



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

Facultad de
MEDICINA

TÉCNICAS DE REDUCCIÓN DE LA DOSIS DE RADIACIÓN Y DEL
VOLUMEN DE CONTRASTE EN LA ANGIOTOMOGRAFÍA PULMONAR
EN ADULTOS CON SOSPECHA DE EMBOLISMO PULMONAR: UNA
REVISIÓN DE ALCANCE

RADIATION DOSE AND CONTRAST MEDIA VOLUME REDUCTION
TECHNIQUES IN COMPUTED TOMOGRAPHY PULMONARY
ANGIOGRAPHY IN ADULTS WITH SUSPECTED PULMONARY
EMBOLISM: A SCOPING REVIEW

TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO
EN TECNOLOGÍA MÉDICA EN LA ESPECIALIDAD DE RADIOLOGÍA

AUTORES

BRISA FLAVIANA ALAVE CARDENAS
LISSET VALERIA LAGUNA CARDENAS
MIGUEL ANGEL ROMAN ZUÑIGA

ASESOR

NATALIA ISABEL MOSQUERA VERGARAY

LIMA - PERÚ

2026

JURADO

Presidente: DR. GUILLERMO BRAVO PUENTE

Vocal: MG. DIANA CAROLINA MUCHA LOPEZ

Secretario: LIC. EVELYN TATIANA TASAYCO PEREZ

Fecha de Sustentación: 14 de abril del 2026

Calificación: Aprobado

ASESOR DE TESIS

ASESOR

Dra. NATALIA ISABEL MOSQUERA VERGARAY

Departamento Académico de Tecnología Médica

ORCID: 0000-0003-1372-4449

DEDICATORIA

A mis padres, quienes fueron el apoyo incondicional para poder concluir mis estudios y me motivaron a dar mi mayor esfuerzo. A mi hermana, quien sigue siendo parte de mi crecimiento y una guía cuando la he necesitado. A los docentes que orientaron mi camino y me han brindado las herramientas para poder desempeñarme en el futuro. De igual forma, a las personas que creyeron en mí y que con sus palabras y acciones me han ayudado a convertirme en la persona que soy actualmente. - Lisset Laguna Cardenas

Agradezco a mis padres, Elmer e Ivone, a mi hermana Catherine y a mis sobrinos, Renzo y Emilia, por su cariño y aliento durante estos años de estudio a pesar de la distancia. A mis queridos abuelos quienes me brindaron sabios consejos siempre, en especial a mi abuela Aurelia quien me cuida desde su partida. También agradezco a mis amistades quienes, con sus palabras y buenos deseos, me impulsaron a la culminación de este trabajo y me apoyaron en momentos difíciles. Asimismo, agradezco a cada docente y a nuestra asesora por su tiempo y comprensión en favor de nuestra enseñanza y formación como futuros profesionales. - Brisa Alave Cardenas

El presente trabajo está dedicado a mi familia, por su apoyo constante, comprensión y motivación a lo largo de mi formación académica y profesional.

Asimismo, a todos los docentes y profesionales de la salud que, con su conocimiento y vocación, contribuyeron directa o indirectamente a mi desarrollo y a la culminación de este estudio. - Miguel Roman Zuñiga

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad Peruana Cayetano Heredia por ser nuestro centro de aprendizaje estos cinco años de estudio, por brindarnos a través de sus docentes las herramientas necesarias para poder desarrollarnos académicamente.

A nuestra asesora, la Dra. Natalia Mosquera, por darnos de su tiempo y servir como guía para la realización de nuestra investigación.

Por último, agradecemos a cada una de nuestras familias, amistades y todas aquellas personas que, con su apoyo incondicional, hicieron posible esta revisión a pesar de todas las dificultades.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO

Este trabajo fue autofinanciado con recursos propios de los autores

DECLARACIÓN DE CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Los egresados:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES
1.	ALAVE CARDENAS BRISA FLAVIANA
2.	LAGUNA CARDENAS LISSET VALERIA
3.	ROMAN ZUÑIGA MIGUEL ANGEL

Pertencientes al programa de la **CARRERA PROFESIONAL DE TECNOLOGÍA MÉDICA EN LA ESPECIALIDAD DE RADIOLOGÍA**, autores del trabajo titulado: **TÉCNICAS DE REDUCCIÓN DE LA DOSIS DE RADIACIÓN Y DEL VOLUMEN DE CONTRASTE EN LA ANGIOTOMOGRAFÍA PULMONAR EN ADULTOS CON SOSPECHA DE EMBOLISMO PULMONAR: UNA REVISIÓN DE ALCANCE** el cual ha sido elaborado, sustentado y aprobado, según corresponda, para optar por el **TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO EN TECNOLOGÍA MÉDICA EN LA ESPECIALIDAD DE RADIOLOGÍA** bajo la modalidad de **TESIS**.

En calidad de docente asesor de la Universidad Peruana Cayetano Heredia:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES DEL DOCENTE	FACULTAD	NIVEL DE ASESORÍA
1.	MOSQUERA VERGARAY NATALIA ISABEL	MEDICINA	ASESOR

Declaramos que el contenido del presente documento es original y que las citas y referencias a otros autores cumplen con las normas académicas establecidas. En ese sentido, hacemos constar que:

- El documento presenta un porcentaje de similitud de **10 %**, según el reporte emitido por el software **Turnitin®** (identificador de entrega: **trn:oid:::1:3548021636**; fecha de entrega: **23-04-2026**).
- Tras una revisión detallada del reporte y del contenido del trabajo en cuestión, no se han identificado indicios de plagio.
- Se certifica que el documento respeta los principios de integridad académica y cumple con los requisitos institucionales de originalidad.

Lugar y fecha: **Lima, 23 de abril del 2026.**

Firma del asesor
N° DNI: 09396333
ORCID: 0000-0003-1372-4449



TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	
ABSTRACT.....	
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	5
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	6
IV. RESULTADOS.....	10
V. DISCUSIÓN.....	21
VI. LIMITACIONES.....	34
VII. RECOMENDACIONES.....	36
VIII. CONCLUSIONES.....	37
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39
TABLAS.....	43
ANEXOS.....	

RESUMEN

Antecedentes: El embolismo pulmonar (EP) es una condición potencialmente mortal y el tercer síndrome cardiovascular agudo más frecuente a nivel mundial. La angiografía pulmonar por tomografía computarizada (CTPA) es el estándar de referencia para su diagnóstico; sin embargo, implica la exposición a radiación ionizante y al uso de medio de contraste yodado. **Objetivo:** Mapear la evidencia disponible sobre técnicas para reducir la dosis de radiación y el volumen de medio de contraste (MC) en estudios de CTPA en adultos con sospecha de EP, sin comprometer la calidad de imagen. **Materiales y métodos:** Se realizó una revisión de alcance siguiendo las guías del Joanna Briggs Institute y PRISMA-ScR. Se incluyeron estudios con texto completo publicados entre 2012 a 2025, identificados en MEDLINE, Embase, Scopus, SciELO, Google Académico y ALICIA, conforme a los criterios PCC. **Resultados:** Se incluyeron nueve estudios. Las estrategias más frecuentes fueron el uso de bajo kVp, adquisiciones de alto pitch, modo dual-source simultáneo (SimDS) y tomografía con detectores de conteo de fotones (PCD-CT), generalmente combinadas con reconstrucción iterativa. La dosis efectiva varió entre 0.4 a 2.6 mSv con reducciones de hasta más del 70 % y el volumen de MC se redujo entre 25 % a 66 % (20–25 ml). La mayoría de estudios reportó una atenuación arterial pulmonar superior a 250 UH y parámetros de calidad de imagen aceptables. **Conclusiones:** Las técnicas identificadas permiten reducir de manera significativa la dosis de radiación y el volumen de MC en CTPA, manteniendo los parámetros de calidad de imagen.

Palabras clave: Embolismo pulmonar; Angiografía pulmonar; Dosis de radiación, Medio de contraste

ABSTRACT

Background: Pulmonary embolism (PE) is a potentially life-threatening condition and the third most frequent acute cardiovascular syndrome worldwide. Computed tomography pulmonary angiography (CTPA) is the reference standard for its diagnosis; however, it involves exposure to ionizing radiation and the use of iodinated contrast media. **Objective:** To map the available evidence on techniques aimed at reducing radiation dose and contrast volume in CTPA examinations in adults with suspected PE, without compromising image quality. **Materials and Methods:** A scoping review was conducted following the Joanna Briggs Institute guidelines and the PRISMA - ScR statement. Full-text studies published between 2012 and 2025 were included and identified in MEDLINE, Embase, Scopus, SciELO, Google Scholar, and ALICIA, according to PCC criteria. **Results:** Nine studies were included. The most frequently reported strategies were low tube voltage (kVp), high-pitch acquisitions, simultaneous dual-source (SimDS) mode, and photon-counting detector CT (PCD - CT), generally combined with iterative reconstruction. Effective dose ranged from 0.4 to 2.6 mSv with reductions of up to more than 70 %, while contrast volume was reduced by 25 % to 66 % (20 – 25 ml). Most studies reported pulmonary arterial attenuation values above 250 HU and acceptable image quality parameters. **Conclusions:** The identified techniques allow a significant reduction in radiation dose and contrast volume in CTPA while maintaining diagnostic image quality.

Keywords: Pulmonary embolism; Pulmonary angiography; Radiation dose; Contrast medium

I. INTRODUCCIÓN

El embolismo pulmonar (EP) es una condición clínica grave y potencialmente mortal que ocurre cuando un coágulo sanguíneo obstruye parcial o totalmente una arteria pulmonar, provocando un compromiso del intercambio gaseoso y sobrecarga del ventrículo derecho. En la mayoría de los casos, el EP se origina a partir de una trombosis venosa profunda (TVP) en las extremidades inferiores, que al desprenderse se convierte en un émbolo que migra hacia el sistema arterial pulmonar. En conjunto, el EP y la TVP forman el tromboembolismo venoso (TEV), considerado el tercer síndrome cardiovascular agudo más frecuente a nivel mundial, después del infarto agudo de miocardio y el accidente cerebrovascular (1,2).

La incidencia anual de EP se estima entre 39 a 115 casos por cada 100,000 personas, y aumenta exponencialmente con la edad, siendo hasta ocho veces mayor en personas mayores de 80 años en comparación con individuos en su quinta década de vida. Solo en los Estados Unidos, el EP puede ser responsable de hasta 300,000 muertes anuales, situándose entre las principales causas de mortalidad cardiovascular (1,2). En América Latina, se reportan las tasas de mortalidad hospitalaria, siendo estas entre el 12% al 15% en algunos países como Argentina, Brasil y Colombia (3). Por otro lado, en países como Haití, Honduras y Perú, la tasa de mortalidad estandarizada por edad es menor a 1 por 100,000 población-años (4). Sin embargo, estas cifras podrían estar subestimadas, ya que el EP puede pasar desapercibido o confundirse con otras causas de muerte súbita (5,6). La evolución clínica varía ampliamente, desde formas subclínicas hasta presentaciones

fulminantes, lo que subraya la importancia de una detección precoz y precisa, especialmente en poblaciones de alto riesgo (1,2).

La angiografía pulmonar por tomografía computarizada (CTPA) es actualmente el método diagnóstico de elección para la detección de EP, debido a su alta sensibilidad y especificidad. El ensayo PIOPED II demostró una sensibilidad del 83 % y una especificidad del 96 %. Al combinarse con la probabilidad clínica, el valor predictivo positivo alcanzó el 96 % cuando la probabilidad clínica era alta o baja, y el 92 % cuando la probabilidad clínica era intermedia. Su amplia disponibilidad, su mínima invasión y rapidez, con una duración de escaneo inferior a un segundo en los escáneres modernos, así como su capacidad de revelar posibles diagnósticos alternativos que contribuyen a la presentación de un paciente si no se visualiza el EP, se encuentran entre las ventajas que ofrece el estudio (4,7).

No obstante, su aplicación implica la exposición a dosis importantes de radiación ionizante, hasta 10 mSv de dosis efectiva, y a la administración de medio de contraste yodado intravenoso (MC), lo que puede representar un riesgo para pacientes con insuficiencia renal, comorbilidades cardiovasculares o requerimientos de estudios seriados. Estas preocupaciones han motivado el desarrollo de diversas estrategias técnicas que buscan optimizar los estudios de CTPA, mejorando su seguridad y manteniendo su eficacia diagnóstica (1,4,7,8).

Entre las técnicas emergentes, se incluyen el uso de bajo kilovoltaje (low-kVp), reconstrucción iterativa, protocolos de alta velocidad (high-pitch), tomografía de doble energía (dual-energy CT). Estas estrategias han demostrado ser eficaces para reducir tanto la dosis de radiación como el volumen de medio de contraste

administrado sin comprometer la calidad de imagen. A diferencia de los enfoques convencionales, estas estrategias requieren un conocimiento técnico especializado por parte del personal que participa directamente en la adquisición de imágenes, como el Tecnólogo Médico en Radiología (9).

Un estudio realizado por Schönfeld et al. mostró que, empleando un pitch alto y un volumen de MC drásticamente reducido, hubo una reducción de la exposición a la radiación (7). Por otro lado, Pannenbecker et al. mencionó una reducción considerable del volumen de medio de contraste y de la dosis de radiación, manteniendo una calidad de imagen de buena a excelente mediante el uso de un detector de conteo de fotones en comparación con la CTPA convencional (10). A su vez, en la investigación de Leithner et al. se concluyó que el uso de una técnica de kilovoltaje bajo de 90 kVp y un algoritmo avanzado de reconstrucción iterativa proporcionó una mayor calidad de imagen clínica con una precisión diagnóstica y una confianza similares para la evaluación de EP en comparación con la adquisición equivalente de 120 kVp, mientras que la dosis de radiación se redujo en un 37.2 % (11). Una revisión sistemática de Aldosari et al. mostró que el uso de técnicas de dosis bajas de radiación y volumen de MC es factible en el diagnóstico del embolismo pulmonar sin comprometer la calidad diagnóstica (9).

La evidencia disponible permanece fragmentada y centrada en la utilidad diagnóstica sin una descripción amplia y organizada de las técnicas empleadas. Por ello, se consideró necesaria una revisión de alcance (scoping review) que permitiese mapear la literatura existente, identificar vacíos de conocimiento y proporcionar una visión integral sobre el uso y la implementación de estas estrategias en la práctica clínica, especialmente desde la perspectiva del Tecnólogo Médico en

Radiología. Este profesional se desempeña principalmente en el ámbito de la adquisición, reconstrucción y reformatación de los volúmenes obtenidos durante la tomografía a fin de obtener imágenes médicas debidamente procesadas que apoyen al diagnóstico. Asimismo, cumple un rol fundamental en la protección radiológica del paciente y forma parte en la prevención de posibles complicaciones durante el estudio causados por el medio de contraste. Esta aproximación permitirá orientar futuras investigaciones, apoyar la toma de decisiones y fomentar la adopción segura y efectiva de estas técnicas en la evaluación del embolismo pulmonar en adultos. Por lo cual, se planteó la siguiente pregunta de investigación: **¿Qué evidencia científica existe sobre las técnicas empleadas para la reducción de la dosis de radiación y el volumen de medio de contraste en estudios de angiotomografía pulmonar en adultos con sospecha de embolismo pulmonar sin comprometer la calidad de imagen?**

II. OBJETIVOS

Objetivo general

- Mapear la evidencia científica sobre las técnicas empleadas para la reducción de la dosis de radiación y el volumen de medio de contraste en la angiotomografía pulmonar en adultos con sospecha de embolismo pulmonar sin comprometer la calidad de imagen.

Objetivos específicos

- Describir las técnicas estándar empleadas para la realización de la angiotomografía pulmonar en adultos con sospecha de embolismo pulmonar.
- Describir las técnicas orientadas a la reducción de la dosis de radiación y el volumen de medio de contraste para la realización de la angiotomografía pulmonar en adultos con sospecha de embolismo pulmonar.
- Describir la relación de las técnicas empleadas para la realización de la angiotomografía pulmonar en adultos con sospecha de embolismo pulmonar con el compromiso de la calidad de imagen.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 PROTOCOLO Y REGISTRO

- El presente proyecto de investigación se redactó en base a la versión 01.00/06.05.2024 de la normativa denominada "Normas y procedimientos para la elaboración, desarrollo, presentación, evaluación y publicación de trabajos de investigación y tesis" de la Universidad Peruana Cayetano Heredia. Posteriormente, fue registrado en la plataforma del Sistema Descentralizado de Información y Seguimiento a la Investigación (SIDISI) bajo el código N° 219770. Una vez obtenida la aprobación del protocolo por parte de la Unidad Integrada de Gestión de Investigación, Ciencia y Tecnología de las Facultades de Medicina, de Estomatología y de Enfermería (UIGICT FAMEE) el 14 de octubre del 2025, se solicitó la aprobación por parte del Comité Institucional de Ética en Investigación (CIEI), quien remitió dicha solicitud a la Oficina de Regulación y Valoración Ética de la Investigación (ORVEI). Finalmente, el 21 de octubre del 2025 se obtuvo la carta de aprobación N° CAR-DUARI-O-548-25 para iniciar con la ejecución del trabajo.

3.2 DISEÑO GENERAL DEL ESTUDIO

- El diseño del estudio es “scoping review” o también conocido como “revisión de alcance”, en el cual se realizó la síntesis de la evidencia. Se aplicaron las guías del Joanna Briggs Institute (JBI), en donde se

detalla un listado de directrices determinadas respecto a la realización de una revisión de alcance, y la declaración PRISMA-ScR para revisiones de alcance.

3.3 CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Estudios de metodología observacional, descriptivos o analíticos, estudios de revisión de casos, ensayos clínicos y literatura gris.
- Estudios que incluyan pacientes de edad adulta de 18 años en adelante con sospecha de embolismo pulmonar.
- Estudios de investigación en el idioma español, portugués e inglés.
- Estudios publicados desde el 2012 hasta el 2025.

3.4 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Investigaciones que incluyan reducción de dosis de radiación y volumen de medio de contraste en otras modalidades de diagnóstico radiológico.
- Artículos incompletos, cartas al editor y comentarios de publicaciones relacionadas al tema.

3.5 ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA

- Con el propósito de responder la pregunta de investigación, el día 22 de octubre del 2025 se empezó con la búsqueda de artículos científicos originales en las bases de datos bibliográficas de Medline (mediante la plataforma Pubmed), Embase (mediante la plataforma Ovid), Scopus y Scielo. Además, se revisó Google Académico y la plataforma ALICIA como fuentes de literatura gris. La estrategia de

búsqueda incluyó el uso de términos estandarizados (MeSH), así como términos libres y adaptados a los criterios de búsqueda de cada base de datos. Asimismo, se emplearon los operadores booleanos “AND” y “OR”. Posterior a la elaboración de la estrategia de búsqueda, se recopilaron 372 artículos de las siguientes bases de datos: Medline (n=43), Embase (n=46), Scopus (n=94), Scielo (n=6), Google Académico (n=168) y ALICIA (n=15). Esta búsqueda culminó el 14 de noviembre del 2025. **(Ver Anexo 1)**

3.5 SELECCIÓN DE ESTUDIOS

- La búsqueda inicial fue desarrollada por los autores (LLC, BAC, MRZ) y se empezó con un total de 372 artículos recopilados de las bases de datos mencionadas.
- Conforme a las directrices del JBI, se realizó la eliminación preliminar de artículos duplicados con la asistencia del gestor bibliográfico Zotero (n=112). Adicionalmente, el gestor determinó un artículo como ilegible (n=1).
- De los artículos restantes (n=259), se filtraron por título y resumen para identificar estudios potencialmente elegibles según los criterios PCC (n=173) **(Ver anexo 2)**. Tras este filtrado, se realizó la búsqueda de los artículos restantes (n=86) para su recuperación, siendo 7 los que no se pudieron recuperar.
- Finalmente, 79 textos completos preseleccionados fueron leídos y evaluados de forma independiente por los tres investigadores (LLC, BAC, MRZ) a fin de verificar su pertinencia y asegurar la coherencia

con los objetivos de la revisión, tomando en cuenta los criterios de inclusión y exclusión definidos.

- Esto dio como resultado la selección de 9 artículos. Este proceso fue esquematizado en el diagrama de flujo PRISMA-Scr. (**Ver Anexo 3**)

3.6. EXTRACCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

- Posterior a la revisión, los datos extraídos de los artículos seleccionados fueron ordenados dentro de una tabla realizada en el software Microsoft Excel.
- Dentro de las variables a incluir en la matriz de extracción de datos, se consideraron las siguientes: el título del estudio, año de publicación, autores, objetivos, diseño del estudio, características de la población, tamaño de muestra, idioma, continente, metodología y resultados relevantes alineados a cada objetivo específico de la presente revisión.
- El análisis de los datos se desarrolló mediante una descripción narrativa, integrando la información cualitativa y cuantitativa extraída de los estudios seleccionados. Asimismo, se calcularon frecuencias absolutas y relativas para describir las características principales de las publicaciones incluidas. La organización y presentación de los resultados se realizó en tablas elaboradas en Microsoft Excel, siguiendo las recomendaciones propuestas para revisiones de alcance.

IV. RESULTADOS

La **Tabla 1** muestra un resumen de las características generales que presentan los estudios seleccionados. De los 9 artículos, el 55.5 % (n=5) fueron realizados en Europa, 33.3 % (n=3) en Asia y el 11.1 % (n=1) en América. Respecto al año de publicación, el 33.3 % (n=3) fueron publicados dentro de los años 2012 hasta el 2015, el 33.3 % (n=3) entre los años 2016 hasta el 2019 y el 33.3 % (n=3) restante fueron publicados entre los años 2023 a 2025. Metodológicamente, el 55.5 % (n=5) fueron estudios prospectivos, de los cuales el 80 % (n=4) eran de cohortes y el 20 % (n=1), ensayos clínicos. Por otro lado, el 44.4 % (n=4) fueron estudios retrospectivos, de los que se identificaron el 75 % (n=3) como estudios de cohortes y el 25 % (n=1) como casos y controles. El 100 % (n=9) de las investigaciones seleccionadas fueron realizadas dentro de Departamentos de Radiología de diversos hospitales y centros médicos. A su vez, todas fueron redactadas en el idioma inglés.

La población incluye a pacientes adultos con sospecha de embolismo pulmonar (EP) a los que se les realizó un examen de Angiografía Pulmonar por Tomografía Computarizada (CTPA) como método diagnóstico por imágenes. El rango del tamaño muestral de los estudios fue de 64 a 151 participantes, siendo el 66.6 % (n=6) menor a 100 y el 33.3 % (n=3) mayor o igual a 100. El 77.7 % (n=7) dividió a su muestra en dos grupos (A y B), el 11.1% (n=1) en tres grupos (A, B, C) y el 11.1% (n=1) empleó un único grupo.

El total de pacientes incluidos en los 9 artículos fue de 806 con una edad promedio en el rango de 52.4 ± 16.2 a 71 ± 14 años, a excepción del estudio de Schönfeld et

al. que detalla la edad en mediana y rango intercuartil, donde los valores oscilan entre 72.9 (64 – 81.8) a 78.5 (69.1 – 81.9) años.

Respecto al sexo, el 49.3 % de participantes (n=398) fueron de sexo masculino con un rango de 26 a 57 hombres por estudio y el 50.7 % (n=408) fueron de sexo femenino con un rango entre 31 a 101 mujeres por estudio. Solo el 77.8 % de estudios (n=7) registró información respecto al Índice de Masa Corporal (IMC), del cual se observó un rango entre 22.5 ± 2.5 a 27.6 ± 6.0 de IMC promedio entre los participantes, a excepción del estudio de Suntharalingam et al. que reportó sus valores en mediana y rango intercuartil, los cuales se encontraban en un rango de 27.3 kg/m^2 (24.6 - 30.3) a 25.9 kg/m^2 (22.8 - 28.9).

En cuanto a comorbilidades asociadas presentes en los pacientes, el 77.7 % (n=7) artículos no reportaron explícitamente dichos datos, mientras que en el 11.1 % (n=1) se reportó de forma parcial que 36 de 100 participantes poseían un historial de TVP en miembros inferiores y, en el artículo restante, se registró que la muestra estaba conformada por pacientes oncológicos, donde predominó el cáncer de pulmón y cáncer de mama en un 27 % y 18 % del total de participantes, respectivamente.

Se contaron un total de 10 equipos utilizados, entre ellos, el 90 % (n=9) fueron equipos de tomografía con doble fuente (Dual Source CT, DSCT), de los cuales, uno empleó un detector de conteo de fotones (Photon Counting Detector CT, PCD - CT). El 10 % restante (n=1) fue un equipo de fuente única (Single Source CT, SSCT) con tecnología de energía dual (Dual energy CT, DECT). De las marcas mencionadas, el 90 % (n=9) fueron equipos de Siemens, siendo el 66.6 % (n=6) del modelo Somatom Definition Flash con 128 detectores y el 11.1 % (n=1) tanto para

el Somatom Definition, el Somatom Force y el Naeotom Alpha, de 64, 192 y 144 detectores, respectivamente. El 10 % restante (n=1) fue un equipo de General Electric de modelo perteneciente a la serie Revolution, cuyo número de detectores no fue reportado explícitamente.

Protocolos estándar de CTPA

La **Tabla 2** muestra un resumen de los protocolos estándar de CTPA descritos. El 88.9 % de artículos (n=8) describen un protocolo “estándar” de CTPA empleado en sus respectivos centros hospitalarios para compararlos con un protocolo “experimental”, mientras que el 11.1 % (n=1) solo realizó comparaciones con protocolos de otros estudios.

Entre las modalidades de tomografía, el 87.5 % (n=7) emplearon tomografía de doble fuente (DSCT), de los cuales, 6 usaron el modo de energía única (Single Energy CT, SECT) y 1, el de energía dual (DECT). Mientras que el 12.5 % (n=1) utilizó tomografía de fuente única (SSCT) con la técnica de energía única (SECT).

Entre los parámetros de adquisición que destacaron, el rango de voltaje del tubo (kVp) varió de 90 a 150 kVp con una predominancia del 75 % (n=6) en el uso de 100 kVp. Para la corriente de tubo se usó una modulación automatizada que osciló entre el rango de 46 a 150 mAs y, a su vez, se usó el pitch entre el rango de 0.55 a 2.2 con un tiempo de rotación del tubo entre 250 a 500 ms. Del mismo modo, el 87.5 % (n=7) utilizaron el método de “bolus tracking” o “bolus trigger” y el 12.5 % (n=1) utilizó bolus test.

Respecto a la técnica de inyección de MC, predominó una concentración de 300 mgI/ml en el 50 % (n=4) y un flujo de 4 ml/s en el 87.5 % (n=7). Se usó la misma

concentración tanto para los protocolos estándar como experimentales. Por otro lado, el volumen de MC estuvo entre el rango de 50 a 80 ml con una predominancia de 50 a 60 ml en el 62.5 % (n=5). De los 8 estudios con protocolos estándar, se mencionaron técnicas de reconstrucción iterativas en el 62.5% (n=5) como SAFIRE, ADMIRE y AsiR. Del mismo modo, se mencionó la técnica de retroproyección filtrada (FBP) en el 37.5 % (n=3).

La dosis de radiación para estos protocolos estuvo registrada según 3 parámetros: Producto Dosis - Longitud (DLP), Índice de Dosis de Tomografía Computarizada por Volumen (CTDIvol) y Dosis Efectiva (DE). Se utilizó principalmente la media en el 75 % (n=6), la cual estuvo entre los rangos de 126.9 a 287.9 mGy*cm (DLP), 3.8 a 8 mGy (CTDIvol) y 1.7 a 4.0 mSv (DE). Asimismo, también se utilizó la mediana y rango intercuartil en los 2 artículos restantes, la cual estuvo entre los rangos de 106.4 (76.6 – 146.7) a 172 (48) mGy*cm (DLP), 3.6 (2.7 – 5.1) a 4.8 (1.1) mGy (CTDIvol) y 1.49 (1.1 – 2.1) a 2.4 (0.7) mSv (DE).

En todos los estudios con protocolo estándar, se midió la prevalencia de EP, la cual varió entre 17.14 % a 43.3 % respecto a su total de participantes.

Técnicas empleadas para la reducción de la dosis de radiación y el volumen de medio de contraste

La **Tabla 3** resume las técnicas empleadas para la reducción de la dosis de radiación y el volumen de medio de contraste. Dentro de los artículos seleccionados, el 11.1 % (n=1) representa a la modalidad SSCT, mientras que el 88.8 % (n=8), al DSCT. Respecto al SSCT, la técnica empleada es el cambio rápido de kV (Fast kV Switching) para obtener imágenes de doble energía (DECT). En el caso del DSCT,

se utilizaron técnicas con energía única (SECT), entre las que destacan el DSCT - SE convencional (n=2), el DSCT de alto pitch (n=4), el DSCT simultáneo (SimDS) de bajo pitch (n=1) y el DSCT con detector de conteo de fotones (PCD - CT) (n=1).

En cuanto a los parámetros de adquisición, el 55.5 % (n=5) empleó un bajo kilovoltaje en el rango de 70 a 80 kVp y el 44.4 % (n=4) hizo uso de un alto pitch (> igual a 1.5) con un tiempo de rotación del tubo entre 250 a 330 ms. Asimismo, el 77.7 % (n=7) usó algoritmos de reconstrucción iterativa, mientras que el 12.3 % (n=2) emplearon el algoritmo de retroproyección filtrada (FBP). Respecto al volumen de MC administrado, este estuvo en un rango de 20 a 60 ml.

La dosis de radiación para los protocolos experimentales estuvo registrada como media en el 77.7 % (n=7) entre los rangos de 28.6 a 183.8 mGy*cm (DLP), 0.8 a 5.7 mGy (CTDIvol) y 0.4 a 2.6 mSv (DE). Asimismo, estuvo registrada como mediana y rango intercuartil en el 12.3 % (n=2) entre los rangos de 47.5 (19) a 74 (51.6 – 90.6) mGy*cm (DLP), 1.7 (0.7) a 2.5 (1.9 – 2.9) mGy (CTDIvol) y 0.7 (0.3) a 1.0 (0.7 – 1.3) mSv (DE).

En todos los estudios se midió la prevalencia de EP en cada grupo donde se aplicó el protocolo experimental, la cual varió entre 14.3 % a 36.7 % respecto a su total de participantes.

En los estudios de Viteri et al. y Suntharalingam et al., donde se empleó un protocolo de bajo kilovoltaje (80 kVp), se logró una reducción del 60 % (2.7 vs. 1.1 mSv; $p < 0.001$) y 71.8 % (2.4 vs. 0.7 mSv; $p < 0.001$) de la dosis efectiva y del 25% (80 ml vs 60 ml) y 58.3% (60 ml vs 25 ml) del volumen de MC, respectivamente, en comparación a su protocolo estándar de 100 kVp.

Por otro lado, Lu et al. describieron un protocolo con bajo voltaje del tubo (80 kVp), alto pitch (2.2) y un algoritmo de reconstrucción iterativa (SAFIRE), con una reducción de la dosis de radiación del 50.3 % (1.7 ± 0.5 vs 0.9 ± 0.2 mSv, $p < 0.001$) y del volumen de MC en un 66.6% (60 ml vs 20 ml) en comparación a su protocolo estándar (100 kVp, 1.2 pitch, FBP). Asimismo, los protocolos de Li et al. y Schönfeld et al. compararon kilovoltajes estándar entre 100 a 120 kVp y pitch de 1.2 con un kilovoltaje reducido de 70 kVp, un alto pitch de 3.2 y algoritmos de reconstrucción iterativa (SAFIRE, ADMIRE). Se logró una reducción del 80 % (2 ± 0.4 mSv vs. 0.4 ± 0.1 mSv) y 30 % (1.5 vs 1.1 mSv) de la dosis de radiación y del 33.3 % (60 ml vs 40 ml) y 60 % (50 ml vs 20 ml) del volumen de medio de contraste, respectivamente.

En cambio, Rajiah et al. compararon su protocolo que empleó kilovoltaje basado en IMC (80 - 120 kVp), alto pitch (3.2) y 30 ml de volumen de MC (dentro del rango de estudios incluidos en esta revisión) en un equipo DSCT con otras investigaciones de diferente literatura, lo que resultó en una dosis efectiva comparable (2.2 - 7 vs 2.3 mSv) en adquisiciones con SSCT y de menor valor (3.2 - 4.7 vs 2.3 mSv) en comparación a adquisiciones con DSCT.

Dentro del resto de técnicas encontradas, Boos et al. utilizaron un protocolo con 70 kVp y 0.9 de valor de pitch con una técnica Dual Source Simultáneo (SimDS) en comparación a su protocolo institucional estándar que empleó entre 100 a 120 kVp con selección automática del potencial de tubo (ATPS) y alto pitch (2.2) con una técnica Dual Source de adquisición en espiral o helical (SpiralDS). Su estudio resultó en una reducción del 48% (3.9 ± 1.1 vs 2.0 ± 0.6 mSv) de la dosis de radiación y permitió disminuir el volumen de MC en un 42.8% (70 ml vs 40 ml).

Del mismo modo, Pannenbecker et al. utilizaron un equipo DSCT con detector de conteo de fotones (PCD) con un voltaje del tubo de 120 kVp y alto pitch de 2, con lo que obtuvo una reducción de la dosis de radiación que fue estadísticamente significativa ($p < 0.001$) en relación a su protocolo convencional con tecnología dual energy (DECT) y detector de energía integrada (EID) de 90 kV/Sn150 kV y pitch de 0.5 (3.3 ± 0.8 vs. 1.4 ± 0.5 mSv). Asimismo, redujo el volumen de MC en un 50% (50 ml vs. 25 ml).

Por último, el estudio de Zhang et al. comparó 3 grupos (A, B, C) para evaluar la efectividad de un protocolo experimental DECT con cambio rápido de kVp basado en el IMC. El grupo experimental (C) presentó una dosis efectiva comparable a la del grupo B (DECT convencional) (2.5 ± 0.5 vs 2.6 ± 0.3 mSv) y significativamente menor al del grupo A (SECT convencional) en un 35% (4.0 ± 0.5 vs 2.6 ± 0.3 mSv) y, a su vez, una reducción del volumen de MC en un 54% (50.0 ± 0.0 [A] vs 23.2 ± 4.0 [C] ml, $p < 0.001$).

Compromiso de la calidad de imagen

La **Tabla 4** resume los parámetros objetivos en relación al compromiso de la calidad de imagen de los protocolos utilizados. Dentro de los artículos incluidos, el 100 % (n=9) emplearon tanto la relación señal - ruido (SNR) y el nivel de atenuación promedio medido en las arterias pulmonares como indicador de calidad de imagen, mientras que el 88.8 % (n=8) emplearon también la relación contraste - ruido (CNR). Tanto los valores de CNR, SNR y nivel de atenuación promedio fueron reportados utilizando diferentes estadísticos descriptivos.

En primer lugar, en cuanto al CNR, en el 25 % (n=2) se midió solamente el CNR global de las arterias pulmonares. El primer artículo reporta el CNR en media \pm desviación estándar, donde el promedio fue 12.5 ± 8.6 a 14.8 ± 7.4 . En cambio, el segundo lo describe con mediana (rango intercuartil), siendo 11.0 (IQR: 9.2 – 17.9) y 8.8 (IQR: 5.8 – 12.4) los valores de CNR dentro del protocolo estándar y experimental, correspondientemente. Por otro lado, en el 75 % (n=6) de los estudios, este indicador se midió en ciertos segmentos específicos de la arteria pulmonar, tales como el tronco pulmonar (TP), las ramas pulmonares derecha e izquierda, las ramas lobares y las ramas segmentarias. Dentro de este último grupo de estudios, la medición del CNR del tronco pulmonar es descrita en cada uno de estos (n=6). El 83.3 % (n=5) de artículos informaron dichos valores en media \pm desviación estándar, los cuales se encontraban en un rango entre 11.6 ± 3.3 a 27.7 ± 8.6 y 12.4 ± 5.7 a 38.9 ± 15.9 para los protocolos estándar y experimentales, respectivamente. De similar manera, el 16.7 % (n=1) describió el CNR mediante mediana (rango intercuartil), resultando en 13 (IQR: 8.9) y 10.2 (IQR: 3.7) para el protocolo estándar y experimental, respectivamente.

En segundo lugar, en cuanto al SNR, en el 22.2 % (n=2) se midió solamente el SNR global de las arterias pulmonares. Ambos estudios fueron descritos empleando media \pm desviación estándar. Estos dígitos oscilaban entre 12.5 ± 3.7 a 13.8 ± 9.1 y 10.5 ± 3.4 a 16.3 ± 7.5 . Por otro lado, en el 77.7 % (n=7) de los estudios, este indicador se midió por segmentos variados de la arteria pulmonar (similar al caso del CNR). La medición compartida entre todos los grupos fue la SNR del tronco pulmonar. El 85.7 % (n=6) de artículos informaron dichos valores en media \pm desviación estándar, los cuales se encontraron en un rango entre 13.9 ± 3.7 a 30.0

± 10.8 y 14.6 ± 6.0 a 44.4 ± 16.8 para los protocolos estándar y experimentales, respectivamente. De la siguiente manera, un estudio registró sus valores de SNR como mediana (rango intercuartil), la cual fue de 15.5 (IQR: 8.9) para el protocolo estándar y de 12 (IQR: 4.1) para el experimental.

Por último, en cuanto al nivel de atenuación promedio, el 11.1 % (n=1) midió solamente el promedio global de la atenuación de las arterias pulmonares expresado en unidades Hounsfield (UH), siendo el estudio de Rajiah et al. el que reportó un valor de 395.3 ± 131.1 para su protocolo experimental. Por otro lado, en el 88.88 % (n=8) de los estudios, este indicador se midió en varios segmentos específicos de la arteria pulmonar de manera similar como en el caso del CNR y el SNR anteriormente descritos. Asimismo, la medición de las unidades Hounsfield (UH) del tronco pulmonar es expresada en cada uno de estos (n=8). El 87.5 % (n=7) de artículos informaron dichos valores de UH en el tronco pulmonar mediante la media \pm desviación estándar, los cuales se encontraban en un rango entre 259.6 ± 69.7 UH a 586.3 ± 162.1 UH y 239.4 ± 78.3 UH a 712.2 ± 129.3 UH para los protocolos estándar y experimentales, respectivamente. De similar manera, el 12.5 % (n=1) describió la atenuación mediante mediana (rango intercuartil), la cual fue de 343 UH (IQR 138) y 269 UH (IQR 140) para el protocolo estándar y experimental en el orden dado.

En el estudio de Viteri et al., las arterias pulmonares principales mostraron una atenuación significativamente mayor utilizando 80 kVp en comparación a 100 kVp ($p < 0.001$). Del mismo modo, en las investigaciones de Lu et al., Li et al. y Boos et al. se observaron valores de atenuación más elevados en el tronco pulmonar y ramas principales con los protocolos experimentales en comparación a los

protocolos estándar. En el estudio de Zhang et al. que comparó 3 grupos (A, convencional; B y C, experimentales), los valores de atenuación promedio resultaron siendo menores en el grupo B que en el grupo C y, este último, a su vez, tiene una atenuación menor que el grupo A, sin embargo, no se trata de una diferencia significativa. Por otro lado, en el estudio de Suntharalingam et al. y Schönfeld et al. se reportó una atenuación de las arterias pulmonares ligeramente menor en el protocolo experimental comparado al estándar (UH en el tronco pulmonar: 269 UH (IQR 140) vs 343 UH (IQR 138); UH global: 283.2 [216.1 – 368.7] UH; 386.8 [320.6 – 26.1] UH; $p = 0.0001$). Asimismo, en el estudio de Pannenbecker et al., los valores de atenuación medidos resultaron siendo sustancialmente altos en el protocolo estándar a diferencia del grupo experimental, tanto en las imágenes policromáticas como en las imágenes de 60 keV (UH en el tronco pulmonar: 586.3 ± 162.1 [EID, 60 keV] vs. 316.1 ± 111.3 [PCD, 60 keV], $p < 0.001$; $239.4 \pm 430.2 \pm 117.7$ [EID, blended] vs. 78.3 [PCD, T3D], $p < 0.001$).

Dentro de los estudios de Lu et al. y Li et al. se reportaron valores significativamente más altos de SNR y CNR en los grupos con protocolos experimentales en las arterias pulmonares principales. En contraste, Viteri et al. y Boos et al. no encontraron diferencias estadísticamente significativas en el SNR y CNR ($p < 0.001$) entre los grupos comparados a pesar de observar diferencias en la atenuación vascular. En el artículo de Suntharalingam et al., se reportaron valores de CNR y SNR similares o significativamente menores en los protocolos experimentales a comparación de los estándar. De forma consistente, la investigación de Rajiah et al. reportó una excelente opacificación vascular y valores elevados de SNR en todas las arterias pulmonares, comparables o superiores a los reportados en la literatura,

sin diferencias significativas frente a varios protocolos de referencia. Por otro lado, Schönfeld et al. registraron valores menores de CNR en comparación con protocolos estándar ($p \leq 0.01$). No obstante, los valores de atenuación vascular superaron los umbrales mínimos necesarios para la detección de embolismo pulmonar y la calidad subjetiva no mostró diferencias significativas entre los protocolos evaluados.

En la investigación de Pannenbecker et al., que utilizó un sistema PCD - CT frente a detectores convencionales (EID), se encontraron valores significativamente mayores de nivel de atenuación promedio, SNR y CNR en determinados grupos y reconstrucciones energéticas, manteniendo una calidad de imagen calificada como “buena a excelente” incluso con volúmenes muy reducidos de MC.

Finalmente, Zhang et al. encontraron que las diferencias en UH, SNR y CNR entre los grupos fueron más evidentes en pacientes con IMC entre 20 a 26 kg/m². En todos los grupos analizados, los valores de nivel de atenuación superaron los 250 UH, considerados adecuados para el diagnóstico de embolismo pulmonar.

V. DISCUSIÓN

El presente trabajo tuvo como objetivo mapear la evidencia científica sobre las técnicas empleadas para la reducción de la dosis de radiación y del volumen de MC en la angiotomografía pulmonar en adultos con sospecha de EP sin comprometer la calidad de imagen. Esta revisión es relevante debido a que el embolismo pulmonar es considerado el tercer síndrome cardiovascular agudo más frecuente a nivel mundial y reconocido como una condición clínica grave que debe ser detectada a tiempo por la evolución y riesgos que podría presentar en el paciente (1-3).

La tecnología ha estado avanzando y sigue haciéndolo de forma exponencial a lo largo de los años. Lo mencionado también aplica dentro del campo de los equipos biomédicos, como es el caso de los equipos del área de Radiología que han ido evolucionando desde el descubrimiento de los rayos X por Wilhelm Roentgen en 1895 (12). En la actualidad, la angiotomografía pulmonar o también llamada “Angio-TEP” se ha destacado y mantenido como el gold standard y método de imagen inicial para el diagnóstico de embolismo pulmonar (1,2). Por lo cual, se ha impulsado el desarrollo de nuevas técnicas y protocolos a fin de disminuir la exposición a la radiación en los pacientes, manteniendo la calidad de imagen, tal como lo establece el principio ALARA en Radiología (“Tan bajo como sea razonablemente posible”) (4,7). Del mismo modo, se busca reducir el volumen de MC administrado por el riesgo de nefropatía inducida (13).

En relación con las características de la población incluida en los estudios analizados, se observó una clara predominancia de investigaciones realizadas en Europa y Asia. Esta concentración geográfica puede influir en la generalización de

los resultados, dado que factores como la disponibilidad tecnológica, los protocolos institucionales y las características de la población pueden variar significativamente entre regiones.

La edad fue un factor consistentemente reportado, observándose que la mayoría de los estudios incluyeron pacientes adultos de mediana y avanzada edad, lo cual es concordante con la epidemiología del EP, cuya incidencia aumenta progresivamente con la edad. Este aspecto resulta relevante, ya que los pacientes de mayor edad suelen presentar comorbilidades asociadas y una mayor susceptibilidad a los efectos adversos de la radiación y del medio de contraste, reforzando la necesidad de protocolos optimizados en este grupo poblacional (1).

Respecto al sexo, los estudios incluidos no reportaron diferencias estadísticamente significativas en los parámetros de calidad de imagen, dosis de radiación o volumen de entre hombres y mujeres. No obstante, algunos estudios excluyeron condiciones clínicas específicas, como el embarazo en mujeres, reconocido como un factor de riesgo particular para el tromboembolismo venoso y una condición en la que la reducción de dosis adquiere especial relevancia (1). En contraste, se pueden presentar otras comorbilidades como neoplasias malignas, las cuales también incrementan el riesgo de embolismo pulmonar y pueden condicionar la indicación repetida de estudios por tomografía computarizada, tal como refiere Rajiah et al. (14). Otro ejemplo de comorbilidad asociada es la trombosis venosa profunda, mencionada por Zhang et al. (15), donde el 40 % de participantes en su estudio presentaban como antecedente dicha enfermedad. Sin embargo, 7 artículos del total no reportaron de forma explícita si la muestra presentaba alguna condición anterior,

limitándose solo a mencionar que se trataban de pacientes con sospecha clínica de EP, lo que no permite obtener un panorama más amplio respecto al historial clínico de los participantes.

El índice de masa corporal fue otro factor poblacional destacado. Algunos estudios, como el de Zhang et al., ajustaron sus protocolos en función del IMC o realizaron análisis estratificados, evidenciando que las estrategias de reducción de dosis y volumen de medio de contraste resultan más efectivas en pacientes con IMC bajo o normal. En pacientes con sobrepeso u obesidad, si bien fue posible mantener una calidad diagnóstica adecuada, las reducciones fueron más limitadas, lo que subraya la importancia de individualizar los parámetros técnicos según las características antropométricas del paciente (15).

En los equipos empleados, hubo una predominancia notoria en el uso del modelo Somatom Definition Flash (60 %), esto debido a su capacidad de realizar exámenes de adquisición ultrarrápida con técnicas de alto pitch (14,18). En contraste, solo hubo un equipo General Electric dentro de la muestra de artículos seleccionados, reportado por Zhang et al, quienes utilizaron una técnica de cambio rápido de kVp, menos difundida en la literatura (15). El número de detectores de cada equipo varió de 64 a 192, siendo más frecuente los 128 detectores, mientras el tiempo de rotación tuvo una mayor predominancia en 280 ms para ambos protocolos, por lo que estos valores reflejan la capacidad de estos equipos para obtener velocidades de adquisición óptimas al ajustar los parámetros.

Entre los protocolos estándar descritos en la literatura analizada, se observó que estos no siguen un patrón similar o de sencilla comparación. Por el contrario, cada

centro que llevó a cabo el estudio empleó su propio protocolo en relación a la práctica y experiencia dentro de su contexto institucional. Lu et al. y Li et al. usaron protocolos de 100 kVp con corriente modulada y 60 ml de contraste, lo que resalta en comparación al protocolo de Boos et al., cuya institución utilizó un protocolo de alto pitch con adquisición SpiralDS de forma rutinaria (16-18). Del mismo modo, Pannenbecker et al. comparó su protocolo experimental con un equipo PCD - CT con su protocolo estándar que utilizó un equipo con tecnología Dual Energy convencional (10). Esto evidencia el desarrollo no tan homogéneo de los protocolos actuales para la angiotomografía pulmonar.

Entre las técnicas de reducción dentro de los protocolos experimentales, se ha evidenciado que en más del 50 % de los artículos seleccionados se optó por el uso de un bajo voltaje del tubo (70-80 kVp). Esto se debe a su gran practicidad para ser aplicado dentro de los protocolos, ya que permite reducir la energía de los fotones incidentes y, al mismo tiempo, incrementar la probabilidad de interacciones fotoeléctricas con los átomos de yodo, lo que resulta en una mayor atenuación de las arterias pulmonares (10,14,16-20). De este modo, es posible reducir tanto la dosis de radiación como compensar el uso de un bajo volumen de MC (17,19).

Esta idea es respaldada por los estudios de Viteri et al. y Suntharalingam et al., quienes emplearon 80 kVp frente a protocolos estándar de 100 kVp. Ambos lograron una reducción del 60 % y 71.8 % de dosis de radiación y del 25 % y 58.3 % del volumen de medio de contraste, respectivamente (19,20).

Por otro lado, la técnica de alto pitch (high pitch) también es mencionada. Su efectividad se basa en la reducción del tiempo de exploración y, por ende, del

tiempo de exposición. Del mismo modo, permite el uso de un flujo mayor para la inyección del medio de contraste, lo que permite la disminución del volumen administrado (18,20).

En línea con esto, Rajiah et al. empleó un alto pitch de 3.2 con un kilovoltaje entre el rango de 80 y 120 kVp, con lo que obtuvo una dosis efectiva de 2.3 mSv, valor que fue comparable con otros estudios con los que se evaluó (2.2 - 7, 3.2 - 4.7 mSv) (14). Asimismo, su volumen de MC fue de 30 ml, considerado bajo en relación a los artículos de esta revisión.

Es así que las técnicas de bajo voltaje y alto pitch han sido ampliamente difundidas en los últimos años. Sin embargo, su uso también representa un incremento en el ruido de la imagen (16). Por ello, se ha encontrado en la literatura que se han empleado técnicas de reconstrucción para poder compensar esta pérdida en la calidad de imagen.

En este sentido, los estudios de Lu et al. y Li et al. resaltaron el uso de algoritmos de reconstrucción iterativa (SAFIRE, Siemens) que, en complemento con un bajo kVp y alto pitch (> 2), lograron una disminución de más del 50 % de dosis de radiación con dosis efectivas menores a 1 mSv, así como una reducción del volumen de MC de hasta el 66 %, manteniendo su confianza diagnóstica (16-17). Pannenbecker et al. y Schönfeld et al. mencionan otros algoritmos iterativos pertenecientes a la marca Siemens, como el ADMIRE y el Quantum Iterative Reconstruction (QIR, específico para equipos PCD - CT). Sin embargo, a pesar de permitir una calidad ligeramente superior al SAFIRE según otras fuentes, no son descritos como determinantes en la reducción de dosis de radiación y volumen de

MC dentro de sus protocolos ni se realiza alguna comparación en la reducción del ruido (7,10).

Respecto al resto de métodos mencionados, su uso fue de menor prevalencia en esta revisión. Por un lado, Boos et al. evaluaron un protocolo experimental de adquisición Dual Source Simultánea (SimDS) con pitch moderado (0.9) en contraste con su protocolo institucional estándar de alto pitch (2.2) con una adquisición Dual Source helicoidal (SpiralDS, Flash Siemens). El modo SimDS permitió una reducción de dosis efectiva (48 %) en comparación con la adquisición SpiralDS (18). Este hallazgo puede explicarse principalmente por el empleo de un kilovoltaje significativamente menor en el protocolo experimental (70 kVp vs. 100 - 120 kVp). Asimismo, la adquisición simultánea de ambos sistemas tubo-detector mejoró la eficiencia del uso de fotones, permitiendo mantener una adecuada calidad de imagen con menores valores de corriente y voltaje del tubo. En contraste, los protocolos de alto pitch como el SpiralDS priorizan la reducción del tiempo de adquisición a costa de comprometer la calidad de imagen, lo que puede requerir ajustes compensatorios de mA o el uso de mayores kVp, lo que limita su efecto reductor sobre la dosis total.

Tal como describe Boos et al., si bien la adquisición simultánea permite mantener una adecuada relación señal - ruido incluso con bajo kilovoltaje, esta misma característica restringe el pitch máximo alcanzable debido al compromiso de la cobertura total de datos. Esto puede afectar el uso de bolos de contraste muy cortos, debido a que el modo SimDS requiere tiempos de adquisición ligeramente mayores. En consecuencia, la reducción extrema del volumen de MC puede verse limitada,

incluso cuando se emplean técnicas de sincronización óptima como el bolus tracking o el test bolus. No obstante, el uso de volúmenes intermedios de MC (como los 40 ml reportados) demostró ser factible y permitió obtener una calidad de imagen adecuada en pacientes con un índice de masa corporal de hasta 35 kg/m² (18).

Por su parte, Pannenbecker et al. demostraron que la incorporación de detectores de conteo de fotones (PCD - CT) posibilita una reducción marcada de la dosis de radiación (57.5 %) y del volumen de medio de contraste (50 %). A diferencia de los sistemas convencionales con detectores EID, el PCD - CT permite una utilización más eficiente de los fotones de rayos X al eliminar el ruido electrónico y optimizar la detección de la señal, lo que posibilita la adquisición de estudios diagnósticos con menor exposición. Esta mayor eficiencia se traduce en reducciones significativas de la dosis efectiva, incluso al compararse con protocolos avanzados basados en DECT (10).

Asimismo, la tecnología PCD - CT facilita la reducción del volumen de medio de contraste yodado gracias a su capacidad para generar reconstrucciones espectrales a energías bajas óptimas (60 kVp). Esto incrementa la atenuación vascular, permitiendo alcanzar valores diagnósticos adecuados con volúmenes de MC tan bajos como 25 ml. Este estudio refuerza el potencial de la tecnología PCD - CT como una herramienta prometedora para protocolos de ultra baja dosis de radiación y MC (10).

A su vez, el estudio de Zhang et al. introdujo un enfoque basado en el índice de masa corporal mediante un protocolo DECT con cambio rápido de kVp. Sus

resultados mostraron que este protocolo experimental (Grupo C) logró una dosis efectiva significativamente menor que la de un protocolo SECT estándar (2.6 ± 0.3 vs. 4.0 ± 0.5 mSv [SECT]), pero comparable a la de un DECT convencional (2.6 ± 0.3 [C] vs. 2.5 ± 0.5 mSv). Esto sugiere una limitación en la reducción de la dosis en comparación a otras técnicas ya mencionadas. También permitió una reducción importante del volumen de medio de contraste (54%, [C vs. SECT]). Estos hallazgos resaltan la importancia de la individualización de los protocolos de angiotomografía pulmonar, especialmente en poblaciones heterogéneas, como una estrategia clave para optimizar el balance entre dosis, volumen de contraste y calidad de imagen (15).

Entre los estudios secundarios relevantes, la revisión sistemática de Aldosari et. al sobre protocolos de baja dosis en la angiotomografía pulmonar también evaluó de manera conjunta el impacto de diversas estrategias técnicas orientadas a la reducción simultánea de la dosis de radiación y del volumen de MC. Se reportaron reducciones de dosis en 13 artículos que oscilaron entre aproximadamente 30 a 85 %, así como disminuciones del volumen de MC de hasta 60 a 67 %. Estos valores son concordantes con los resultados de la presente revisión de alcance. No obstante, cabe resaltar que esta revisión sistemática no profundiza en las consideraciones técnicas específicas ni en la modalidad de adquisición, aspecto que constituye uno de los principales aportes y da relevancia a este scoping review. Además, se diferencia al enfocarse en mayor medida en la descripción de los parámetros técnicos que forman parte de la adquisición, reconstrucción y reformatación de las imágenes tomográficas obtenidas en lugar de únicamente medir la viabilidad de los

protocolos en base a valores de porcentajes de reducción de dosis de radiación y volumen de MC alcanzados por estos mismos (9).

Por otro lado, dentro de los estudios mapeados, se evidenció el empleo del nivel de atenuación promedio, la relación señal - ruido (SNR) y la relación contraste - ruido (CNR) como indicadores principales de calidad de imagen dado que representan métricas objetivas ampliamente utilizadas en los presentes estudios de CTPA. Estos parámetros permiten evaluar la opacificación vascular, el nivel de ruido y la capacidad de contraste, aspectos fundamentales para la detección de embolismo pulmonar (21). No obstante, se reconoce que dichos indicadores no reflejan de manera integral la calidad diagnóstica, la cual también depende de evaluaciones subjetivas y factores clínicos.

En conjunto, los resultados de estudios tales como los realizados por Lu et al., Li et al. y Pannenbecker et al. evidenciaron que modificaciones en los parámetros de adquisición, tales como la reducción del kVp, el tipo de detector, el pitch elevado o la disminución del volumen de MC, influyen de manera consistente en los valores de atenuación vascular, mientras que el impacto sobre el SNR y CNR es más variable e, incluso, en el caso del estudio de Suntharalingam et al., no es clínicamente relevante (10,16,17,20).

Pese a estas variaciones presentes en los distintos protocolos, todos los estudios reportaron valores de atenuación por encima de los umbrales considerados adecuados para el diagnóstico de EP incluso en protocolos optimizados para reducción de dosis o volumen de MC (generalmente ≥ 250 UH), tal como mencionan Chen et al. y Leitman et al. en sus respectivos textos (22,23).

Dado que los estudios incluidos en la presente revisión evaluaron la atenuación del contraste en distintos segmentos de la arteria pulmonar (tronco pulmonar, ramas principales y segmentarias), se adoptó un criterio de estandarización para la síntesis de los resultados. Cuando estuvo disponible, se utilizó preferentemente el valor de atenuación medido en el tronco de la arteria pulmonar, ya que este sitio anatómico es ampliamente empleado como referencia para evaluar la calidad de la opacificación en la angiotomografía pulmonar en un 88 % (n=8) de los artículos y permite una mayor comparación entre estudios.

En aquellos casos en que los autores reportaron múltiples mediciones, se priorizó el valor principal definido por el propio estudio o el promedio cuando este fue explícitamente informado, tal como en el caso del estudio de Rajiah et al., donde se empleó únicamente el valor de atenuación promedio global de las arterias pulmonares para realizar su comparación con protocolos de otros textos (14). Asimismo, se registró descriptivamente la localización anatómica de las mediciones en cada estudio, con el fin de reflejar la heterogeneidad metodológica presente en la literatura.

Es relevante señalar que, en los estudios de Viteri et al. y Suntharalingam et al., se empleó el término “intensidad de señal” para referirse a la evaluación de la opacificación vascular en angiotomografía pulmonar (19,20). Sin embargo, la tomografía computarizada cuantifica la atenuación del haz de rayos X, expresada en unidades Hounsfield (UH), y no la intensidad de señal, concepto propio de la resonancia magnética (24). Esta imprecisión terminológica puede generar confusión al momento de interpretar y comparar los indicadores de calidad de

imagen entre estudios. En el presente trabajo, dichos valores fueron interpretados como mediciones de atenuación promedio cuando correspondía al contexto de tomografía computarizada con el objetivo de mantener la coherencia conceptual y facilitar la síntesis de la evidencia.

En cuanto al SNR y CNR, los trabajos de Lu et al. y Li et al. demostraron valores significativamente mayores en protocolos convencionales o en aquellos con mayor atenuación vascular (16,17). Mientras que Viteri et al. y Boos et al. no encontraron diferencias estadísticamente significativas entre grupos a pesar de cambios notorios en los parámetros de adquisición (18,19). De manera relevante, el estudio de Schönfeld et al. describe un protocolo experimental donde se registró una reducción moderada en el SNR y CNR. Sin embargo, los autores concluyeron que esto no parece tener una influencia relevante en la confianza diagnóstica, siempre que los valores se mantuvieran dentro de rangos aceptables (7). Este hallazgo sugiere que tanto el SNR y CNR, si bien son métricas sensibles a cambios técnicos, pueden no reflejar de forma directa la capacidad diagnóstica cuando la opacificación vascular mínima está asegurada.

Asimismo, en el estudio de Suntharalingam et al. se hallaron variaciones regionales en el SNR y CNR a lo largo del árbol arterial pulmonar, con diferencias entre segmentos centrales y periféricos, lo que refuerza la influencia del sitio anatómico de medición sobre estos indicadores (20). Esta heterogeneidad metodológica limita la comparación directa entre estudios y apoya la necesidad de criterios estandarizados tanto para la localización de las mediciones como para la definición del ruido de la imagen.

En síntesis, los hallazgos de esta scoping review indican que, aunque la atenuación, el SNR y el CNR son indicadores objetivos útiles para caracterizar la calidad física de la imagen en angiotomografía pulmonar, sus variaciones entre protocolos no siempre se correlacionan con una pérdida de calidad diagnóstica. Esto refuerza la noción de que dichos parámetros deben interpretarse de manera contextual, considerando umbrales clínicamente relevantes y en complemento con evaluaciones subjetivas de calidad de imagen.

En línea con lo descrito, Aldosari et al. señalan una importante variabilidad en la evaluación de la calidad de imagen entre los estudios primarios, tanto en los parámetros objetivos utilizados (SNR, CNR) como en las escalas subjetivas de valoración. Esta heterogeneidad se ve igualmente reflejada en los artículos incluidos en la presente revisión, lo que limita la comparación directa entre protocolos y tecnologías, especialmente al contrastar técnicas como la DECT, los escáneres DSCT y los sistemas PCD - CT. No obstante, tanto la evidencia sintetizada por Aldosari et al. como los estudios analizados en esta revisión coinciden en que las reducciones en los parámetros de calidad objetivos de imagen no implican necesariamente una disminución de la confianza diagnóstica para el embolismo pulmonar (9).

En este contexto, la presente revisión de alcance amplia y actualiza los hallazgos de la revisión sistemática de Aldosari et al., al incorporar tecnologías más recientes y protocolos experimentales orientados a la reducción de volumen de medio de contraste y dosis de radiación más allá de solo un ajuste en el kVp. Asimismo, al

incluir el nivel de atenuación promedio como parámetro objetivo de calidad, permitió una evaluación cuantitativa más extensa.

De este modo, se refuerza la evidencia de que la optimización de protocolos en la angiotomografía pulmonar debe ser entendida como un balance entre reducción de dosis, eficiencia en el uso del medio de contraste y preservación de la calidad de imagen. Esto requiere el ajuste óptimo de los parámetros técnicos, orientado a los requerimientos del paciente, en línea con el conocimiento integral, el criterio y la experiencia del Tecnólogo Médico en Radiología, quien se desempeña principalmente en el ámbito de la adquisición, reconstrucción y reformatación de los volúmenes obtenidos durante la tomografía, a fin de obtener imágenes debidamente procesadas que apoyen al diagnóstico. Asimismo, cumple un rol fundamental en la protección radiológica del paciente y forma parte en la prevención de posibles complicaciones durante el estudio causados por el medio de contraste.

VI. LIMITACIONES

Dentro de las limitaciones presentes en esta revisión se ha evidenciado que varios de los estudios mapeados excluyeron a pacientes con un IMC mayor a 30 kg/m^2 o con un peso mayor a 80 o 100 kg. Esto es justificado en la literatura debido al posible incremento del nivel de ruido, lo cual resulta en una disminución de la calidad de imagen (16,19). Es así que no se ha comprobado la utilidad de estos protocolos en personas con un peso mayor al mencionado.

Por otro lado, tampoco se describieron los casos específicos de mujeres embarazadas, que fueron un criterio de exclusión dentro de los estudios revisados. Esto es debido a la especial precaución y medidas adicionales respecto a la disminución de la dosis de radiación y el volumen de medio de contraste.

Cabe destacar que la mayoría de los estudios incluidos fueron realizados en equipos de una sola casa comercial, lo que limita la comparación entre diferentes fabricantes. Dado que existen variaciones en la tecnología, los protocolos descritos podrían no ser completamente extrapolables a otras plataformas de tomografía computarizada, lo que restringe la generalización de los hallazgos.

Asimismo, debido a la naturaleza de los estudios y variabilidad del registro de datos, no fue posible evaluar otros factores que pudieran afectar a la reducción de la dosis como el FOV de escaneo o el tiempo total de exposición.

A su vez, el análisis de la calidad de imagen se basó únicamente en indicadores objetivos, como el SNR y el CNR, sin considerar evaluaciones subjetivas ni la confianza diagnóstica, las cuales se reportaron de forma heterogénea entre los

estudios. Aunque estos parámetros permiten una medición reproducible y cuantificable, no reflejan por completo la percepción visual ni la utilidad clínica. Asimismo, las diferencias en la definición de ROIs, en el cálculo del ruido y en los segmentos anatómicos analizados dificultaron la comparación directa entre estudios. Sin embargo, esta heterogeneidad es representativa del estado actual de la literatura y acorde con el enfoque exploratorio de una scoping review.

VII. RECOMENDACIONES

Futuros estudios podrían beneficiarse de la estandarización de evaluaciones subjetivas de calidad de imagen, integrándose de manera complementaria a métricas objetivas. Del mismo modo, se recomienda la realización a futuro de investigaciones específicas que evalúen la calidad diagnóstica para la detección de EP a fin de comprobar la efectividad de estos protocolos, no solo en cuanto a contraste y ruido, sino que también puedan detallar mejor la relación con la capacidad y confiabilidad en el diagnóstico de esta enfermedad.

Se sugiere que los protocolos con las técnicas descritas se ajusten y repliquen en diferentes marcas y modelos de distinta gama, con el objetivo de que puedan compararse con los resultados de los estudios de la presente revisión.

Asimismo, los autores recomiendan que futuras investigaciones puedan ser orientadas a protocolos para individuos con un peso superior al estándar, de modo que se adapten mejor a la realidad de la práctica clínica. Lo mismo podría ser aplicado a grupos de poblaciones específicas, como mujeres embarazadas.

VIII. CONCLUSIONES

Los protocolos estándar de angiotomografía pulmonar descritos evidencian una marcada heterogeneidad interinstitucional en los parámetros técnicos de adquisición, volumen de medio de contraste y dosis de radiación, sin la existencia de un protocolo uniforme claramente definido.

Asimismo, la evidencia disponible sugiere que la combinación de técnicas de bajo voltaje de tubo, alto pitch y reconstrucción iterativa son las más difundidas en la literatura para la reducción de la dosis de radiación y el volumen de MC. Otras técnicas, como el Dual Source Simultáneo y Dual Source con PCD - CT representaron una menor cantidad dentro de la muestra de artículos seleccionados, lo que sugiere su uso menos común o más reciente dentro de la práctica clínica.

Del mismo modo, la evidencia sugiere que es posible mantener valores similares de SNR, CNR y nivel de atenuación promedio entre los protocolos estándar y experimentales que emplean técnicas de reducción de dosis de radiación y volumen de MC. Sin embargo, estos parámetros objetivos por sí solos no reflejan con precisión la calidad diagnóstica de una imagen. Por ello, para la adopción de estos protocolos, se requiere de una evaluación subjetiva que complemente y sustente la evaluación objetiva de la calidad de imagen.

En conjunto, esta revisión muestra que la reducción de la dosis de radiación y del volumen de medio de contraste en la angiotomografía pulmonar se logra mediante la combinación de técnicas de adquisición, ajustes técnicos y enfoques personalizados acordes a los avances tecnológicos. El Tecnólogo Médico en Radiología, quien forma parte activa en la adquisición, reconstrucción y reformateo

de imágenes tomográficas, cumple un rol importante durante el desarrollo de estas funciones a fin de no solo asegurar la protección radiológica, sino también de limitar la probabilidad de efectos adversos por la administración de material de contraste yodado. Aunque existe gran variabilidad entre protocolos, lo que dificulta su comparación y evidencia la necesidad de mayor estandarización, los resultados apoyan la viabilidad de estudios optimizados que mantienen la calidad de imagen y mejoran la seguridad del paciente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Vyas V, Sankari A, Goyal A. Acute Pulmonary Embolism [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. 2024. [Citado el 20 de mayo de 2025]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK560551/>
2. Kruger P, Eikelboom J, Douketis J, Hankey G. Pulmonary embolism: An update [Internet]. Australian Journal for General Practitioners. 2017;46:816-20. [Citado el 30 de mayo de 2025]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31216072/>
3. Garrido D, Visarrea E, Benalcazar J. Pulmonary Embolism Mortality Associated with the Necessity of Being Hospitalized Outside the Canton of Residence in Ecuador [Internet]. ELECTRON J GEN MED. 2021;18(3):em294. [Citado el 30 de mayo de 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.29333/ejgm/10860>
4. Barco S, Valerio L, Gallo A, Turatti G, Mahmoudpour SH, Ageno W, et al. Global reporting of pulmonary embolism–related deaths in the World Health Organization mortality database: Vital registration data from 123 countries [Internet]. Research and Practice in Thrombosis and Haemostasis. 2021;5(5):e12520. [Citado el 31 de mayo de 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/rth2.12520>
5. Kulka H, Zeller A, Fornaro J, Wuillemin W, Konstantinides S, Christ M. Acute Pulmonary Embolism–Its Diagnosis and Treatment From a Multidisciplinary Viewpoint [Internet]. Dtsch Arztebl Int. 2021;118(37):618-628. [Citado el 7 de junio de 2025] Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8704819/>
6. Moore A, Wachsmann J, Chamarthy M, Panjikaran L, Tanabe Y, Rajiah P. Imaging of acute pulmonary embolism: an update [Internet]. Cardiovasc Diagn Ther. 2018;8(3):225-243. [Citado el 7 de junio de 2025] Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6039809/>
7. Schönfeld T, Seitz P, Krieghoff C, Ponorac S, Wötzel A, Olthoff S, Schaudt S, Steglich J, Gutberlet M, Gohmann R. High-pitch CT pulmonary angiography (CTPA) with ultra-low contrast medium volume for the detection of pulmonary embolism: a comparison with standard CTPA [Internet]. Eur Radiol. 2024;34(3):1921-1931. [Citado el 8 de junio de 2025] Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37656178/>

8. Harun H, Abdul M, Abbas Z, Abdul R, Sabarudin A, Ng KH. Association of Radiation Doses and Cancer Risks from CT Pulmonary Angiography Examinations in Relation to Body Diameter [Internet]. *Diagnostics*. 2020;10(9). [Citado el 13 de junio de 2025]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2075-4418/10/9/681>
9. Aldosari S, Sun Z. A Systematic Review of Double Low-dose CT Pulmonary Angiography in Pulmonary Embolism [Internet]. *Curr Med Imaging Rev*. 2019;15(5):453–60. [Citado el 27 de junio de 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.2174/1573405614666180813120619>
10. Pannenbecker P, Huflage H, Grunz J, Gruschwitz P, Patzer T, Weng A, Heidenreich J, Bley T, Petritsch B. Photon-counting CT for diagnosis of acute pulmonary embolism: potential for contrast medium and radiation dose reduction [Internet]. *Eur Radiol*. 2023;33(11):7830-7839. doi: 10.1007/s00330-023-09777-9. [Citado el 29 de junio de 2025] Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37311805/>
11. Leithner D, Gruber-Rouh T, Beeres M, Wichmann J, Mahmoudi S, Martin S, Lenga L, Albrecht M, Booz C, Vogl T, Scholtz J. 90-kVp low-tube-voltage CT pulmonary angiography in combination with advanced modeled iterative reconstruction algorithm: effects on radiation dose, image quality and diagnostic accuracy for the detection of pulmonary embolism [Internet]. *Br J Radiol*. 2018;91(1088):20180269. [Citado el 2 de julio de 2025] Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29792729/>
12. Busch U. Wilhelm Conrad Roentgen. El descubrimiento de los rayos x y la creación de una nueva profesión médica [Internet]. *Revista Argentina de Radiología*. 2016;80(4):298-307 [Citado el 04 de diciembre de 2025]. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-argentina-radiologia-383-articulo-wilhelm-conrad-roentgen-el-descubrimiento-S0048761916301545>
13. Ferreira J. Actualidad en nefropatía por medio de contraste. *Nefrología Latinoamericana* [Internet]. 2017;14(2):69-78 [Citado el 04 de diciembre de 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.nefrol.2017.03.001>
14. Rajiah P, Ciancibello L, Novak R, Sposato J, Landeras L, Gilkeson R. Ultra-low dose contrast CT pulmonary angiography in oncology patients

- using a high-pitch helical dual-source technology [Internet]. *Diagn Intervention Radiol.* 2019;25(3):195-EP-203 [Citado el 05 de diciembre de 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.5152/dir.2019.17498>
15. Zhang X, Huang H, Huang Y, Sun Y, Chen Z, Chen M, et al. Reduction of radiation dose and contrast medium volume in computed tomography pulmonary angiography: adaptation of dual-energy computed tomography (CT) protocols to the body mass index [Internet]. *Clin Radiol.* 2025;86:106944 [Citado el 05 de diciembre de 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.crad.2025.106944>
 16. Lu G, Luo S, Meinel F, McQuiston A, Zhou C, Kong X, et al. High-pitch computed tomography pulmonary angiography with iterative reconstruction at 80 kVp and 20 mL contrast agent volume. *European radiology.* 2014;24(12):3260-8 [Citado el 05 de diciembre de 2025] . Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25100336/>
 17. Li X, Ni Q, Schoepf U, Wichmann J, Felmly L, Qi L, et al. 70-kVp high-pitch computed tomography pulmonary angiography with 40 mL contrast agent: initial experience. *Academic Radiology.* 2015;22(12):1562-70 [Citado el 08 de diciembre de 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.acra.2015.08.026>
 18. Boos J, Kröpil P, Lanzman R, Aissa J, Schleich C, Heusch P, et al. CT pulmonary angiography: Simultaneous low-pitch dualsource acquisition mode with 70kVp and 40ml of contrast medium and comparison with high-pitch spiral dual-source acquisition with automated tube potential selection. *British Journal of Radiology* [Internet]. 2016;89(1062) [Citado el 08 de diciembre de 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.1259/bjr.20151059>
 19. Viteri G, García A, Simón I, Broncano J, Ferreira M, Pueyo J, et al. Low radiation and low-contrast dose pulmonary CT angiography: Comparison of 80 kVp/60 ml and 100 kVp/80 ml protocols. *Clin Radiol.* septiembre de 2012;67(9):833-9 [Citado el 08 de diciembre de 2025] . Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22683247/>

20. Suntharalingam S, Mikat C, Stenzel E, Erfanian Y, Wetter A, Schlosser T, et al. Submillisievert standard-pitch CT pulmonary angiography with ultra-low dose contrast media administration: A comparison to standard CT imaging [Internet]. PLoS One. 2017;12(10):e0186694 [Citado el 08 de diciembre de 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186694>
21. Varghese A, Naik S, Andrabi A, Luharia A, Tivaskar S. Enhancing Radiological Diagnosis: A Comprehensive Review of Image Quality Assessment and Optimization Strategies [Internet]. Cureus. 2024;16(6):e63016 [Citado el 10 de diciembre de 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.7759/cureus.63016>
22. Chen M, Mattar G, Abdulkarim J. Computed tomography pulmonary angiography using a 20% reduction in contrast medium dose delivered in a multiphasic injection [Internet]. World J Radiol. 2017;9(3):143-7 [Citado el 11 de diciembre de 2025]. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5368630/>
23. Leitman E, McDermott S. Pulmonary arteries: imaging of pulmonary embolism and beyond [Internet]. Cardiovasc Diagn Ther. 2019;9(Suppl 1):S37-58 [Citado el 12 de diciembre de 2025]. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6732114/>
24. Murdef H, Jumhur A, Ateeq M, Rashah M, Alzanati M, Almuhameth N, et al. Comparison of CT and MRI for Brain Imaging: Review Article [Internet]. JICRCR. 2023;147-62 [Citado el 15 de diciembre de 2025]. Disponible en: <https://jicrcr.com/index.php/jicrcr/article/view/364>

TABLAS

Tabla 1. Características generales de los estudios seleccionados

Nº	Título	PCC			Concepto (Técnica empleada)	Contexto (Institución o centro donde se desarrolló el estudio)	Equipo de TC empleado	Tipo de estudio	Año de publicación	Continente	Idioma	Autores	Resultados
		Tamaño muestral	Indicación del estudio	Características generales de los participantes									
1	Low radiation and low-contrast dose pulmonary CT angiography: Comparison of 80 kVp/60 ml and 100 kVp/80 ml protocols.	70 pacientes adultos aleatoriamente distribuidos en dos grupos. Grupo A (n=35) y Grupo B (n=35)	Sospecha clínica de EP. Comorbilidad asociada no reportada explícitamente	<p>Grupo A: Edad: 62.7 ± 18.3 (44.4-81). Género: M=20 (57.1%); F=15 (42.9%). IMC: 24.6 ± 4.4 (20.2-29).</p> <p>Grupo B: Edad: 63 ± 17.6 (45.4-80.6). Género: M=18 (51.1%); F=17 (49.9%). IMC: 26.2 ± 3.8 (22.4-30). Peso menor a 80 kg.</p>	CTPA con bajo kVp	Servicio de Radiología, Clínica Universidad de Navarra, Pamplona, España	Dual-source CT system (Somatom Definition, Siemens Healthcare)	Estudio prospectivo: Estudio de cohortes	2012	Europa	Inglés	Viteri-Ramírez G, García-Lallana A, Simón I et al.	La atenuación media total de las arterias pulmonares fue significativamente mayor en el grupo A ($362,4 \pm 100,2$ UH) que en el grupo B ($262,4 \pm 134,3$ UH), mientras que el CNR y el SNR no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($14,8 \pm 7,4$ y $16,3 \pm 7,5$ para el grupo A y $12,5 \pm 8,6$ y $13,8 \pm 9,1$ para el grupo B, respectivamente). La dosis efectiva de radiación estimada fue significativamente menor en el grupo A ($1,1 \pm 0,7$ mSv) que en el grupo B ($2,7 \pm 1,2$ mSv)

2	High-pitch computed tomography pulmonary angiography with iterative reconstruction at 80 kVp and 20 mL contrast agent volume	100 pacientes con sospecha de EP, divididos en dos grupos aleatoriamente. Grupo A (n=50) y Grupo B (n=50)	Sospecha clínica de EP. Comorbilidad asociada no reportada explícitamente	Grupo A: Edad: 52.4±16.2 Grupo B: Edad: 54.5±15.8. Género: M=56, F=44. Peso menor a 80 kg	CTPA bajo kVp, alto pitch y modelo de reconstrucción iterativa	Departamento de Imagenología Médica, Hospital Jinling, Facultad de Medicina de la Universidad de Nanjing, China	Dual-source CT system (Somatom Definition Flash, Siemens)	Estudio prospectivo: Estudio de cohortes	2014	Asia	Inglés	Lu G, Song L, Meinel F et al	Los valores medios de UH de las arterias pulmonares en el grupo B fueron superiores a los del grupo A (todos p<0,001). El CNR y SNR del grupo B fueron superiores a las del grupo A (ambas p<0,001). No hubo diferencias significativas en las puntuaciones subjetivas de calidad de imagen entre los dos grupos (p = 0,807). En comparación con el grupo A, la dosis de radiación del grupo B se redujo en un 50,3 % (p < 0,001).
3	70-kVp high-pitch computed tomography pulmonary angiography with 40 mL contrast agent: initial experience	80 pacientes con sospecha de EP, divididos en dos grupos. Grupo A (n=40) y Grupo B (n=40)	Sospecha clínica de EP. Comorbilidad asociada no reportada explícitamente	Grupo A: Edad: 58.2 ± 15.0 Grupo B: Edad: 56.2 ± 16.3. Género: M=49, F=31.	CTPA con bajo kVp y alto pitch	Departamento de Imágenes Médicas, Hospital Jinling, Escuela clínica Nanjing, Universidad Médica del Sur, China	Dual-source CT system (Somatom Definition Flash, Siemens)	Estudio prospectivo: Ensayo clínico	2015	Asia	Inglés	Li X, Ni Q, Schoepf J et al.	Los valores de UH, SNR y CNR de las arterias pulmonares fueron mayores en el grupo A que en el grupo B (p < 0,001 en todos los casos). La calidad subjetiva de la imagen no mostró diferencias entre ambos grupos (p = 0,559) con una buena concordancia interobservador (κ = 0,647). La dosis efectiva del grupo A fue un 80 % inferior a la del grupo B (p < 0,001).

4	CT pulmonary angiography: Simultaneous low-pitch dual-source acquisition mode with 70kVp and 40ml of contrast medium and comparison with high-pitch spiral dual-source acquisition with automated tube potential selection	70 pacientes adultos con sospecha clínica de EP, divididos en dos grupos. Grupo A (n=35) y Grupo B (n=35)	Sospecha clínica de EP. Comorbilidad asociada no reportada explícitamente	Grupo A: Edad: 65.7 ± 15.3 . Género: M=13; F=22. IMC: 26.8 ± 3.9 (21–34). Grupo B: Edad: 68.2 ± 16.0 . Género: M=15; F=20. IMC: 26.8 ± 4.2 (20–35)	CTPA con bajo kVp en un equipo TC de doble fuente de adquisición simultánea (SimDS-CT)	Departamento de Radiología Diagnóstica e Intervencionista, Universidad de Düsseldorf, Düsseldorf, Alemania	Dual-source CT system (Somatom Definition Flash, Siemens)	Estudio prospectivo: Estudio de cohortes	2016	Europa	Inglés	Boos J, Kropil P, Lanzman R et al	La calidad de imagen subjetiva, el SNR y CNR fueron comparables entre los grupos A y B ($3,76 \pm 0,6$ vs $3,76 \pm 0,5$; $14,66 \pm 6,0$ vs a $13,96 \pm 3,7$ y $12,46 \pm 5,7$ vs $11,66 \pm 3,3$, respectivamente; $p < 0,05$). El CTDIvol, DLP y la dosis efectiva fueron significativamente menores en el grupo A que en el grupo B ($4,56 \pm 1,6$ vs $7,56 \pm 2,1$ mGy; $143,36 \pm 4,8$ vs $278,36 \pm 79,44$ mGy/cm y $2,06 \pm 0,6$ vs $3,96 \pm 1,1$ mSv, respectivamente; $p < 0,05$).
5	Submillisievert standard-pitch CT pulmonary angiography with ultra-low dose contrast media administration: A comparison to standard CT imaging	100 pacientes con sospecha de EP divididos en 2 grupos. Grupo A (n=50) y Grupo B (n=50)	Sospecha clínica de EP. Comorbilidad asociada no reportada explícitamente	Grupo A: Edad: 70.3 ± 16.1 . Género: M=19; F=31. IMC: 25.9, IQR: 6.1 (22.8-28-9). Grupo B: Edad: 68.9 ± 14.8 . Género: M=25; F=25. IMC: 27.3, IQR: 5.7 (24.6-30.3)	CTPA de bajo kVp	Departamento de Radiología Diagnóstica e Intervencionista del University Hospital Essen, Essen, Alemania	Dual-source CT system (Somatom Definition Flash, Siemens)	Estudio retrospectivo: Estudio de casos y controles	2017	Europa	Inglés	Suntharalingam S, Mikat M, Stenzel E et al.	Las intensidades de señal (IS), la relación señal-ruido (SNR) y la relación contraste-ruido (CNR) de las arterias pulmonares fueron iguales o significativamente mayores en el grupo B. El uso del protocolo de baja dosis y bajo MC resultó en una reducción de la dosis de radiación del 71,8 % ($2,4$ frente a $0,7$ mSv; $p < 0,001$).

6	Ultra-low dose contrast CT pulmonary angiography in oncology patients using a high-pitch helical dual-source technology	151 pacientes adultos con sospecha de PE	Sospecha clínica de EP. Pacientes oncológicos	Edad: 20-93 (62.4±14.6). Género: M=50, F=101. IMC: 22.8±4.4 (13-38)	CTPA con voltaje del tubo dependiente del IMC y alto pitch	Departamento de Radiología, University Hospitals Cleveland Medical Center, Cleveland, Ohio, EEUU	Dual-source CT system (Somatom Definition Flash, Siemens)	Estudio retrospectivo: Estudio de Cohortes	2019	América	Inglés	Rajiah P, Ciancibello L, Novak R. et al.	El realce de contraste y SNR fueron excelentes en todas las arterias pulmonares (395,3 ± 131,1 y 18,3 ± 5,7, respectivamente). La calidad de imagen fue considerada excelente por todos los lectores, con puntuaciones promedio cercanas al máximo posible de 5,0 (EVC: 4,83 ± 0,48; EVP: 4,68 ± 0,65; relación ruido/calidad: 4,78 ± 0,47). El producto dosis-longitud (DLP) promedio fue de 161 ± 60 mGy.cm.
7	Photon-counting CT for diagnosis of acute pulmonary embolism: potential for contrast medium and radiation dose reduction	64 pacientes adultos con sospecha de EP divididos en 2 grupos. Grupo A (n=32) y Grupo B (n=32)	Sospecha clínica de EP. Comorbilidad asociada no reportada explícitamente	Grupo A: Edad: 65.2 ±17.1. Género: M= 12, F=20. IMC 27.6 ±6.0 Grupo B: Edad: 71.0 ±14.0. Género: M=14, F=18. IMC 26.8 ±5.7	CTPA en equipo TC con detector de conteo de fotones (PCD-CT)	Departamento de Radiología Diagnóstica e Intervencionista, University Hospital Würzburg, Würzburg, Alemania	PCD-CT (Naeotom Alpha, Siemens) / Dual Source CT (Somatom Force, Siemens)	Estudio retrospectivo: Estudio de cohortes	2023	Europa	Inglés	Pannenbuecker P, Huflage H., Grunz J et al.	La calidad subjetiva de la imagen era superior en las exploraciones PCD de 60 keV (calificaciones de excelente o buena en el 93,8 % de las exploraciones PCD frente al 84,4 % de las exploraciones EID de 60 keV, ICC = 0,72). Los parámetros objetivos de calidad de imagen fueron significativamente más altos en el grupo EID (en su mayoría p < 0,001), tanto en las reconstrucciones policromáticas como a 60 keV. La DE (1,4 frente a 3,3

													mSv) fue significativamente menor en el grupo PCD (p < 0,001).
8	High-pitch CT pulmonary angiography (CTPA) with ultra-low contrast medium volume for the detection of pulmonary embolism: a comparison with standard CTPA	81 pacientes con sospecha clínica de EP divididos en 2 grupos equitativos. Grupo A (n=41) y Grupo B (n=40)	Sospecha clínica de EP. Comorbilidad asociada no reportada explícitamente	Grupo A: Edad 72.9 (64.0–81.8). Género: M=24, F=17. IMC 25.5±4.8 Grupo B: Edad 78.5(69.1–81.9). Género: M=26, F=14. IMC 27.3 ± 4.0	CTPA con bajo kVp y alto pitch	Departamento de Radiología Diagnóstica e Intervencionista, Heart Center Leipzig, Strümpellstr, Alemania	Dual-source CT system (Somatom Definition Flash, Siemens)	Estudio retrospectivo: Estudio de cohortes	2023	Europa	Inglés	Schönfeld T., Seitz P, Krieghof f C. et al.	No se observaron diferencias estadísticamente significativas en las exploraciones entre la CTPA de alto pitch y la estándar. El CNR alcanzó un mínimo de ocho en todas las arterias segmentadas, pero fue menor en la CTPA de alto pitch (8,79 [5,82-12,42], 11,01 [9,19-17,90]; p = 0,005). La dosis efectiva media de la CTPA de alto pitch fue menor (1,04 [0,72-1,27] mSv/mGy·cm; 1,49 [1,07-2,05] mSv/mGy·cm; p<0,0001).

9	Reduction of radiation dose and contrast medium volume in computed tomography pulmonary angiography: adaptation of dual-energy computed tomography (CT) protocols to the body mass index	90 pacientes con sospecha de EP divididas en 3 grupos de forma equitativa. Grupo A (n=30), Grupo B (n=30) y Grupo C (n=30)	Sospecha clínica de EP. 36 pacientes poseen historial de trombosis venosa profunda de miembros inferiores	<p>Grupo A (Edad 52.9 ± 14.1 / Género M=17, F=13 / IMC 22.5 ± 2.5)</p> <p>Grupo B (Edad 56.8 ± 12.4 / Género M=22, F=8 / IMC 23.4 ± 2.6)</p> <p>Grupo C (Edad 52.5 ± 13.3 / Género M=18, F=12 / IMC 23.9 ± 3.8)</p>	CTPA con bajo kVp y volumen de MC en base al IMC	Departamento de Radiología, Hospital de la Universidad de Ciencia y Tecnología del Sur, Shenzhen, Guangdong, China	Dual Source CT - Revolution, General Electric	Estudio prospectivo: Estudio de cohortes	2025	Asia	Inglés	Zhang X., Huang H., Huang Y. et al.	Los valores de UH, SNR y CNR de las arterias pulmonares en el grupo C fueron significativamente más altos que los del grupo B ($358,2 \pm 50,5$ vs $324,9 \pm 57,2$, $p = 0,047$, $17,8 \pm 3,2$ vs $15,3 \pm 2,9$, $p = 0,010$, $19,2 \pm 4,1$ vs $15,7 \pm 3,8$, $p = 0,014$). El producto dosis-longitud (DLP) y el volumen de MC se redujeron significativamente en los grupos B y C (A vs B vs C, DLP, $287,9 \pm 34,0$ vs $177,2 \pm 39,2$ vs $183,8 \pm 23,1$ mGy*cm), $p < 0,001$, MC, $50,0 \pm 0,0$ vs $22,1 \pm 3,0$ vs $23,2 \pm 4,0$ ml, $p < 0,001$). No se observaron diferencias significativas en la precisión diagnóstica ni en la calidad subjetiva de la imagen entre los tres grupos.
---	--	--	---	--	--	--	---	--	------	------	--------	-------------------------------------	---

Tabla 2. Protocolos estándar de angiotomografía pulmonar en adultos con sospecha de EP

Objetivo específico 1: Describir las técnicas estándar empleadas para la realización de la angiotomografía pulmonar en adultos con sospecha de embolismo pulmonar.												
Nº	Autores	Población	Edad de la población	Nº de casos de EP diagnósticos	Número de detectores - Equipo y modalidad de TC	Parámetros técnicos de adquisición	Volumen del MC	Técnica de inyección del MC	Parámetros y algoritmos de reconstrucción y post proceso	DLP (dose-length product)	Dosis efectiva (ED)	CTDIvol
1	Viteri-Ramírez G, García-Lallana A, Simón I et al.	Grupo B: Género: M=18 (51.1%); F=17 (49.9%). IMC: 26.2 ± 3.8 (22.4-30). Peso: menor a 80 kg	Grupo B: Edad: 63 ± 17.6 (45.4-80.6)	Grupo B: 6/35 (17.14 %)	64 - Somatom Definition, Siemens - DSCT Single Energy	100 kVp, 150 mAs de referencia. Modulación automática de corriente del tubo (Care-dose 4D) Tiempo de rotación: 330 ms. Pitch:0.9. Umbral 100UH	80 ml	Bolus tracking. 80 ml de MC de 300 mgI/ml - 50 ml NaCl a 4ml/s	Grosor de corte: 1.5 mm. Espaciado: 1 mm. Filtro: kernel de tejido blando (soft tissue) (B25)	161 ± 69.1 mGy*cm	2.7 ± 1.2 mSv	-
2	Lu G, Song L, Meinel F et al	Grupo A: 50 General: Género: M=57, F=44. Peso: menor a 80 kg	Grupo A: Edad: 52.4±16.2	Grupo A: 13/50 (26%)	128 - Somatom Definition Flash, Siemens - DSCT Single Energy	100 Kv, 110 mAs de referencia. Modulación automática de corriente del tubo (Care-dose 4D). Tiempo de rotación: 500 ms. Pitch:1.2.	Test: 10 ml Angio: 60 ml	Bolus test. 10 ml de MC de 300 mgI/ml - 20 ml de NaCl / 60 ml de MC de 300 mgI/ml- 30 ml de NaCl a 4 ml/s	Grosor de corte: 0.75 mm. Espaciado: 0.5 mm. Algoritmo de retroproyección filtrada estándar (FBP).	126.9 ± 32.8 mGy*cm	1.7 ± 0.5 mSv	3.8 ± 0.9 mGy
3	Li X, Ni Q, Schoepf J et al.	Grupo B: 40 General: Género: M=49, F=31.	Grupo B: Edad: 56.2 ± 16.3	Grupo B: 7/40 (17.5%)	128 - Somatom Definition Flash, Siemens - DSCT Single Energy	100 Kv, 150 mAs de referencia. Modulación automática de corriente del tubo (Care-dose 4D). Tiempo de rotación: 280 ms. Pitch: 1.2. Umbral.	60 ml	Bolus tracking. 60 ml de MC de 300 mgI/ml - 40 ml NaCl a 4ml/s	Grosor de corte: 0.75 mm. Espaciado: 0.5 mm. Algoritmo de retroproyección filtrada estándar.	142.7 ± 27.1 mGy*cm	2.0 ± 0.4 mSv	4.3 ± 0.9 mGy

						100 UH						
4	Boos J, Kropil P, Lanzman R et al	Grupo B: Género: M=15, F=20. IMC: 26.8±4.2 (20–35)	Grupo B: 68.2 ±16.0	Grupo B: 12/35 (34%)	128 - Somatom Definition Flash, Siemens - DSCT Single Energy (high pitch spiral)	100 - 120 Kv (CareKV), 118 mAs de referencia. Modulación automática de corriente del tubo (Care-dose 4D). Pitch: 2.2. Umbral. 130 UH	70 ml	Bolus tracking. 70 ml de MC de 300 mgI/ml - 40 ml NaCl a 3ml/s	Grosor de corte: 1 mm. Filtro: kernel de tejido blando. Algoritmo de reconstrucción iterativa (SAFIRE): nivel 3	278.3 ± 79.4 mGy*cm	3.9 ± 1.1 mSv	7.5 ± 2.2 mGy
5	Suntharalingam S, Mikat M, Stenzel E et al.	Grupo B: Género: M=25, F=25. IMC: 27.3 (24.6 - 30.3)	Grupo B: 68.9 ± 14.8	Grupo B: 14/50 (28%)	128 - Somatom Definition Flash, Siemens - DSCT Single Energy	100 Kv (CareKV), 150 mAs de referencia. Modulación automática de corriente del tubo (Care-dose 4D) Tiempo de rotación: 280 ms. Pitch 1.2. Umbral 90UH.	60 ml	Bolus tracking. 60 ml de MC de 350 mgI/ml - 30 ml NaCl a 4ml/s	Grosor de corte: 1.5 mm. Espaciado: 1 mm. Filtro: kernel de tejido blando. Algoritmo de reconstrucción iterativa (SAFIRE): nivel 2	172.0 (IQR: 48) mGy*cm	2.4 mSv (IQR: 0.7)	4.8 mGy (IQR: 1.1)
6	Rajiah P, Ciancibello L, Novak R. et al.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	Pannenbecker P, Huflage H., Grunz J et al.	Grupo B: M=14, F=18. IMC 26.8 ±5.7	71.0 ±14.0	Grupo B: 7/32 (21.9%)	192 - Somatom Force, Siemens - DSCT Dual Energy	90/150 Kv, 60/46 mAs de referencia. Modulación automática de corriente del tubo (Care-dose 4D) Tiempo de rotación: 250 ms. Pitch:0.55. Umbral 120UH.	50 ml	Bolus tracking. 50 ml de MC de 350 mgI/ml a 4ml/s	Grosor de corte: 3 mm. Filtro: kernel de imágenes policromáticas (Br40), kernel de imágenes monoenergéticas a 60 keV (Qr40).	181.7 ± 101.8 mGy*cm	3.3 (± 1.8) mSv	5.1 mGy

									Algoritmo de reconstrucción iterativa (ADMIRE): nivel 3			
8	Schönfeld T., Seitz P, Krieghoff C. et al.	Grupo B: M=26, F=14. IMC 27.3±4.0	Grupo B: 78.5(69.1–81.9)	Grupo B: 9/40 (22.5%)	128 - Somatom Definition Flash, Siemens - DSCT Single Energy	120 Kv de referencia. 100 mAs de referencia. Modulación automática de corriente del tubo (Care-dose 4D) Tiempo de rotación: 285 ms. Pitch 1.2. Umbral 80UH.	50 ml	Bolus tracking. 50 ml de MC de 350 mgI/ml - bolo de NaCl a 4ml/s	Grosor de corte: 0.75 mm. Espaciado: 0.7 mm. Filtro: kernel de tejido blando. Algoritmo de reconstrucción iterativa avanzada (ADMIRE): nivel 3	106.40 (IQR: 76.60–146.65) mGy*cm	1.49 (IQR: 1.07–2.05) mSv	3.59 mGy (IQR: 2.72–5.07)
9	Zhang X., Huang H., Huang Y. et al.	Grupo A: Género M=17, F=13. IMC 22.5 ± 2.5	Grupo A: Edad 52,9 ± 14,1	Grupo A: 13/30 (43.3%)	NRE* - Revolution, GE - SSCT (Single Energy)	100 Kv de referencia. 140 mAs. Pitch 0.992. Umbral 50UH.	50 ml	Bolus tracking. 50 ml de MC de 370 mgI/ml - 30 ml de NaCl a 4ml/s	Grosor de corte: 1.25 mm. Algoritmo de reconstrucción iterativa (ASIR-V): AR40	287.9 ± 34.0 mGy*cm	4.0 ± 0.5 mSv	8.0 ± 0.5 mGy

*NRE: No reportado explícitamente

Tabla 3. Protocolos experimentales de angiotomografía pulmonar en adultos con sospecha de EP

Objetivo específico 2: Describir las técnicas orientadas a la reducción de la dosis de radiación y el volumen de medio de contraste para la realización de la angiotomografía pulmonar en adultos con sospecha de embolismo pulmonar.												
Nº	Autores	Población	Edad de la población	Nº de casos de EP diagnósticos	Número de detectores - Equipo y modalidad de TC	Parámetros técnicos de adquisición	Volumen de MC	Técnica de inyección del MC	Parámetros y algoritmos de reconstrucción y post proceso	DLP (dose-length product)	Dosis efectiva (ED)	CTDIvol
1	Viteri-Ramírez G, García-Lallana A, Simón I et al.	Grupo A: Género: M=20 (57.1%); F=15 (42.9%)/ IMC: 24.6 ± 4.4 (20.2-29)	Grupo A: 62.7 ± 18.3 (44.4-81)	Grupo A: 5/35 (14.28%)	64 - Somatom Definition, Siemens - DSCT Single Energy	80 kVp, 150 mAs de referencia. Modulación automática de corriente del tubo (Care-dose 4D). Tiempo de rotación: 330 ms. Pitch:0.9. Umbral 100UH	60 ml	Bolus tracking. 60 ml de MC de 300mgI/ml - 50 ml NaCl a 4ml/s	Grosor de corte: 1.5 mm. Espaciado: 1 mm. Filtro: kernel de tejido blando (soft tissue)(B25)	64.5 ± 43.5 mGy-cm	1.1 ± 0.7 mSv	-
2	Lu G, Song L, Meinel F et al	Grupo B: 50 General: Género: M=57, F=44. Peso: menor a 80 kg	Grupo B: 54.5 ± 15.8	Grupo B: 15/50 (30%)	128 - Somatom Definition Flash, Siemens - DSCT Single Energy	100 kVp, 110 mAs de referencia. Modulación automática de corriente del tubo (Care-dose 4D). Tiempo de rotación: 280 ms. Pitch de rutina.	Test: 10 ml Angio: 20 ml	Bolus test. 10 ml de MC de 300 mgI/ml - 20 ml de NaCl / 20 ml de MC de 300 mgI/ml - 30 ml de NaCl a 4 ml/s	Grosor de corte: 0.75 mm. Espaciado: 0.5 mm. Algoritmo de reconstrucción iterativa (SAFIRE): nivel 3	60.0 ± 14.2 mGy*cm	0.9 ± 0.2 mSv	1.8 ± 0.4 mGy
3	Li X, Ni Q, Schoepf J et al.	Grupo A: 40 General: Género: M=49, F=31.	Grupo A: 58.2 ± 15.0	Grupo A: 7/40 (17.5%)	128 - Somatom Definition Flash, Siemens - DSCT Single Energy	70 kVp, 150 mAs de referencia. Modulación automática de corriente del tubo (Care-dose 4D). Tiempo de rotación: 280 ms. Pitch: 3.2. Umbral. 100 UH	40 ml	Bolus tracking. 40 ml de MC de 300 mgI/ml - 40 ml NaCl a 4ml/s	Grosor de corte: 0.75 mm. Espaciado: 0.5 mm. Algoritmo de reconstrucción iterativa (SAFIRE): nivel 3	28.6 ± 8.3 mGy*cm	0.4 ± 0.1 mSv	0.8 ± 0.1 mGy

4	Boos J, Kropil P, Lanzman R et al	Grupo A: Género: M=13; F=22 / IMC: 26.8 ±3.9 (21-34)	Grupo A: 65.7 ± 15.3	Grupo A: 10/35 (29%)	128 - Somatom Definition Flash, Siemens - DSCT Single Energy (SimDS)	70 kVp, 110 mAs de referencia. Modulación automática de corriente del tubo (Care-dose 4D), Pitch: 0.9, Umbral. 130 UH	40 ml	Bolus tracking. 40 ml de MC de 300 mgI/ml - 40 ml NaCl a 3ml/s	Grosor de corte: 1 mm. Filtro: kernel de tejido blando. Algoritmo de reconstrucción iterativa (SAFIRE): nivel 3	143.3 ± 44.8 mGy*cm	2.0 ± 0.6 mSv	4.5 ± 1.6 mGy
5	Suntharalingam S, Mikat M, Stenzel E et al.	Grupo A: Género: M=19; F=31 /IMC: 25.9 (22.8 - 28.9)	Grupo A: 70.3 ± 16.1	Grupo A: 10/50 (20%)	128 - Somatom Definition Flash, Siemens - DSCT Single Energy	80 kVp (CareKV), 115 mAs de referencia. Modulación automática de corriente del tubo (Care-dose 4D) Tiempo de rotación: 280 ms. Pitch 1.2. Umbral 90UH.	25 ml	Bolus tracking. 25 ml de MC de 350 mg/ml - 30 ml NaCl a 4ml/s	Grosor de corte: 1.5 mm. Espaciado: 1 mm. Filtro: kernel de tejido blando. Algoritmo de reconstrucción iterativa (SAFIRE): nivel 3	47.5 (IQR: 19) mGy*cm	0.7 mSv (IQR: 0.3)	1.7 mGy (IQR: 0.7)
6	Rajiah P, Ciancibello L, Novak R. et al.	Género: M=50; F=101 / IMC 13-38 (22.8 ± 4.4)	20-93 (62.4 ± 14.6)	29/151 (19%)	128 - Somatom Definition Flash, Siemens - DSCT Single Energy (high pitch spiral)	80-120 kVp, 130-150 mAs. (Kv y mAs dependientes del IMC) Tiempo de rotación: 280 ms. Pitch:3.2. Umbral 150UH	30 ml	Bolus tracking. 25 ml de MC de 350 mgI/ml - 30 ml NaCl a 4ml/s	Grosor de corte: 1 mm. Espaciado: 0.5 mm. Filtro: kernel de tejido blando. Algoritmo de retroproyección filtrada.	161±60 mGy*cm	2.3±0.8 mSv	-

7	Pannenbecker P, Huflage H., Grunz J et al.	Grupo A: M= 12, F=20; IMC 27.6 ± 6.0	Grupo A: 65.2 ± 17.1	Grupo A: 10/32 (31.3%)	144 - Naeotom Alpha, Siemens - DS PCD-CT	120 kVp, modo QuantumPlus con ajuste de calidad de imagen BQ50. Modulación automática de corriente del tubo (Care-dose 4D) Tiempo de rotación: 250 ms. Pitch:2. Umbral 100UH.	25 ml	Bolus tracking. 25 ml de MC de 350 mgI/ml a 4ml/s	Grosor de corte: 3 mm. Filtro: kernel Bv36. Algoritmo de reconstrucción iterativa (QIR): nivel 3	80.0 (± 25.3) mGy*cm	1.4 ± 0.5 mSv	2.5 mGy
8	Schönfeld T., Seitz P, Krieghoff C. et al.	Grupo A: H=24, F=17; IMC 25.5±4.8	Grupo A: 72.9 (64.0–81.8)	Grupo A: 8/41 (19.5%)	128 - Somatom Definition Flash, Siemens - DSCT Single Energy	70 kVp de referencia. 200 mAs de referencia. Modulación automática de corriente del tubo (Care-dose 4D) Tiempo de rotación: 285 ms. Pitch 3.2. Umbral 80UH.	20 ml	Bolus tracking. 20 ml de MC de 370 mgI/ml - 40 ml de NaCl a 4ml/s	Grosor de corte:0.75 mm. Espaciado: 0.7 mm. Filtro: kernel de tejido blando. Algoritmo de reconstrucción iterativa avanzada (ADMIRE): nivel 4	74.00 (IQR: 51.55–90.63) mGy*cm	1.04 (IQR: 0.72–1.27) mSv	2.51 mGy (IQR: 1.91–2.95)
9	Zhang X., Huang H., Huang Y. et al.	Grupo B: Género M=22, F=8 / IMC 23,4 +- 2,6) Grupo C: Género M=18, F=12 / IMC 23,9 +- 3,8)	Grupo B: Edad 56,8 ± 12,4 Grupo C: Edad 52,5 ± 13,3	Grupo B: 11/30 (36.7%) Grupo C: 10/30 (33.3%)	NRE* - Revolution, GE - DECT (Fast Kv Switching)	Grupo B: 80/140 cambio rápido de kVp. Selección automática de corriente del tubo bajo el modo GSI Assist (Índice de ruido: 11). Pitch 1.375. Umbral 50UH. Grupo C: 80/140 cambio rápido de kVp. 120-180 mAs dependiendo del IMC. Pitch 1.375. Umbral 50UH.	Grupo B: 22.1 ± 3.0 ml Grupo C: 23.2 ± 4.0 ml	Bolus tracking. bolo de MC de 370 mgI/ml - 30 ml de NaCl (3-5 ml/s dependiente del IMC)	Grosor de corte: 1.25 mm. Algoritmo de reconstrucción iterativa (ASIR-V): AR40	Grupo B: 177.2 ± 39.2 mGy*cm Grupo C: 183.8 ± 23.1 mGy*cm	Grupo B: 2.5 ± 0.5 mSv Grupo C: 2.6 ± 0.3 mSv	Grupo B: 5.3 ± 1.3 mGy Grupo C: 5.7 ± 0.8 mGy

*NRE: No reportado explícitamente

Tabla 4. Parámetros de calidad de los estudios seleccionados

Objetivo específico 3: Describir la relación de las técnicas empleadas para la realización de la angiotomografía pulmonar en adultos con sospecha de embolismo pulmonar con el compromiso de la calidad de imagen.					
N°	Autores	Relación contraste-ruido (CNR)	Relación señal-ruido (SNR)	Atenuación promedio (UH)	
1	Viteri-Ramírez G, García-Lallana A, Simón I et al.	Grupo B: 12.5 ± 8.6 (Global) Grupo A: 14.8 ± 7.4 (Global)	Grupo B: 13.8 ± 9.1 (Global) Grupo A: 16.3 ± 7.5 (Global)	Grupo B: TP: 350.7 ± 111.9 / APD: 340 ± 104.8 / API: 330.7 ± 100.6	Grupo A: TP: 468.2 ± 136.6 / APD: 457.4 ± 145.4 / API: 447.3 ± 133.6
2	Lu G, Song L, Meinel F et al	Grupo A: TP: 25.4 ± 10.1 - APD: 23.5 ± 9.6 - API: 23.5 ± 9.6 Grupo B: TP: 38.9 ± 15.9 - APD: 36.5 ± 14.3 - API: 36.7 ± 14.1	Grupo A: TP: 30.0 ± 10.8 / APD: 28.3 ± 10.4 / API: 28.0 ± 10.2 Grupo B: TP: 44.4 ± 16.8 / APD: 42.0 ± 15.1 / API: 42.2 ± 15.0	Grupo A: TP: 320.9 ± 75.6 / APD: 304.0 ± 77.8 / API: 300.6 ± 76.0	Grupo B: TP: 416.3 ± 108.6 / APD: 395.3 ± 98.8 / API: 397.2 ± 99.7
3	Li X, Ni Q, Schoepf J et al.	Grupo B: TP: 25.4 ± 13.0 - APD: 24.3 ± 13.0 - API: 23.9 ± 12.8 Grupo A: TP: 36.9 ± 11.7 - APD: 35.2 ± 10.8 - API: 35.0 ± 11.0	Grupo B: TP: 29.1 ± 14.3 / APD: 28.0 ± 14.3 / API: 27.6 ± 14.1 Grupo A: TP: 41.8 ± 12.5 / APD: 40.1 ± 11.7 / API: 39.9 ± 11.8	Grupo B: TP: 401.4 ± 81.6 / APD: 384.6 ± 74.1 / API: 379.4 ± 79.5	Grupo A: TP: 712.2 ± 129.3 / APD: 682.1 ± 105.8 / API: 678.0 ± 107.4
4	Boos J, Kropil P, Lanzman R et al	Grupo B: TP: 11.6 ± 3.3 - LLSA: 10.0 ± 4.1 Grupo A: TP: 12.4 ± 5.7 - LLSA: 12.9 ± 8.5	Grupo B: TP: 13.9 ± 3.7 - LLSA: 12.0 ± 4.5 Grupo A: TP: 14.6 ± 6.0 - LLSA: 15.1 ± 8.9	Grupo B: TP: 259.6 ± 69.7 - LLSA: 256.0 ± 75.0	Grupo A: TP: 414.3 ± 149.4 - LLSA: 416.4 ± 139.3
5	Suntharalingam S, Mikat M, Stenzel E et al.	Grupo B: TP: 13 (IQR: 8.9) - APD: 12.7 (IQR: 7.3) - API: 13.3 (IQR: 8.6) Grupo A: TP: 10.2 (IQR: 3.7) - APD: 10.9 (IQR: 4.6) - API: 10.8 (IQR: 5.1)	Grupo B: TP: 15.5 (IQR: 8.9) - APD: 14.7 (IQR: 6.8) - API: 15 (IQR: 8) Grupo A: TP: 12 (IQR: 4.1) - APD: 12.8 (IQR: 4.9) - API: 13.1 (IQR: 5.5)	Grupo B: TP: 343 (IQR 138) / API: 335.5 (IQR 123) / APD: 335.5 (IQR 130)	Grupo A: TP: 269 (IQR 140) / API: 285 (IQR 128) / APD: 272 (IQR 131)
6	Rajiah P, Ciancibello L, Novak R. et al.	-	TP: 17.6 ± 7 - APD: 15.3 ± 6.3 - API: 16.8 ± 6.4	-	395.3 ± 131.1 (promedio)
7	Pannenbecker P, Huflage H., Grunz J et al.	Grupo B: TP: (120 kV: 25.7 ± 8.0 - 60 kV: 27.7 ± 8.6) Grupo A: TP: (120 kV: 13.2 ± 4.3 - 60 kV: 14.2 ± 4.8)	Grupo B: TP: (120 kV: 29.5 ± 8.1 - 60 kV: 30.6 ± 8.6) Grupo A: TP: (120 kV: 17.1 ± 4.4 - 60 kV: 17.6 ± 4.8)	Grupo B: TP: (120 kV: 430.2 ± 117.7 - 60 kV: 586.3 ± 162.1)	Grupo A: TP: (120 kV: 239.4 ± 78.3 - 60 kV: 316.1 ± 111.3)

8	Schönfeld T., Seitz P, Krieghoff C. et al.	Grupo B: 11.01 (IQR:9.19–17.90) (Global) Grupo A: 8.79 (IQR: 5.82–12.42) (Global)	Grupo B: 12.54 ± 3.71 (Global) Grupo A: 10.47 ± 3.35 (Global)	Grupo B: TP: 459.01 ± 148.77 / APD: 420.05 (IQR: 335.14– 544.38) / API: 404.21 (IQR:326.91–532.44)	Grupo A: TP: 293.10 ± 103.36 / APD: 277.25 (IQR: 217.10–350.23) / API: 270.86 (IQR: 220.48–368.31)
9	Zhang X., Huang H., Huang Y. et al.	Grupo A: TP: 20.9 ± 6.8 - APD: 19.7 ± 10.4 - API: 19.1 ± 8.0 Grupo B: TP: 13.9 ± 4.3 - APD: 16.6 ± 5.2 - API: 15.3 ± 4.8 Grupo C: TP: 17.5 ± 3.9 - APD: 18.8 ± 5.3 - API: 18.6 ± 5.7	Grupo A: TP: 18.1 ± 4.6 - APD: 16.6 ± 3.9 - API: 17.6 ± 6.1 Grupo B: TP: 15.7 ± 3.2 - APD: 14.3 ± 3.8 - API: 16.1 ± 4.4 Grupo C: TP: 18.1 ± 4.8 - APD: 15.6 ± 4.9 - API: 17.0 ± 4.6	Grupo A: TP: 404.0 ± 95.4 / APD: 389.5 ± 97.0 / API: 382.7 ± 93.8	Grupo B: TP: 341.9 ± 53.4 / APD: 329.6 ± 60.4 / API: 325.5 ± 62.6 Grupo C: TP: 378.4 ± 52.3 / APD: 357.9 ± 72.7 / API: 362.1 ± 48.4

***TP: Tronco Pulmonar, APD: Arteria Pulmonar Derecha, API: Arteria Pulmonar Izquierda, LLSA: Arteria Segmentaria Inferior Izquierda (Left Lower Segmental Artery)**

Tabla 5. Resumen de dosis de radiación y volumen de medio de contraste en los protocolos estándar y experimentales

Nº	Autores	Técnica empleada	Protocolo estándar				Protocolo experimental				Reducción de la dosis de radiación (%)	Reducción de volumen de MC (%)
			Dosis de radiación			Volumen de MC	Dosis de radiación			Volumen de MC		
			DLP (dose-length product)	Dosis efectiva (ED)	CTDIvol		DLP (dose-length product)	Dosis efectiva (ED)	CTDIvol			
1	Viteri-Ramírez G, García-Lallana A, Simón I et al.	CTPA con bajo kVp	161 ± 69.1 mGy-cm	2.7 ± 1.2 mSv	-	80 ml	64.5 ± 43.5 mGy-cm	1.1 ± 0.7 mSv	-	60 ml	60%	25%
2	Lu G, Song L, Meinel F et al	CTPA con bajo kVp, alto pitch y modelo de reconstrucción iterativa	126.9 ± 32.8 mGy*cm	1.7 ± 0.5 mSv	3.8 ± 0.9 mGy	Test: 10 ml - Angio: 60 ml	60.0 ± 14.2 mGy*cm	0.9 ± 0.2 mSv	1.8 ± 0.4 mGy	Test: 10 ml - Angio: 20 ml	50.3%	66.6%
3	Li X, Ni Q, Schoepf J et al.	CTPA con bajo kVp, alto pitch y modelo de reconstrucción iterativa	142.7 ± 27.1 mGy*cm	2.0 ± 0.4 mSv	4.3 ± 0.9 mGy	60 ml	28.6 ± 8.3 mGy*cm	0.4 ± 0.1 mSv	0.8 ± 0.1 mGy	40 ml	80%	33.3%
4	Boos J, Kropil P, Lanzman R et al	CTPA con bajo kVp en un equipo TC de doble fuente de adquisición simultánea (SimDS-CT)	278.3 ± 79.4 mGy*cm	3.9 ± 1.1 mSv	7.5 ± 2.2 mGy	70 ml	143.3 ± 44.8 mGy*cm	2.0 ± 0.6 mSv	4.5 ± 1.6 mGy	40 ml	48%	42.85%

5	Suntharalingam S, Mikat M, Stenzel E et al.	CTPA de bajo kVp	172.0 (IQR: 48) mGy*cm	2.4 mSv (IQR: 0.7)	4.8 mGy (IQR: 1.1)	60 ml	47.5 (IQR: 19) mGy*cm	0.7 mSv (IQR: 0.3)	1.7 mGy (IQR: 0.7)	25 ml	71.8%	58.3%
6	Rajiah P, Ciancibello L, Novak R. et al.	CTPA con voltaje del tubo dependiente del IMC y alto pitch	-	-	-	-	161±60 mGy*cm	2.3±0.8 mSv	-	30 ml	DS 120 kVp, pitch normal: 51.06% (Yilmaz et al) DS 100 kVp, pitch normal: 8% (Yilmaz et al) DS 120 kVp, pitch normal: 49.11% (Zordo et al) DS 120 kVp, alto pitch: 43.90% (Zordo et al) DS 100 kVp, pitch normal: 17.85% (Zordo et al)	-
7	Pannenbecker P, Huflage H., Grunz J et al.	CTPA en equipo TC con detector de conteo de fotones (PCD-CT)	181.7 ± 101.8 mGy*cm	3.3 (± 1.8) mSv	5.1 mGy	50 ml	80.0 (± 25.3) mGy*cm	1.4 (± 0.5) mSv	2.5 mGy	25 ml	57.57%	50%
8	Schönfeld T., Seitz P, Krieghoff C. et al.	CTPA con bajo kVp y alto pitch	106.40 (IQR: 76.60–146.65) mGy*cm	1.49 (IQR: 1.07–2.05) mSv	3.59 mGy (IQR: 2.72–5.07)	50 ml	74.00 (IQR: 51.55–90.63) mGy*cm	1.04 (IQR: 0.72–1.27) mSv	2.51 mGy (IQR: 1.91–2.95)	20 ml	30%	60%
9	Zhang X., Huang H., Huang Y. et al.	CTPA con bajo kVp y volumen de MC en base al IMC	287.9 ± 34.0 mGy*cm	4.0 ± 0.5 mSv	8.0 ± 0.5 mGy	50 ml	Grupo B: 177.2 ± 39.2 mGy*cm Grupo C: 183.8 ± 23.1 mGy*cm	Grupo B: 2.5 ± 0.5 mSv Grupo C: 2.6 ± 0.3 mSv	Grupo B: 5.3 ± 1.3 mGy Grupo C: 5.7 ± 0.8 mGy	Grupo B: 22.1 ± 3.0 ml Grupo C: 23.2 ± 4.0 ml	35% (A vs C)	54% (A vs C)

ANEXOS

ANEXO 1. Estrategia de búsqueda

Base de datos	Estrategia de búsqueda	Filtros	Total de artículos
Medline (PubMed)	("Pulmonary Embolism"[MeSH] OR "pulmonary embolism" OR "pulmonary thromboembolism") AND ("Tomography, X-Ray Computed"[MeSH] OR "CT pulmonary angiography" OR "computed tomography pulmonary angiography" OR "CTPA" OR "angiographic CT") AND ("Contrast Media"[MeSH] OR "contrast volume" OR "low contrast" OR "ultra-low contrast") AND ("Radiation Dosage"[MeSH] OR "low-dose" OR "dose reduction")	Año de publicación 2012-2025, Idioma: Inglés, Español, Portugués	43
Embase (Ovid)	<ol style="list-style-type: none"> 1. .lung embolism/ (138257) 2. (lung embolism or pulmonary embolism or pulmonary thromboembolism).mp. (149275) 3. computer assisted tomography/ (1045157) 4. (computed assisted tomography or computed tomography or CTPA or Computed Tomography Pulmonary Angiography or CT Pulmonary Angiography or Angiographic CT).mp. (793169) 5. contrast medium/ (88074) 6. (contrast medium or contrast media or contrast volume or low contrast or ultra low contrast).mp. (128943) 7. radiation dose/ (166575) 8. (radiation dose or radiation dosage or dose or low dose).mp. (2998745) 9. 1 or 2 (149275) 10. 3 or 4 (1497019) 11. 5 or 6 (128943) 12. 7 or 8 (2998745) 13. 9 and 10 and 11 and 12 (298) 14. 13 and 2012:2025.(sa_year). (202) 15. image quality/ (108,142) 16. (image quality or image quality assessment or CT image quality).mp. (120,852) 17. 15 or 16 (120,852) 18. 14 and 17 (94) 19. limit 18 to ((english or portuguese or spanish) and adult <18 to 64 years>) (46) 	Año de publicación 2012-2025, Idioma: Inglés, Español, Portugués Población: Adultos (18-64 años)	46
Scopus	(TITLE-ABS-KEY("pulmonary embolism" OR "pulmonary thromboembolism" OR "lung	Año de publicación 2012-2025, Idioma:	94

	embolism" OR "embolismo pulmonar" OR "embolia pulmonar" OR "tromboembolismo pulmonar") AND TITLE-ABS-KEY("radiation dose" OR "radiation dosage" OR "radiation dose reduction" OR "dose reduction" OR "dose optimization" OR "low dose") AND TITLE-ABS-KEY("contrast media" OR "contrast medium" OR "contrast dose reduction" OR "low contrast" OR "low contrast volume") AND ALL("image quality" OR "image assesment" OR "image quality assesment") AND TITLE-ABS-KEY("Computed tomography pulmonary angiography" OR "Computed tomography angiography" OR "CT pulmonary angiography" OR "CTPA" OR "pulmonary CT angiography" OR "angiotomografía pulmonar" OR "angiografía pulmonar"))	Inglés, Español, Portugués	
Alicia	("pulmonary embolism" OR "embolismo pulmonar" OR "embolia pulmonar" OR "tromboembolismo pulmonar") AND (Año de publicación 2012-2025, Idioma: Inglés, Español, Portugués	15
Google Académico	"Computed Tomography Pulmonary Angiography" AND "radiation dose" AND "contrast volume" OR "reduction" OR "Pulmonary Embolism"	Año de publicación 2012-2025	168
Scielo	"pulmonary embolism" OR "dose" OR "contrast" OR "Tomography"	Año de publicación 2012-2025, Idioma: Inglés, Español, Portugués	6

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Marco Población - Concepto - Contexto (PCC)

¿Qué evidencia científica existe sobre las técnicas empleadas para la reducción de la dosis de radiación y el volumen de medio de contraste en estudios de angiotomografía pulmonar en adultos con sospecha de embolismo pulmonar sin comprometer la calidad de imagen?

PCC	
Población	Pacientes adultos con sospecha de embolismo pulmonar a los que se les realizó un examen de angiotomografía pulmonar.
Concepto	Técnicas para reducir la dosis de radiación y el volumen de medio de contraste en la angiotomografía pulmonar sin comprometer la calidad de imagen.
Contexto	Establecimientos de salud donde se emplee angiotomografía pulmonar para la detección de embolismo pulmonar.

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. PRISMA Sc-R



Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores		Tipo de variable y escala de medición
Angiotomografía pulmonar	Estudio imagenológico que utiliza rayos x y un material de contraste para el estudio de la vasculatura pulmonar.	Procedimiento diagnóstico gold standard para el diagnóstico de embolismo pulmonar	Modalidad de TC	<ul style="list-style-type: none"> ● Multidetector ● Single Energy/Dual Energy ● Photon Counting CT 	Cualitativa nominal
			Parámetros técnicos de adquisición	<ul style="list-style-type: none"> ● Voltaje y corriente del tubo (kVp, mAs) ● Pitch y tiempo de rotación 	
			Técnica de inyección de contraste	<ul style="list-style-type: none"> ● Volumen y concentración de medio de contraste y solución salina ● Flujo de inyección ● Técnica de seguimiento del bolo 	
			Parámetros y algoritmos de reconstrucción y postproceso	<ul style="list-style-type: none"> ● Grosor de corte y espaciado ● Filtros kernel ● Técnica de reconstrucción (FBP, IR, etc.) 	
Embolismo pulmonar	Taponamiento u obstrucción de una arteria pulmonar provocada por un coágulo sanguíneo	Presencia de trombos o émbolos en venas o arterias pulmonares captada por medio de contraste en una evaluación por angiotomografía pulmonar.	Positivo		Cualitativa Nominal
			Negativo		
Dosis de Radiación	Cantidad de energía de radiación ionizante absorbida por el paciente durante la adquisición de la angio-TC pulmonar, expresada en dosis efectiva en milisieverts (mSv).	Valor reportado en el estudio para la dosis de radiación, registrado como DLP (mGy·cm), CTDIvol (mGy) y/o dosis efectiva (mSv).	DLP (mGy·cm)		Cuantitativa numérica de razón
			CTDIvol (mGy)		
			Dosis Efectiva (mSv)		
Volumen de medio de contraste	Cantidad total de medio de contraste yodado administrado al paciente durante la adquisición de la angio-TC pulmonar, en mililitros (ml).	Valor numérico en ml reportado en el estudio para el volumen de contraste administrado, obtenido de la descripción del protocolo.	Mililitros (ml)		Cuantitativa numérica de razón
Calidad de imagen	Precisión en la representación de la visualización de la imagen dada por la atenuación de la radiación para un diagnóstico confiable.	Evaluación cuantitativa de la calidad de la visualización de la imagen mediante la medición de parámetros objetivos.	Nivel de atenuación promedio (UH)		Cuantitativa numérica de razón
			Relación Señal-Ruido (SNR)		
			Relación Contraste-Ruido (CNR)		

Fuente: Elaboración propia