ocupacionales se contempla la Exploración oftalmológica (examen del cristalino):

☐ Si
☐ No

X. ¿Cuáles de estos exámenes oftalmológicos se ha realizado? (puede marcar más de una opción)

☐ Examen de agudeza visual
☐ Examen de biomicroscopia (también conocido como lámpara de hendidura)
☐ Examen de dilatación
☐ Examen de fondo de ojo
☐ Tomografía de coherencia óptica (OCT)
☐ Examen de retroiluminación
☐ Ninguna

XI. Antecedentes patológicos

a) ¿Cuáles de estos antecedentes patológicos padece?:

☐ Hipertensión

☐ Diabetes

☐ Otros (especifique): _____

b) ¿Cuáles de estos antecedentes patológicos se encuentra en su núcleo familiar?:

☐Hipertensión

☐Diabetes

☐ Otros (especifique): _____

c) ¿A cuáles de estas cirugías oculares se ha sometido?

☐ Cataratas

☐ Glaucoma

☐ Para corregir traumas oculares (como heridas penetrantes o contusiones graves en el ojo)

☐ Cirugía refractiva

☐ Para corregir infecciones oculares severas

☐ Ninguna

☐ Otros (especifique): _____

¡¡ Muchas Gracias!!

ANEXO 3. CARTAS DE AUTORIZACIÓN DEL ESTUDIO OTORGADAS POR EL CIES

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA
UNAN - MANAGUA

CENTRO DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS DE LA SALUD · CIES · UNAN-MANAGUA

«2024: Universidad Gratuita y de Calidad para Seguir en Victorias»

Managua, Nicaragua, 13 de mayo del 2024

MSc. Francisco Hernández Flores
Encargado de protección radiológica
Hospital Vivian Pellas
Su despacho:

Estimado MSc. Hernández, reciba cordiales saludos.

Por este medio estamos solicitando su valioso apoyo para autorizar el desarrollo del estudio titulado:
"Evaluación de los factores de riesgo que influyen en la dosis en el cristalino del personal ocupacionalmente expuesto de hemodinamia en los servicios de imagenología en tres hospitales de Managua, periodo 2023-2024."
Dicho estudio será realizado por: Josselyn Suyen Mendoza Corea de MSO 2022-2024. Cedula 001-231295-005K. Email: mendoza95js@gmail.com, Cel. 85963082, la Lic. Mendoza, es estudiante de Maestría en Salud Ocupacional del CIES-UNAN Managua, ha propuesto el desarrollo de este estudio como tesis final para obtener título de Máster en Salud Ocupacional.

Los objetivos que busca esta investigación son los siguientes:

1. Describir las características sociolaborales del personal ocupacionalmente expuesto a hemodinamia en los servicios de imagenología en tres hospitales de Managua.
2. Estimar la dosis en cristalino del personal ocupacionalmente expuesto de hemodinamia en los servicios de imagenología en tres hospitales de Managua
3. Establecer la asociación y correlación entre las características sociolaborales y las dosis en cristalino reportadas del personal ocupacionalmente expuesto de hemodinamia en los servicios de imagenología de tres hospitales de Managua.

Cualquier información adicional asociada a esta investigación puede contactarnos a los teléfonos (505) 22783688 o 22783700, ext. 8517 o al correo electrónico richard.arana@cies.unan.edu.ni con MSc. Richard Arana coordinador del programa de Maestría en Salud Ocupacional del CIES UNAN-Managua.

Agradeciendo de antemano su valioso apoyo, aprovechamos la oportunidad para saludarle.
Atentamente

MSc. Tania Esmeralda Rodríguez Vargas.
Subdirectora
CIES UNAN-Managua

SUB-DIRECCIÓN CIES
UNAN - MANAGUA

c.c. Expediente académico

¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!

Rotonda Cristo Rey, 75 varas al Sur. Tel. 2278-3700, 2278-4383, Fax: 2278-8677. Apto. Postal: 14013, Managua, Nicaragua www.cies.edu.ni

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA
UNAN - MANAGUA

«2024: Universidad Gratuita y de Calidad para Seguir en Victorias»

Managua, Nicaragua, 13 de mayo del 2024

Lic. Elioth Hurtado Escobar
Responsable de protección radiológica
Hospital Salud Integral S.A
Su despacho:

Estimado Lic. Hurtado, reciba cordiales saludos.

Por este medio estamos solicitando su valioso apoyo para autorizar el desarrollo del estudio titulado:
"Evaluación de los factores de riesgo que influyen en la dosis en el cristalino del personal ocupacionalmente expuesto de hemodinamia en los servicios de imagenología en tres hospitales de Managua, periodo 2023-2024."
Dicho estudio será realizado por: Josselyn Suyen Mendoza Corea de MSO 2022-2024. Cedula 001-231295-005K. Email: mendoza95js@gmail.com , Cel. 85963082, la Lic. Mendoza, es estudiante de Maestría en Salud Ocupacional del CIES-UNAN Managua, ha propuesto el desarrollo de este estudio como tesis final para obtener título de Máster en Salud Ocupacional.

Los objetivos que busca esta investigación son los siguientes:

1. Describir las características sociolaborales del personal ocupacionalmente expuesto a hemodinamia en los servicios de imagenología en tres hospitales de Managua.
2. Estimar la dosis en cristalino del personal ocupacionalmente expuesto de hemodinamia en los servicios de imagenología en tres hospitales de Managua
3. Establecer la asociación y correlación entre las características sociolaborales y las dosis en cristalino reportadas del personal ocupacionalmente expuesto de hemodinamia en los servicios de imagenología de tres hospitales de Managua.

Cualquier información adicional asociada a esta investigación puede contactarnos a los teléfonos (505) 22783688 o 22783700, ext. 8517 o al correo electrónico richard.arana@cies.unan.edu.ni con MSc. Richard Arana coordinador del programa de Maestría en Salud Ocupacional del CIES UNAN-Managua.

Agradeciendo de antemano su valioso apoyo, aprovechamos la oportunidad para saludarle.
Atentamente

MSc. Tania Esmeralda Rodríguez Vargas.
Subdirectora
CIES UNAN-Managua

SUB-DIRECCIÓN CIES UNAN - MANAGUA

c.c. Expediente académico

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA
UNAN - MANAGUA

«2024: Universidad Gratuita y de Calidad para Seguir en Victorias»

Managua, Nicaragua, 13 de mayo del 2024

Dra. Karina Nororis
Encargada del Departamento de radiología
Centro Nacional de Cardiología

Su despacho:
Estimada Dra. Nororis, reciba cordiales saludos.

Por este medio estamos solicitando su valioso apoyo para autorizar el desarrollo del estudio titulado:
"Evaluación de los factores de riesgo que influyen en la dosis en el cristalino del personal ocupacionalmente expuesto de hemodinamia en los servicios de imagenología en tres hospitales de Managua, periodo 2023-2024.".
Dicho estudio será realizado por: Josselyn Suyen Mendoza Corea de MSO 2022-2024. Cedula 001-231295-005K. Email: mendoza95js@gmail.com , Cel. 85963082, la Lic. Mendoza, es estudiante de Maestría en Salud Ocupacional del CIES-UNAN Managua, ha propuesto el desarrollo de este estudio como tesis final para obtener título de Máster en Salud Ocupacional.

Los objetivos que busca esta investigación son los siguientes:

1. Describir las características sociolaborales del personal ocupacionalmente expuesto a hemodinamia en los servicios de imagenología en tres hospitales de Managua.
2. Estimar la dosis en cristalino del personal ocupacionalmente expuesto de hemodinamia en los servicios de imagenología en tres hospitales de Managua
3. Establecer la asociación y correlación entre las características sociolaborales y las dosis en cristalino reportadas del personal ocupacionalmente expuesto de hemodinamia en los servicios de imagenología de tres hospitales de Managua.

Cualquier información adicional asociada a esta investigación puede contactarnos a los teléfonos (505) 22783688 o 22783700, ext. 8517 o al correo electrónico richard.arana@cies.unan.edu.ni con MSc. Richard Arana coordinador del programa de Maestría en Salud Ocupacional del CIES UNAN-Managua.

Agradeciendo de antemano su valioso apoyo, aprovechamos la oportunidad para saludarle.
Atentamente

MSc. Tania Esmeralda Rodríguez Vargas.
Subdirectora
CIES UNAN-Managua

SUB-DIRECCIÓN CIES
UNAN - MANAGUA

c.c. Expediente académico

ANEXO 4. CARTAS DE AUTORIZACIÓN DEL ESTUDIO

Hospital Vivian Pellas
Comprometidos con la vida

Managua, 27 de abril 2023

Hospital Vivian Pellas
MSc. Francisco Javier Hernández
Encargado de Protección Radiológica

A quien corresponda:

Por medio de la presente, el Hospital Vivian Pellas otorga la **autorización formal** para la realización del estudio titulado: **"Evaluación de los factores de riesgo que influyen en la dosis en el cristalino del personal ocupacionalmente expuesto de hemodinamia en los servicios de imagenología en tres hospitales de Managua, período 2023-2024."**

Este estudio se llevará a cabo en el área de hemodinamia de nuestras instalaciones para contribuir al fortalecimiento de las medidas de protección radiológica en beneficio de nuestros trabajadores.

La autorización para las actividades del proyecto incluirá:

1. El monitoreo de dosis en el cristalino mediante el uso de dosímetros termoluminiscentes Hp(3).

2. La aplicación de una encuesta sociolaboral al personal involucrado, con el propósito de recopilar información relacionada con sus características demográficas, experiencia laboral, prácticas de protección radiológica y condiciones laborales.

La autorización se otorga bajo los siguientes términos y condiciones:

- El investigador deberá coordinar previamente todas las actividades para el intercambio de dosímetros con el hospital, respetando los horarios y las dinámicas propias del área de hemodinamia.

- Toda la información recopilada será manejada con estricta confidencialidad y se garantizará el anonimato de los participantes.
- Los resultados obtenidos deberán ser compartidos con el Hospital Vivian Pellas, en caso de que sean relevantes para mejorar las prácticas de seguridad radiológica en nuestra institución.
- Se deberá garantizar que el estudio cumpla con todas las normativas éticas y legales aplicables en el ámbito de la salud y la protección radiológica.

Agradecemos su interés en desarrollar esta investigación y confiamos en que sus hallazgos contribuirán al avance del conocimiento y la seguridad en el ámbito de la radiología intervencionista.

Atentamente,

Hospital Vivian Pellas

MSc. Francisco Hernández
Físico Médico

C.c.: Archivo

HOSPITAL PRIVADO
SALUD INTEGRAL
¡Líder en Tecnología Médica!

Managua, 24 de abril 2023

Salud Integral S.A.
Lic. Elioth Hurtado Escobar
Encargado de Protección Radiológica

A quien corresponda:

Por este medio, **Salud Integral S.A.** autoriza la realización del estudio titulado: **"Evaluación de los factores de riesgo que influyen en la dosis en el cristalino del personal ocupacionalmente expuesto de hemodinamia en los servicios de imagenología en tres hospitales de Managua, período 2023-2024."**

El estudio se llevará a cabo en el área de hemodinamia de nuestras instalaciones e incluirá el monitoreo de dosis en el cristalino mediante dosímetros termoluminiscentes calibrados en Hp(3) y la aplicación de una encuesta sociolaboral a los trabajadores ocupacionalmente expuestos.

El investigador deberá garantizar la confidencialidad de los datos, coordinar las actividades con la administración del hospital y cumplir con las normativas éticas y legales aplicables. Los resultados obtenidos serán compartidos con nuestra institución si son relevantes para mejorar las prácticas de protección radiológica.

Atentamente,

Lic. Elioth Hurtado Escobar
Físico Médico

C.c.: Archivo

ANEXO 5. CONSENTIMIENTO INFORMADO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA
UNAN-MANAGUA

CENTRO DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS DE LA SALUD
CIES-UNAN Managua

Consentimiento Informado para Encuesta a Participantes

Estimado participante,

Es un placer dirigirme a usted en el marco de mi investigación de maestría en Salud Ocupacional del Centro de Investigaciones y Estudios de la Salud (CIES-UNAN Managua). Mi nombre es Josselyn Suyen Mendoza Corea y estoy llevando a cabo un estudio titulado " Evaluación de los factores de riesgo que influyen en la dosis en el cristalino del personal ocupacionalmente expuesto de hemodinamia en los servicios de imagenología en tres hospitales de Managua, período 2023-2024.". El objetivo principal de este estudio es evaluar los factores de riesgo que influyen en la dosis del cristalino del personal ocupacionalmente expuesto de hemodinamia en los servicios de imagenología de tres hospitales en Managua, durante el período mencionado.

Su participación en esta investigación es de vital importancia para obtener resultados significativos y contribuir al avance de la salud ocupacional en nuestro país. Por esta razón, me complace presentarle el siguiente formato de consentimiento informado, el cual es un requisito esencial para garantizar que su participación sea voluntaria y que sus derechos como participante sean respetados. Toda la información proporcionada será tratada de manera confidencial y utilizada únicamente con fines académicos y de investigación. No se divulgarán datos personales que puedan identificarlo/a directamente en los informes o resultados del estudio. Agradezco su tiempo y disposición para participar en esta encuesta. Si tiene alguna pregunta o inquietud adicional sobre el estudio o el consentimiento informado, estoy a su disposición para brindarle la información que necesite.

A continuación, le presento el formato de consentimiento informado adjunto. Le agradezco de antemano su amable colaboración y su valioso aporte a este importante proyecto de investigación:

"Yo _____ declaro que he sido informado e invitado a participar en una investigación denominada "Análisis de dosis en cristalino del personal de Hemodinamia en los servicios de imagenología en 3 hospitales de Managua, período 2023-2024". Este es un proyecto de investigación científica que forma parte del Programa de Maestría en Salud Ocupacional del Centro de Investigación y Estudio de la Salud (CIES) de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua (UNAN-Managua). Entiendo que este estudio busca conocer el comportamiento de los valores de dosis equivalente personal recibida en el cristalino del ojo. Sé que mi participación se llevará a cabo en mi centro de trabajo y que consiste en una encuesta por parte del investigador acerca del tema de estudio. De este modo, autorizo la toma de datos para ser utilizados como material investigativo, para que haga el uso y tratamiento de la información proporcionada. Estoy en conocimiento que los resultados de la investigación no me serán entregados y que no habrá retribución por la participación en este estudio. Estoy consciente que esta información podrá beneficiar a los trabajadores ocupacionalmente expuestos en los servicios de Hemodinamia a nivel nacional de manera indirecta. Asimismo, sé que puedo negar la participación o retirarme en cualquier etapa de la investigación, sin expresión de causa ni consecuencias negativas para mí. Dado lo anteriormente expuesto, **YO ACEPTO VOLUNTARIAMENTE PARTICIPAR** en este estudio y he recibido una copia del presente documento."

Firma del participante: _____

Fecha: _ _ _ _ _ _ _ _ [año-mes-día]

Si tiene alguna pregunta durante cualquier etapa del estudio puede comunicarse con el encargado de la investigación.

ANEXO 6

Tabla 1. Profesión de los trabajadores

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	**Médico Cirujano**	3	18.8	18.8	18.8
	Cardiólogo	5	31.3	31.3	50.0
	Enfermero	7	43.8	43.8	93.8
	Anestesiólogo	1	6.3	6.3	100.0
	Total	16	100.0	100.0	

Tabla 2. Tipo de institución

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	**Privada**	16	100.0	100.0	100.0

Tabla 3 Uso de delantal plomado por los trabajadores

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	**Si**	15	93.8	93.8	93.8
	No	1	6.3	6.3	100.0
	Total	16	100.0	100.0	

Tabla 4. Uso de protector de tiroides por los trabajadores

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	**Si**	15	93.8	93.8	93.8
	No	1	6.3	6.3	100.0
	Total	16	100.0	100.0	

Tabla 5. Uso de gafas plomadas por los trabajadores

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	**Si**	1	6.3	6.3	6.3
	No	15	93.8	93.8	100.0
	Total	16	100.0	100.0	

Tabla 6. Uso de mamparas plomadas por los trabajadores

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	**Si**	2	12.5	12.5	12.5
	No	14	87.5	87.5	100.0
	Total	16	100.0	100.0	

Tabla 7. Tipo de equipos de Hemodinamia utilizado

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	**Arco en C**	16	100.0	100.0	100.0

Tabla 8. Tipo de técnica utilizada (Fluoroscopia)

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	**Si**	6	37.5	37.5	37.5
	No	10	62.5	62.5	100.0
	Total	16	100.0	100.0	

Tabla 9. Tipo de técnica utilizada (angiografía)

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	**Si**	15	93.8	93.8	93.8
	No	1	6.3	6.3	100.0
	Total	16	100.0	100.0	

Tabla 10. Tipo de técnica utilizada (cineangiografía)

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	**Si**	5	31.3	31.3	31.3
	No	11	68.8	68.8	100.0
	Total	16	100.0	100.0	

Tabla 11. Tipo de dosímetro personal que utiliza el trabajador

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	**Cuerpo entero Hp(10)**	16	100.0	100.0	100.0

Tabla 12. Capacitación en protección radiológica

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	**Si**	5	31.3	31.3	31.3
	No	11	68.8	68.8	100.0
	Total	16	100.0	100.0	

Tabla 13. Capacitación en radiología intervencionista

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	**Si**	10	62.5	62.5	62.5
	No	6	37.5	37.5	100.0
	Total	16	100.0	100.0	

Tabla 14. No se ha recibido ninguna capacitación

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	**Si**	1	6.3	6.3	6.3
	No	15	93.8	93.8	100.0
	Total	16	100.0	100.0	

Tabla 15. Exámenes médicos preempleo realizados por los trabajadores

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	**Si**	5	31.3	31.3	31.3
	No	11	68.8	68.8	100.0
	Total	16	100.0	100.0	

Tabla 16. Exámenes médicos de reintegro realizados por los trabajadores

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	**Si**	1	6.3	6.3	6.3
	No	15	93.8	93.8	100.0
	Total	16	100.0	100.0	

Tabla 17. Exámenes médicos periódicos realizados por los trabajadores

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	**Si**	15	93.8	93.8	93.8
	No	1	6.3	6.3	100.0
	Total	16	100.0	100.0	

Tabla 18. Exámenes médicos después de una exposición anormal realizados por los trabajadores

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	**Si**	1	6.3	6.3	6.3
	No	15	93.8	93.8	100.0
	Total	16	100.0	100.0	

Tabla 19. Exámenes médicos de exploración oftalmológica por los trabajadores

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	**No**	16	100.0	100.0	100.0

Tabla 20. Exploración de agudeza visual

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	**Si**	5	31.3	31.3	31.3
	No	11	68.8	68.8	100.0
	Total	16	100.0	100.0	

Tabla 21. Exploración de Biomicroscopia

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	**No**	16	100.0	100.0	100.0

Tabla 22. Exploración de Fondo de ojo

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	**Si**	1	6.3	6.3	6.3
	No	15	93.8	93.8	100.0
	Total	16	100.0	100.0	

Tabla 23. Exploración de OCT

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	**No**	16	100.0	100.0	100.0

Tabla 24. Exploración de Retroiluminación

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	**Si**	1	6.3	6.3	6.3
	No	15	93.8	93.8	100.0
	Total	16	100.0	100.0	

Tabla 25. No se han realizado ninguna exploración oftalmológica

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	**Si**	10	62.5	62.5	62.5
	No	6	37.5	37.5	100.0
	Total	16	100.0	100.0	

Tabla 26. Antecedente patológico del trabajador (Hipertensión)

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	**Si**	5	31.3	31.3	31.3
	No	11	68.8	68.8	100.0
	Total	16	100.0	100.0	

Tabla 27. Antecedente patológico del trabajador (Diabetes)

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	**Si**	4	25.0	25.0	25.0
	No	12	75.0	75.0	100.0
	Total	16	100.0	100.0	

Tabla 28. Antecedente patológico del trabajador (Ninguno)

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	**Si**	7	43.8	43.8	43.8
	No	9	56.3	56.3	100.0
	Total	16	100.0	100.0	

Tabla 29. Antecedente patológico familiares del trabajador (Hipertensión)

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	**Si**	7	43.8	43.8	43.8
	No	9	56.3	56.3	100.0
	Total	16	100.0	100.0	

Tabla 30. Antecedente patológico familiares del trabajador (Diabetes)

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	**Si**	4	25.0	25.0	25.0
	No	12	75.0	75.0	100.0
	Total	16	100.0	100.0	

Tabla 31. Antecedente patológico familiares del trabajador (Ninguno)

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	**Si**	8	50.0	50.0	50.0
	No	8	50.0	50.0	100.0
	Total	16	100.0	100.0	

Tabla 32. Antecedente de cirugías oculares

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	**Ninguna**	16	100.0	100.0	100.0

ANEXO 7

Documento informativo que se brindará a las instituciones involucradas en la investigación

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA
UNAN - MANAGUA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA
LABORATORIO DE FÍSICA DE RADIACIONES Y METROLOGÍA
(LAF-RAM)

Dosímetros de Cristalino Hp(3)

Modo de uso del dosímetro

- Los dosímetros deben ser colocados a la altura de ambos ojos y por debajo de las gafas plomadas (como se muestra en la Figura 1).

Figura 1. Forma correcta del uso del dosímetro de cristalino. Fuente: Propia

- Deben usarse únicamente durante los procedimientos de trabajo y al finalizar la jornada el usuario debe colocar los dosímetros en el lugar destinado para su resguardo, el cual debe encontrarse en una zona alejada de exposición a radiación.
- El dosímetro es personal, intransferible, con posición asignada (izquierda y derecha) y restringido al área de trabajo e instalación a la que esté asignado. Cada trabajador debe usar el suyo y es directa e individualmente responsable de los mismos.

Precauciones de uso del dosímetro

- El dosímetro no debe exponerse a temperaturas elevadas ni salpicaduras que dañen o se adhieran a su superficie.
- No exponer intencionalmente el dosímetro a radiaciones ionizantes, luz ultravioleta o dejarlos en lugares donde exista la posibilidad de ser irradiado injustificadamente.
- No abrir el dosímetro ni dañarlo dado que puede resultar en lecturas incorrectas o la no obtención de la dosis. Si por accidente se rompiera la cinta elástica donde se colocan los dosímetros, la institución debe notificar al LAF-RAM.
- Si en alguna ocasión el portador del dosímetro se somete como paciente a alguna exploración radiológica, no deberá portar el dosímetro y mantenerlo alejado de exposición a radiación.
- En caso de extravío o daño del dosímetro, deberá comunicarse inmediatamente al responsable de protección radiológica de la institución y gestionar el pago del mismo. El valor unitario por dosímetro es de $50 o su equivalente en córdobas.

  Nota: Los dosímetros deberán cambiarse mensualmente para su respectiva lectura. Es responsabilidad individual de cada portador entregar sus dosímetros asignados al responsable de área.

Se prohíbe la reproducción sin autorización del laboratorio.