



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

Facultad de
MEDICINA

EFECTO DEL USO DEL BLINDAJE DE BISMUTO
COMPARADO CON EL BLINDAJE DE PLOMO EN LA
REDUCCIÓN DE LA DOSIS DE RADIACIÓN DE ÓRGANOS
RADIOSENSIBLES EN PACIENTES PEDIÁTRICOS QUE SE
SOMETEN A TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA: UNA
REVISIÓN SISTEMÁTICA Y METANÁLISIS

EFFECT OF THE USE OF BISMUTH SHIELDING
COMPARED WITH LEAD SHIELDING IN REDUCING
RADIATION DOSE TO RADIOSENSITIVE ORGANS IN
PEDIATRIC PATIENTS UNDERGOING COMPUTED
TOMOGRAPHY: A SYSTEMATIC REVIEW AND META-
ANALYSIS

TRABAJO ACADÉMICO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
SEGUNDA ESPECIALIDAD PROFESIONAL EN
TECNOLOGÍA EN TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA

AUTOR:

NELSON CESAR SANTISTEBAN SALAZAR

ASESOR:

WAYNNER SANCHEZ GARCIA

LIMA - PERU

2024

ASESOR DE TRABAJO ACADÉMICO

Mg. Waynner Sánchez García

Departamento Académico de Clínica Médicas – Sección Medicina

ORCID: 0000-0002-5300-7332

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado especialmente a Dios que cada día me acompaña en el desarrollo de mi vida personal y profesional. A mis familiares por ser guía y apoyo durante todos estos años. A mis profesores y asesor que mediante sus enseñanzas han permitido que la culminación de este trabajo sea posible.

AGRADECIMIENTO

Al Mg. Waynner Sánchez García por el valioso apoyo incondicional, en el asesoramiento de mi trabajo académico

A los docentes por su paciencia y enseñanza durante el proceso del desarrollo de la especialidad.

A la Universidad Peruana Cayetano Heredia por habernos acogido todos estos meses que duró el desarrollo de nuestra segunda especialidad profesional.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO

El presente trabajo es autofinanciado por el autor.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS

El autor declara no tener conflicto de interés.

RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD

EFFECTO DEL USO DEL BLINDAJE DE BISMUTO COMPARADO CON EL BLINDAJE DE PLOMO EN LA REDUCCIÓN DE LA DOSIS DE RADIACIÓN DE ÓRGANOS RADIOSENSIBLES EN PACIENTES PEDIÁTRICOS QUE SE SOMETEN A TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA Y METANÁLISIS

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	pap.es Fuente de Internet	3%
2	cyberleninka.org Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Universidad Francisco de Vitoria Trabajo del estudiante	1%
4	www-rayos.medicina.uma.es Fuente de Internet	1%
5	Beatriz Pascual-de la Pisa, Marta Palou-Lobato, Cristina Márquez Calzada, María José García-Lozano. "Efectividad de las intervenciones basadas en telemedicina sobre resultados en salud en pacientes con multimorbilidad en atención primaria: revisión sistemática", Atención Primaria, 2019 Publicación	1%

TABLA DE CONTENIDOS

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Marco Teórico	1
1.2. Justificación	6
1.3. Antecedentes	7
1.4. Problemática.....	9
II. OBJETIVOS	10
2.1 Objetivo General	10
2.2 Objetivos Específicos.....	10
III. MATERIALES Y MÉTODO	11
3.1 Diseño del estudio	11
3.2 Población.....	11
3.3 Muestra.....	11
3.4 Criterios de inclusión	11
3.5 Criterios de exclusión.....	12
3.6 Definición operacional de variables.....	12
3.7 Procedimientos y técnicas.....	12
3.8 Plan de análisis.....	14
3.9 Aspectos éticos.....	15
IV. PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA	15
V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17
ANEXOS	

RESUMEN

Antecedentes: El uso de la tomografía computarizada genera preocupación por la dosis de radiación recibida por los órganos radiosensibles en los niños. **Objetivo:** Evaluar el efecto del uso de blindaje de bismuto comparado con el blindaje de plomo en la reducción de la dosis de radiación de órganos radiosensibles en pacientes pediátricos que se someten a tomografía computarizada. **Métodos y Materiales:** Se realizará una revisión sistemática y un metanálisis que abarcará la última década siguiendo el formato Prisma en cuatro bases de datos electrónicas y en las referencias de los artículos seleccionados. Se incluirán estudios de ensayos controlados aleatorios y observacionales. Se eliminarán los duplicados y se revisarán los títulos, resúmenes y textos completos utilizando criterios de selección específicos. La búsqueda, evaluación crítica, extracción de la información y análisis de los estudios serán realizados por 2 revisores de forma independiente y un tercero para resolver discrepancias. La calidad de los artículos incluidos se evaluará mediante la escala de Jadad modificada para ensayos controlados aleatorios y la escala de Newcastle-Ottawa para ensayos no controlados aleatorios. Para evaluar el riesgo de sesgo, se empleará la prueba de Egger para calcular tau-cuadrado. Se evaluará la heterogeneidad con la prueba Q de Cochrane y el estadístico I^2 . Todos los análisis se realizarán con R Studio versión 4.2.2 y se presentará mediante un diagrama de bosque. **Resultados:** La medida de resultado primario para este análisis será cualquier efecto en la reducción de la dosis con blindaje para los ojos, tiroides y gónadas en tomografía pediátrica. **Palabras claves:** Compuestos de plomo, bismuto, protección radiológica, exposición a la radiación, dosis de radiación, tomografía, pediatría (DeCS).

ABSTRACT

Background: The use of computed tomography raises concern about the radiation dose received by radiosensitive organs in children. **Objetivo:** To evaluate the effect of using bismuth shielding compared with lead shielding in reducing radiation dose to radiosensitive organs in pediatric patients undergoing computed tomography.

Methods and Materials: A systematic review and meta-analysis will be carried out covering the last decade following the Prisma format in four electronic databases and in the references of the selected articles. Randomized controlled trial and observational studies will be included. Duplicates will be removed and titles, abstracts and full texts will be reviewed using specific selection criteria. The search, critical evaluation, information extraction and analysis of the studies will be carried out by 2 reviewers independently and a third to resolve discrepancies. The quality of included articles will be assessed using the modified Jadad scale for randomized controlled trials and the Newcastle-Ottawa scale for non-randomized controlled trials. To assess the risk of bias, Egger's test will be used to calculate tau-squared. Heterogeneity will be evaluated with the Cochrane Q test and the I² statistic. All analyzes will be performed with R Studio version 4.2.2 and presented using a forest diagram. **Results:** The primary outcome measure for this analysis will be any effect on dose reduction with shielding to the eyes, thyroid and gonads in pediatric tomography.

Keywords: Lead compounds, bismuth, radiation protection, radiation exposure, radiation dose, tomography, pediatrics (DeCS).

I. INTRODUCCIÓN

1.1. MARCO TEORICO:

La tecnología actual de la tomografía computarizada (TC) ha mejorado la precisión diagnóstica de las imágenes en resolución espacial y temporal¹ e incluso con una reducción de la dosis de radiación del 80 % en comparación con los TC más antiguos², porque ofrecen software de reducción de dosis³.

Ahora bien, en muchos países la TC representa hasta el 25 % de todos los exámenes radiológicos y contribuye hasta el 78 % de la dosis de radiación colectiva. De estos el 10% de los exámenes de TC se realizan en pacientes pediátricos² y son responsables del 40-60% de la exposición a la radiación en los niños⁴. Además, un estudio reveló que los exámenes de TC multifásicos constituyen el 22% del total de exámenes de TC y el 68% de los exámenes de TC de abdomen y pelvis en niños⁵. Otro estudio realizado en Reino Unido encontró que las tasas de TC pediátricas aumentaron casi tres veces entre 2009 y 2015⁶.

Los órganos radiosensibles, como las gónadas, los ojos, la tiroides y la mama, quedan directamente expuestos durante los exámenes de rutina por TC de cabeza, cuello, tórax o abdomen, aunque no son el objetivo del estudio⁷; por lo que este riesgo es preocupante para los pacientes que requieren tomografías computarizadas repetidas o frecuentes⁴.

La exposición a la TC en la infancia parece estar asociada con un mayor riesgo de cáncer, ya que administran dosis mucho más altas que los procedimientos de radiología convencional⁸ y al hecho de que los menores de edad tienen una mayor esperanza de vida y sus órganos y tejidos son más sensibles a la radiación en

comparación con los adultos⁹. La población pediátrica tiene un mayor riesgo de desarrollar cáncer inducido por la radiación como el cáncer de tiroides, leucemia, cáncer de mama, cáncer de piel¹⁰ y tumores cerebrales; por lo que es necesario proteger a los pacientes pediátricos, por su mayor sensibilidad a las radiaciones ionizantes³.

Por otro lado, las dosis altas se atribuyen a que los protocolos utilizados para pacientes pediátricos son los protocolos de adultos, sin tener en cuenta la alta radiosensibilidad de los menores de edad¹. Las tomografías computarizadas pediátricas pueden implicar dosis más altas en órganos debido a una menor atenuación de la radiación en pacientes más pequeños¹¹. Además, faltan datos sobre la dosis de radiación de TC por examen en pacientes pediátricos, por lo que su uso inapropiado puede exponer a los jóvenes a peligros de radiación innecesarios y evitables².

La dosis de exposición a la radiación es acumulativa durante toda la vida¹². Hay dos efectos biológicos principales de la exposición a la radiación: determinista y estocástico¹². Los efectos deterministas no tienen importancia con respecto a la radiación de diagnóstico, pero sí los efectos estocásticos o probabilísticos⁹. Los principales riesgos de las tomografías computarizadas se deben a los efectos estocásticos, que pueden provocar cáncer según la dosis absorbida, especialmente para la exposición a edades tempranas⁸.

La dosis de radiación se mide en varias unidades, incluidos Sieverts (Sv) y Grays (Gy). El Sievert refleja la dosis efectiva y representa los efectos biológicos estocásticos de la radiación ionizante. La dosis efectiva se refiere al riesgo de

radiación promediado en todo el cuerpo porque los diferentes tejidos tienen diferentes sensibilidades a la radiación¹³.

Según la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), la medida para la evaluación del riesgo del paciente es la dosis absorbida en los tejidos irradiados¹⁴, ya que las medidas del índice de dosis de tomografía computarizada (CTDIvolumen) y el producto de longitud de dosis (DLP) no representan con precisión la dosis específica de los órganos¹⁵ en función del tamaño del paciente¹⁰. Por ello, se recomienda estimaciones de dosis específicas para el tamaño (SSDE), que se calculan a partir de los diámetros medidos del paciente y el volumen de CTDI utilizando factores de conversión según el diámetro del paciente¹⁶.

Hasta la fecha, los estudios de dosis de órganos específicos de pacientes pediátricos se han centrado en tomografías computarizadas de tórax, abdomen, pelvis y cabeza, pero aún no hay datos disponibles en la literatura sobre las dosis de órganos específicos del paciente y las dosis específicas por tamaño (SSDE) para exámenes de rutina de tomografía computarizada¹⁵.

Por ello, la Unión Europea ha implementado un mecanismo de seguimiento de dosis en el que los estudios de TC deben tener su dosis registrada en el informe del radiólogo, incluido el producto dosis-longitud (DLP) y el índice de dosis de TC de volumen (CTDIv)^{13,17}.

Se recomienda el manejo de la exposición pediátrica a la radiación durante los procedimientos de TC a través de una justificación precisa por parte de un médico autorizado, un protocolo de imágenes optimizado diseñado para este grupo y un nivel de referencia de diagnóstico para detectar dosis de radiación innecesarias².

Las siguientes medidas radioprotectoras pueden reducir la dosis de exposición para tomografía computarizada de haz cónico: colimación, el tamaño de vóxeles más grande en relación con la necesidad de tratamiento, cambio en la configuración de la imagen, como configuraciones de dosis ultrabaja, tiempo de exposición más corto, menor cantidad de proyecciones, menor intensidad del haz, reducción del potencial, uso de protector tiroideo⁹.

Se estima que los cambios en el rango de exploración 1 cm pueden provocar un cambio del 60 % en la dosis para órganos grandes como el estómago y los pulmones para pacientes recién nacidos y un cambio del 100 % en la dosis a pequeños órganos como la tiroides y las glándulas salivales¹³. El posicionamiento descentrado del paciente puede resultar en diferencias de exposición de hasta un 50 % en comparación con el posicionamiento central correcto¹⁸.

En el blindaje por contacto se utiliza un objeto de blindaje con material absorbente de radiación y se coloca en contacto con la superficie a blindar¹⁹. Los materiales que contienen elementos químicos con alto número atómico como Pb, Bi y Ba se utilizan para atenuar la radiación ionizante²⁰. Estos dispositivos de protección radiológica incluyen delantales, protectores tiroideos, gorros, guantes, gafas y cortinas para pacientes o mesas¹². La capacidad de blindaje de cada protector se puede calcular utilizando los coeficientes de atenuación lineal y de masa, la capa de valor medio (HVL) o la capa de valor décimo (TVL)²¹. Se define un blindaje del 90 % como un umbral aceptable para una protección radiológica adecuada²².

Siendo el material de plomo convencional el estándar en protección contra la radiación²². El porcentaje de atenuación media de una plataforma equivalente de

plomo de 0,5 mm es $95,64 \pm 0,57$ en TC (130 kVp)²³. Sin embargo, la inclusión accidental de plomo en el rango de exploración como resultado de una mala colocación o movimiento del paciente o del delantal es común entre los pacientes pediátricos²⁴. Esto puede introducir artefactos y, en ocasiones, requiere escaneos repetidos²⁵. Además, los protectores de plomo son pesados²¹ y pueden hacer que el niño se sienta más incómodo o nervioso²⁵. Por tanto, se está sustituyendo el plomo por elementos ligeros y de características de absorción similares, como estaño, tungsteno, antimonio, itrio, cobre, bismuto o bario²², aunque la calidad protectora de los compuestos sin plomo no es superior a la de los compuestos que contienen plomo en términos de peso²⁶.

El plomo ha sido tradicionalmente la primera opción en los materiales de protección radiológica debido a su bajo costo y fácil disponibilidad²⁷. Sin embargo, su toxicidad para los seres humanos y el medio ambiente ha impulsado investigaciones para desarrollar alternativas más seguras. Entre estas, los compuestos de bismuto han mostrado un gran potencial, ya que ofrecen una protección eficaz con costos razonables, lo que los convierte en una opción viable para la protección radiológica en el ámbito médico²⁸.

El blindaje de bismuto se ha utilizado principalmente en TC para proteger los ojos, la glándula tiroides y las mamas y puede reducir la dosis entre un 30% y un 50%⁴.

El material de protección de bismuto es suave y se puede colocar fácilmente en el cuerpo para proteger las áreas gonadales y otros órganos como la glándula tiroides, el colon, los pulmones, el estómago en el pecho y el área abdominal en exámenes de tomografía computarizada²⁹, pero el ruido de la imagen puede aumentar,

degradando la calidad de la imagen³⁰. Esto puede ser corregido con varios métodos de optimización de dosis basadas en software para TC pediátrica: modulación automatizada de corriente del tubo, selección automática de voltaje del tubo, modulación de corriente de tubo basada en órganos³¹.

Sin embargo, el consenso europeo sobre protección en contacto con pacientes de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (IRCP) de 2021, ya no recomienda el uso de protección en la mayoría de las áreas del cuerpo debido a la reducción de la calidad de la imagen y la interferencia con los sistemas automáticos de control de exposición, así como factores relacionados con el operador (colocación inadecuada del protector, control de infecciones) y el paciente (malestar del paciente, movimiento durante el examen), aunque puede permitirse en pacientes pediátricos sin desestimar que puede aumentar la ansiedad o el miedo¹⁹.

Sin embargo, a pesar de que las publicaciones destacan la efectividad del uso de blindajes para minimizar la dosis de radiación en la TC pediátrica, es necesario revisar la literatura para obtener la mejor información existente y la interpretación correcta de los efectos que permita la aplicabilidad de los resultados.

1.2. JUSTIFICACION:

En los últimos años se ha producido un aumento de solicitudes de exámenes tomográficos particularmente en la infancia, que no siempre se utilizan de manera racional y adecuada. El tema es de suma importancia debido a la mayor radiosensibilidad de las células infantiles y una mayor esperanza de vida, por lo tanto, el riesgo de cáncer asociado con un examen de TC es mayor en niños que en adultos. Por estos motivos los pacientes pediátricos deberían tener una mayor

protección para minimizar el riesgo relacionado con la radiación de acuerdo con el principio ALARA (tan bajo como sea razonablemente posible), principio clave de la protección radiológica²⁵.

Estudios previos han demostrado que tanto los blindajes con plomo como los que no contienen plomo pueden reducir las radiaciones secundarias de forma eficaz, dependiendo de la densidad y espesor del material^{4,29,30,31}. Así, por ejemplo, el blindaje con bismuto o plomo puede evitar la exposición innecesaria de órganos radiosensibles fuera del haz primario y reducir el riesgo de radiación en los niños durante la tomografía computarizada.

Por lo tanto, es importante la revisión de la literatura para comparar la eficiencia de los blindajes con plomo y sin plomo en la protección contra la radiación durante las tomografías computarizadas, para tomar decisiones bien informadas en la atención de los pacientes pediátricos.

1.3. ANTECEDENTES:

Di Rosso et al.⁴ mostraron que la mayor reducción de la dosis ocular se logró utilizando Bismuto + control de exposición automatizado + modulación de corriente de tubo basada en órganos en dos escáneres multidetectores (General Electric Revolution: $71,25 \pm 2,98$ %, $p < 0,001$; Siemens: $58,75 \pm 5,85$ %, $p < 0,001$).

Ko et al.³⁰ confirmaron que el uso de protectores de bismuto durante las tomografías computarizadas de tórax redujo la dosis de radiación a los tejidos mamarios en un 27,99 % ($p < 0,05$).

Wang et al.²⁹ mostraron que el protector gonadal de plomo equivalente a 0.5 mm de Pb reduce las dosis de radiación en un 67,45%, mientras que la reducción de dosis usando un protector de bismuto equivalente a 0.06 mm de Pb es del 76,38%. El uso blindaje de bismuto equivalente a 0.12 mm de Pb reduce la dosis en un 84,01%. El uso de protección de bismuto equivalente a 0.18 mm de Pb y 0.24 mm de Pb reduce la dosis en un 97,33% y un 99,34%, respectivamente.

Trožić et al.³² encontraron que el blindaje de plomo redujo la dosis en las mamas en un 91% y un 83% y el blindaje de antimonio-bismuto en un 90% y un 86%, con un espesor equivalente de 0,5 mm para ambos materiales, durante la TC de cabeza axial y helicoidal, respectivamente.

Un estudio realizado por Mehnati et al.³³ estimó una reducción de la dosis con blindaje de bismuto en 34 % (IC del 95 %: 13-55; $p < 0,001$) para el ojo, 37 % (IC del 95 % 14-61; $p < 0,001$) para la tiroides y 36 % (IC 95% 36-55; $p < 0,001$) para la mama.

Mehnati et al.³⁴ demostraron que la reducción de la dosis en la mama como resultado del uso de blindaje compuesto de 10% bismuto-90% silicio fue del 7% y del 12% para 0,5 mm y 1 mm de espesor respectivamente, con un menor ruido en la imagen de TC de tórax.

Inkoon et al.³¹ encontraron que la tomografía computarizada multidetector con control automático de exposición y blindaje de bismuto de una y dos capas, reduce la dosis de tiroides en un fantoma de 10 años en un 60 y un 66 %, respectivamente.

Kamdem, Samba, Fotué y Lukong³⁵ proponen proteger los ojos, tiroides y gónadas en TC pediátrica con el delantal plomado.

Yu et al.²⁵ encontraron que la reducción de dosis con el uso del blindaje de plomo en la región abdominopélvica durante la TC de tórax en pacientes pediátricos fue de 0,013 mGy (19,1%), 0,007 mGy (10,1%) y 0,003 mGy (4,3%) cuando se colocó a 1 , 5 y 10 cm del borde inferior del rango de exploración.

1.4. PROBLEMÁTICA:

En los centros de TC se utilizan parámetros de exposición de adultos para pacientes pediátricos¹, lo que expone a los niños a dosis muy altas en una sola adquisición¹⁷ y podría resultar un mayor riesgo de sufrir daños inducidos por la radiación debido a una mayor radiosensibilidad y una larga esperanza de vida después de la exposición⁴. Numerosos estudios sobre la exposición infantil a la radiación han demostrado riesgos de cáncer de tiroides, mama, cerebro y piel, así como de leucemia¹⁰, por lo que es necesario el uso de protocolos adaptados a la edad y blindajes protectores para reducir la dosis de radiación.

Considerando lo anterior, se plantea la siguiente pregunta : ¿Cuál es el efecto del uso de blindaje de bismuto comparado con el blindaje de plomo en la reducción de dosis de radiación de los órganos radiosensibles en pacientes pediátricos que se someten a tomografía computarizada?

II. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

- Comparar la efectividad del uso del blindaje de bismuto con el blindaje de plomo en la reducción de dosis de radiación de los órganos radiosensibles (ojos, tiroides, mamas y gónadas) en pacientes pediátricos sometidos a tomografía computarizada.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el efecto del uso de blindaje de bismuto comparado con el blindaje de plomo según el espesor del material en la reducción de la dosis de radiación para los ojos, tiroides, mamas y gónadas en pacientes pediátricos sometidos a tomografía computarizada.
- Determinar el impacto del uso de blindaje de bismuto comparado con el blindaje de plomo según el número de filas de detectores de TC en la reducción de la dosis de radiación para los ojos, tiroides, mamas y gónadas en pacientes pediátricos que se someten a tomografía computarizada.
- Evaluar el impacto del uso de blindaje de bismuto y plomo en la calidad de la imagen obtenida en las tomografías computarizadas en pacientes pediátricos.

III. MATERIALES Y MÉTODO

3.1. DISEÑO DEL ESTUDIO:

Se realizará una revisión sistemática de la literatura y un metanálisis que abarcará la última década (2012-2023) para garantizar la vigencia de esta tecnología en rápida evolución.

Será reportada según las recomendaciones de Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses (PRISMA)³⁶ y será registrada en el repositorio PROSPERO (<https://www.crd.york.ac.uk/prospero/>).

3.2. POBLACIÓN:

Comprende todas las publicaciones indexadas en bases de datos de referencias bibliográficas sobre el tema de interés que incluyeran niños (menores de 18 años) que recibieron una o más tomografías computarizadas en cualquier hospital.

3.3. MUESTRA:

La muestra estará conformada por todos los estudios que cumplieron los criterios de inclusión y exclusión.

3.4. CRITERIOS DE INCLUSIÓN:

Se incluirán estudios primarios de ensayos controlados aleatorios y observacionales (no aleatorios) que evalúen el efecto de los blindajes de bismuto comparado con blindajes de plomo sobre la reducción de dosis de radiación en pacientes pediátricos o maniqués o fantasmas de tamaño pediátrico de cualquier material y que evalúen cualquier dosis y tipo de escáner de TC.

Los fantomas pediátricos equivalentes a tejido están diseñados para investigar dosis de órganos para tejidos específicos (p. ej., tejido blando, hueso, cerebro, esternón y pulmón) o para dosis efectivas en todo el cuerpo o para verificar la administración de dosis de radiación terapéutica²⁹.

3.5. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN:

Se excluirán actas de congresos, resúmenes, editoriales, cartas al editor, reportes de caso, series de caso, estudios cualitativos, revisiones y literatura gris.

3.6. DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES:

Ver Tabla 1 (Anexo N°1).

3.7. PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS

Estrategia de búsqueda

Haciendo uso del formato PICO³⁷: población (P); intervención, exposición o técnica diagnóstica (I, E o T respectivamente); comparación (C) y un desenlace (O, del inglés outcome), se formulará la pregunta de investigación de la cual se obtendrán las palabras claves utilizadas en la búsqueda. Ver Tabla 2 (Anexo N°2).

La búsqueda de los estudios se realizará en las siguientes bases de datos electrónicas: Pubmed, Embase, Scopus y Web of Science. La fecha de búsqueda será desde la creación de la base de datos hasta el mes de abril de 2024. La estrategia de búsqueda utilizará términos libres y vocabulario controlado de cada base de datos, cuando corresponda. Adicionalmente, se realizará una búsqueda manual de la lista de referencias bibliográficas de los estudios seleccionados y de los que lo

citan para buscar artículos adicionales. Se emplearán los operadores booleanos AND y OR para la unión de términos. Ver Tabla 3 (Anexo N°3).

Selección de estudios

Los artículos obtenidos en cada base de datos serán descargados y almacenados en el programa Zotero. Posteriormente, se realizará la eliminación de duplicados y serán exportados a la página web Rayyan (<https://www.rayyan.ai/>) para iniciar con la selección. Se realizará la selección por título y resumen y luego por texto completo (cuando estén disponibles) registrando las razones de exclusión. Intentaremos traducir los artículos en idiomas extranjeros utilizando Google Translate. Si no puede traducir el documento con éxito, excluirémos el estudio. La selección se realizará por 2 revisores de forma independiente y las discrepancias serán resueltas con un tercer revisor. Ver Figura 1 (Anexo N°4).

Extracción de datos

Dos revisores extraerán los datos, de forma independiente, usando una plantilla de extracción de datos elaborada en una hoja de cálculo de Microsoft Excel (Microsoft Excel®; Redmond, Washington, Estados Unidos) que será previamente piloteada. Las discrepancias entre los dos revisores se resolverán por un tercer revisor. Los datos extraídos de cada estudio serán los siguientes: autor, año de publicación, país, tamaño de muestra, diseño de estudio, tipo de paciente, dosímetro, tipo de escáner, región corporal irradiada, características del blindaje de bismuto y plomo, dosis de radiación previa y posterior.

Evaluación de riesgo de sesgo

La calidad de todos los artículos incluidos se evaluará mediante la escala de Jadad modificada para ensayos controlados aleatorios³⁸ y la escala de Newcastle-Ottawa³⁹ para ensayos no controlados aleatorios. La calidad de los artículos se clasificará en calidad baja, moderada y alta. Los artículos de baja calidad serán excluidos de nuestro análisis. Los mismos dos revisores evaluarán de forma independiente el riesgo de sesgo de cada estudio incluido. Los desacuerdos serán resueltos por un tercer revisor.

3.8. PLAN DE ANÁLISIS

Se calculará la diferencia de medias con su intervalo de confianza del 95% (IC 95%).

Puede entenderse la heterogeneidad de los estudios primarios como la variabilidad que existe entre los estimadores que se han obtenido en cada uno de esos estudios⁴⁰.

Se evaluará la heterogeneidad estadística con la prueba Q de Cochran y el estadístico I^2 de Higgins & Thompson y la H^2 para el cálculo de intervalos de confianza para la I^2 .

La Q sigue una distribución χ^2 con $k - 1$ grados de libertad (k es el número de estudios primarios). Si la probabilidad de obtenerse su valor en esta distribución es menor de 0,05 querrá decir que existe heterogeneidad significativa⁴⁰.

La I^2 proporciona una estimación de la variabilidad total entre los estudios respecto a la variabilidad total. Su valor va de 0 a 100%, considerándose habitualmente los límites de 25%, 50% y 75% para delimitar cuándo existe una heterogeneidad baja,

moderada y alta, respectivamente⁴⁰. Si el I^2 es menor de 40%, se usará el modelo de efectos fijos, y si el I^2 es mayor de 40%, se usará el modelo de efectos aleatorios.

La H^2 mide el exceso del valor de Q respecto del valor que esperaríamos obtener si no existiese heterogeneidad. Un valor de 1 significa que no hay heterogeneidad y su valor aumenta cuando aumenta la heterogeneidad entre los estudios⁴⁰.

Para evaluar el riesgo de sesgo de publicación, se empleará la prueba de regresión lineal de Egger para calcular tau-cuadrado (varianza de heterogeneidad). La prueba de Egger consiste en representar gráficamente la recta de regresión entre la precisión de los estudios y el efecto estandarizado⁴⁰.

Todos los análisis se realizarán con R Studio versión 4.2.2 (RStudio, PBC, Boston, MA, EE. UU) usando el paquete meta y el cálculo acumulativo se presentará mediante un diagrama de bosque.

3.9. ASPECTOS ÉTICOS

Se solicitará la aprobación por parte del Comité Institucional de Ética de la Universidad Peruana Cayetano Heredia.

No se requerirá consentimiento informado dado que solo se analizará información ya publicada en los artículos científicos.

IV. PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA

4.1 PRESUPUESTO

Tabla 4. Presupuesto

Rubros	Aporte monetario
Equipos y bienes	
Laptop	1399.00
USB 2T	169.00
Recursos humanos	
Revisores	600.00
Materiales e insumos, servicios, gastos operativos	
Servicio de internet	300.00
Asesoría estadística	600.00
Total	3098.00

4.2 CRONOGRAMA

Tabla 5. Cronograma

N°	Actividades	Año 2024					
		Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
1	Redacción del protocolo	■					
2	Revisión y aprobación por el comité de ética		■				
3	Extracción de datos y riesgo de sesgo			■			
4	Procesamiento estadístico de los datos				■		
5	Interpretación de resultados y redacción del informe final de estudio					■	
6	Redacción del manuscrito científico						■

V. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Almujaally A, Alenezi S, Aldosary K, Otayni A, Sulieman A, Abdelghani A, Tamam N, Mohtasib R, Masawi A, Mofteh B, Bradley DA. Abdomen and pelvis computed tomography procedure: Effective dose assessment and establishment of a local diagnostic reference level. *Radiation Physics and Chemistry*, 2023; 203: 110628.
2. Sulieman A, Almogren KS, Tamam N. Radiation exposure estimation in pediatric patients during computed tomography imaging procedures. *Radiation Physics and Chemistry*, 2023; 208.
3. Meulepas JM, Ronckers CM, Smets AMJB, Nievelstein RAJ, Gradowska P, Lee C, Jahnen A, Van Straten M, De Wit MCY, Zonnenberg B, Klein WM, Merks JH, Visser O, Van Leeuwen FE, Hauptmann M. Radiation Exposure From Pediatric CT Scans and Subsequent Cancer Risk in the Netherlands. *J Natl Cancer Inst*, 2019; 111(3): 256-263.
4. Di Rosso J, Krasser A, Tschauner S, Guss H, Sorantin E. Bismuth Shielding in Head Computed Tomography-Still Necessary? *J Clin Med*, 2023; 13(1): 25.
5. Ploussi A, Syrgiamiotis V, Makri T, Hatzigiorgi C, Efstathopoulos EP. Local diagnostic reference levels in pediatric CT examinations: a survey at the largest children's hospital in Greece. *Br J Radiol*, 2020; 93(1116): 20190358.
6. Thurley P, Crookdake J, Norwood M, Sturrock N, Fogarty AW. Demand for CT scans increases during transition from paediatric to adult care: an

observational study from 2009 to 2015. *Br J Radiol*, 2018; 91(1083): 20170467.

7. Liao YL, Lai NK, Tyan YS, Tsai HY. Bismuth shield affecting CT image quality and radiation dose in adjacent and distant zones relative to shielding surface: A phantom study. *Biomed J*, 2019; 42(5): 343-351.

8. Abalo KD, Rage E., Leuraud K, Richardson DB, Le Pointe HD, Laurier D, Bernier MO. Early life ionizing radiation exposure and cancer risks: systematic review and meta-analysis. *Pediatr Radiol*, 2021; 51, 45–56.

9. Van Acker JWG, Pauwels NS, Cauwels RGEC, Rajasekharan S. Outcomes of different radioprotective precautions in children undergoing dental radiography: a systematic review. *Eur Arch Paediatr Dent*, 2020; 21, 463–508.

10. Rawashdeh M, Saadec C, Al D, Abdelrahman M, Kumarb P, McEnteeec M. A new approach to dose reference levels in pediatric CT: Age and size-specific dose estimation. *Radiation Physics and Chemistry*, 2023; 205.

11. Berrington de González A, Mahesh M, Kim KP, Bhargavan M, Lewis R, Mettler F, Land C. Projected cancer risks from computed tomographic scans performed in the United States in 2007. *Arch Intern Med*, 2009; 169(22): 2071-7.

12. Cheon BK, Kim CL, Kim KR, Kang MH, Lim JA, Woo NS, Rhee KY, Kim HK, Kim JH. Radiation safety: a focus on lead aprons and thyroid shields in interventional pain management. *Korean J Pain*, 2018; 31(4): 244-252.

13. Kumar AB, Neeley RC. Risk of ionizing radiation exposure from CT scans in the Neuro ICU - a patient safety blind spot?. *F1000Research*, 2016;5: 2489.
14. Sociedad Española de Protección Radiológica. Las recomendaciones de 2007 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica. Publicación de la ICRP 103. 2007: 1–116.
15. Garzón WJ, Aldana DFA, Cassola VF. Patient-specific organ doses from pediatric head CT examinations, *Radiation Protection Dosimetry*, 2020; 191(1): 1–8.
16. Khawaja R, Sing S, Vettiyl B, Lim R, Gee M, Westra S, Kalra M. Simplifying size-specific radiation dose estimates in pediatric CT. *AJR Am J Roentgenol*, 2015; 204(1): 167-176.
17. Eddy FK, Ngano SO, Jervé FA, Serge A. Radiation dose evaluation of pediatric patients in CT brain examination: multi-center study. *Sci Rep*, 2021; 11(1): 4663.
18. Nagy E, Tschauner S, Schramek C, Sorantin E. Paediatric CT made easy. *Pediatric Radiology*, 2022.
19. Hiles P, Gilligan P, Damilakis J, Briers E, Candela-Juan C, Faj D, Foley S, Frija G, Granata C, de Las Heras Gala H, Pauwels R, Sans Merce M, Simantirakis G, Vano E. European consensus on patient contact shielding. *Insights Imaging*, 2021; 12(1): 194.
20. Alabsy MT, Alzahrani JS, Sayyed MI, Abbas MI, Tishkevich DI, El-Khatib AM, Elsafi M. Gamma-Ray Attenuation and Exposure Buildup

Factor of Novel Polymers in Shielding Using Geant4 Simulation. *Materials*, 2021; 14(17): 5051.

21. Kim CL, Jeong HC, Kim JH. Radiation shielding effects of lead equivalent thickness of a radiation protective apron and distance during C-arm fluoroscopy-guided pain interventions: A randomized trial. *Medicine (Baltimore)*. 2023; 102(48): e36447.

22. König AM, Verbe Zoum J, Fiebich M, Abissi PW, Mahnken AH. Comparison of the radiation protection effect of different radiation protection aprons made of different materials. *Eur J Radiol*, 2023; 164: 110862.

23. Revathy P, Kaginelli SB. Quality assurance of lead aprons for radiation protection. *Radiat Prot Dosimetry*, 2023; 199(20): 2491-2494.

24. Lee, MC, Lloyd, J, Solomito MJ. Poor Utility of Gonadal Shielding for Pediatric Pelvic Radiographs. *Orthopedics*, 2017; 40(4): e623-e627.

25. Yu L, Bruesewitz MR, Vrieze TJ, McCollough CH. Lead Shielding in Pediatric Chest CT: Effect of Apron Placement Outside the Scan Volume on Radiation Dose Reduction. *AJR Am J Roentgenol*, 2019; 212(1): 151-156.

26. Rees CR, Duncan BWC. Get the Lead off Our Backs! *Tech Vasc Interv Radiol*. 2018; 21(1): 7-15.

27. McCaffrey JP, Shen H, Downton B, Mainegra-Hing E. Radiation attenuation by lead and nonlead materials used in radiation shielding garments. *Med Phys*, 2007; 34(2): 530-7.

28. AbuAlRoos NJ, Baharul NA, Zainon R. Conventional and new lead-free radiation shielding materials for radiation protection in nuclear medicine: A review. *Radiation Physics and Chemistry*, 2019, 165, 108439.
29. Wang B, Ting CY, Lai CS, Tsai YS. Bismuth Pelvic X-Ray Shielding Reduces Radiation Dose Exposure in Pediatric Radiography. *Biomed Res Int*, 2021; 2021: 9985714.
30. Ko CH, Lee SP, Hsieh YC, Lee YH, Yao MM, Chan WP. Bismuth breast-shield use in chest computed tomography for efficient dose reduction and sufficient image quality. *Medicine (Baltimore)*, 2021; 100(25): e26277.
31. Inkoom S, Papadakis AE, Raissaki M, Perisinakis K, Schandorf C, Fletcher JJ, Damilakis J. Paediatric neck multidetector computed tomography: the effect of bismuth shielding on thyroid dose and image quality. *Radiat Prot Dosimetry*, 2017; 173(4): 361-373.
32. Trožić Š, Mekiš N, Zalokar N. The efficiency of lead and non-lead shielding on breast dose in head CT. *J Radiol Prot*, 2020; 40(3): 816-826.
33. Mehnati P, Malekzadeh R, Sooteh MY. Use of bismuth shield for protection of superficial radiosensitive organs in patients undergoing computed tomography: a literature review and meta-analysis. *Radiol Phys Technol*, 2019; 12(1): 6-25.
34. Mehnati P, Malekzadeh R, Sooteh MY, Refahi S. Assessment of the efficiency of new bismuth composite shields in radiation dose decline to breast during chest CT. *Egypt J Radiol Nucl Med*, 2018; 49(4): 1187–1189.

35. Kamdem EF, Samba ON, Fotué A, Lukong FC. Protection of the Eyes, Thyroid and Gonads in Pediatric Tomodensitometry: Use of the Leaded Apron. *AASCIT Journal of Health*, 2020; 6(1): 1-8.
36. Page M et al. Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Rev Esp Cardiol*, 2021; 74(9): 790–799.
37. Cañon M, Buitrago-Gómez Q. La pregunta de investigación en la práctica clínica: guía para formularla. *Rev Colomb Psiquiat*, 2018; 47(3): 193-200.
38. Cioffi I, Farella M. Quality of randomised controlled trials in dentistry. *Int Dent J*, 2011; 61(1): 37-42.
39. Wells GA, Shea BA, O'Connell D, Peterson J, Welch V, Losos M, Tugwell P. The Newcastle-Ottawa Scale (NOS) for assessing the quality of nonrandomised studies in meta-analyses. 2024.
40. Molina M. Aspectos metodológicos del metanálisis. *Rev Pediatr Aten Primaria*, 2018; 20 (79): 297-302.

VI. ANEXOS

Anexo N° 1

Tabla 1. Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Tipo de variable	Escala de medición	
Uso de blindajes (Variable Independiente)	Son materiales usados para la protección contra la radiación de pacientes ²⁴	Tipo de blindaje	Mandil Protector de tiroides Protector gonadal	Catagórica	Nominal	
		Material del blindaje	Plomo Bismuto	Catagórica	Nominal	
		Espesor del blindaje	Grosor en mm	Cuantitativa	Continua	
Dosis de tomografía (Variable dependiente)	Es la energía de radiación ionizante absorbida por unidad de masa de materia irradiada en un punto específico ²⁶	Tipo de escáner de TC	Axial Helicoidal	Catagórica	Nominal	
		Número de filas de detectores de TC	4 64 128 256 320	Catagórica	Nominal	
		Tipo de Exámenes de TC pediátrico	Cabeza Tórax Abdomen Pelvis	Catagórica	Nominal	
		Cantidad de procedimientos	Número de tomografías computarizadas	Cuantitativa	Discreta	
			Índice de dosis de TC	Cuantitativa	Continua	
			Cantidades dosimétricas	Dosis efectiva	Cuantitativa	Continua
				Dosis al órgano: Ojos Tiroides Mamas Gónadas	Cuantitativa	Continua

Características del paciente (Covariables)	Son las características físicas de los pacientes	Sexo Edad Talla Peso	Masculino Femenino Años de edad cm de longitud Kg de peso	Categórica Cuantitativa Cuantitativa Cuantitativa	Nominal Continua Continua Continua
--	--	-------------------------------	---	--	---

Anexo N°2

Tabla 2. Formato PICO

Población	Pacientes pediátricos que se someten a tomografías computarizadas
Intervención	Uso de blindaje de bismuto
Comparación	Uso de blindaje de plomo
Resultados	Reducción de la dosis de radiación de tomografía axial computarizada
Pregunta de investigación	¿Cuál es el efecto del uso de blindaje de bismuto comparado con el blindaje de plomo en la reducción de dosis de radiación en pacientes pediátricos que se someten a tomografía axial computarizada?

Anexo N°3

Tabla 3. Estrategia de búsqueda

Base de búsqueda	Estrategia
PubMed	(shield*[tiab] OR protect*[tiab]) AND (bismuth[mesh] OR bismuth[tiab]) AND (tomography[mesh] OR "multidetector computed tomography"[mesh] OR CT[tiab] OR MDCT[tiab] OR tomograph*[tiab] OR scan*[tiab])
Embase	(shield*:ti,ab,kw OR protect*:ti,ab,kw) AND ('bismuth'/exp OR bismuth:ti,ab,kw) AND ('tomography'/exp OR tomograph*:ti,ab,kw OR ct:ti,ab,kw OR mdct:ti,ab,kw OR scan*:ti,ab,kw)
Scopus	TITLE-ABS-KEY ((shield* OR protect*) AND (bismuth) AND (CT OR MDCT OR tomograph* OR scan*))
Web of Science	TS=((shield* OR protect*) AND (bismuth) AND (CT OR MDCT OR tomograph* OR scan*))

Anexo N°4

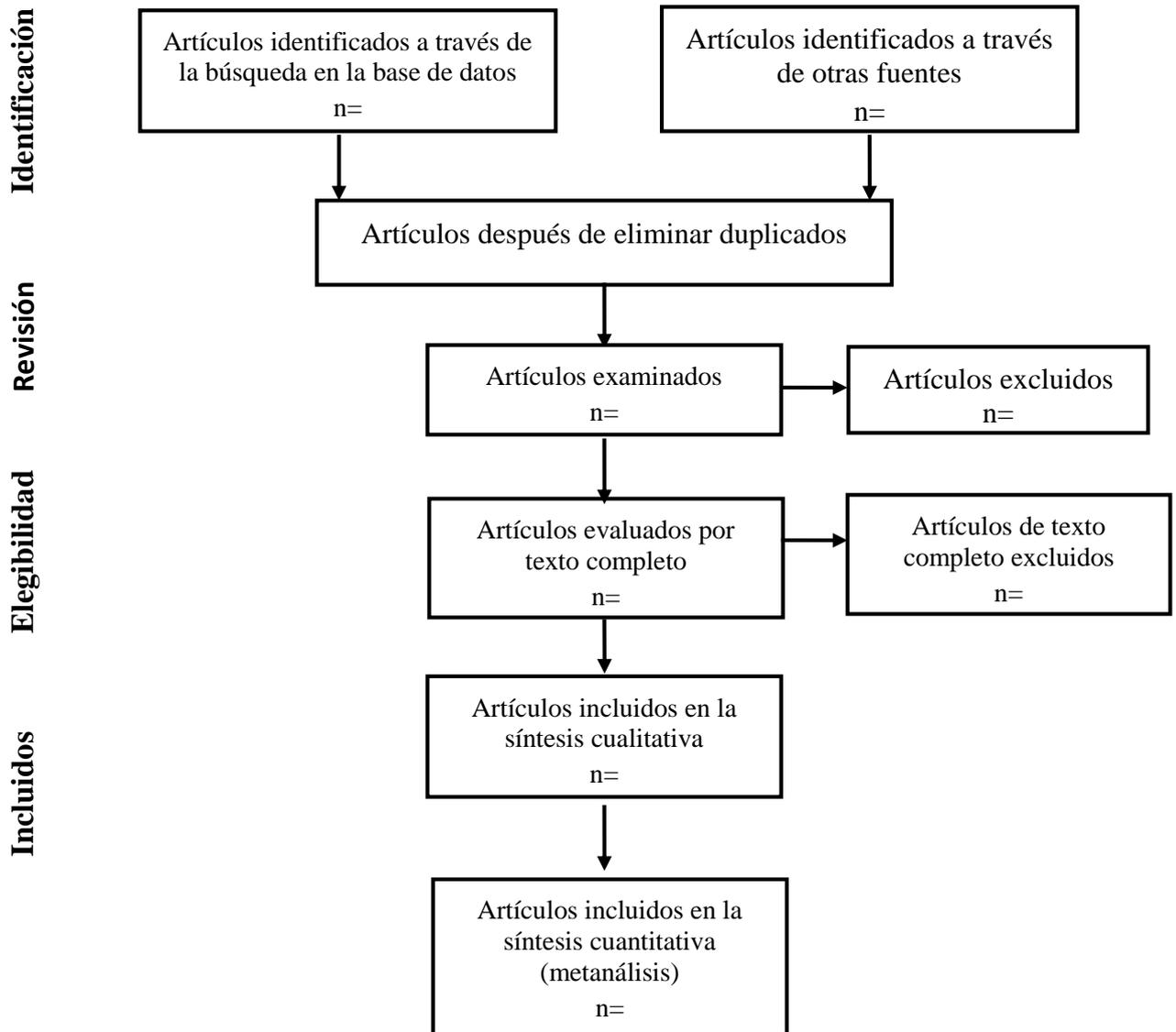


Figura 1. Diagrama de flujo de selección de los estudios