



**Universidad  
Santander**

Reacreditación Institucional por el CONEAUPA según Resolución 20  
publicada en Gaceta Oficial el 04/01/2023 - República de Panamá

**UNIVERSIDAD SANTANDER**

**Facultad de Ciencias de la Salud**

**Licenciatura en Radiología e Imágenes Diagnósticas**

**Revisión sistemática de técnicas para la optimización de dosis en Tomografía**

**Computarizada pulmonar en pacientes mayores de 50 años.**

Trabajo de grado para optar por el título de Licenciatura en Radiología e Imágenes Diagnósticas

**AUTORES:**

**Hillary Susseth Alarcón Castillo 8-1006-865**

**Lía Monserrat Feliz Mudarra 8-973-1754**

**Jonathan Miguel Parra Benítez 8-1019-244**

**Director del trabajo:**

Lic. Jacinto Bustamante

**Asesor metodológico:**

Dra. Margot Carrillo

**Panamá, 02 de septiembre de 2025**

## DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo de investigación a todos los adultos mayores que, debido a la falta de información y conocimiento sobre la optimización de dosis radiológicas, han sido expuestos a niveles elevados de radiación sin la debida protección ni consideración a su edad y condición. Su situación nos inspira a buscar soluciones que mejoren la seguridad y calidad de la atención en tomografía computarizada.

También dedicamos este esfuerzo a nuestros familiares, quienes con su apoyo constante, confianza y comprensión hicieron posible que este proyecto se llevara a cabo. Su compañía y motivación fueron esenciales en cada etapa de este proceso.

Finalmente, dedicamos este logro a nuestro equipo de trabajo, por la dedicación y compromiso que nos permitieron avanzar juntos hacia esta importante meta.

## AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de esta tesis. En primer lugar, agradecemos a Dios, por darnos la sabiduría, la fortaleza y la serenidad necesarias para enfrentar y superar los desafíos que se presentaron a lo largo de este proceso.

Agradecemos profundamente al Licenciado Jacinto Bustamante, cuya guía constante y acertada fue fundamental desde la elección del tema de investigación hasta el desarrollo del último capítulo de este trabajo. Su apoyo y conocimientos han sido un pilar esencial para mantenernos en el camino adecuado y asegurar la calidad del proyecto.

Extendemos nuestro reconocimiento a la Licenciada Margot Carrillo, quien con su paciencia, dedicación y experiencia metodológica nos brindó un apoyo incondicional durante toda la elaboración de la tesis. Su acompañamiento fue clave para fortalecer nuestra formación académica y para que este trabajo pudiera realizarse correctamente y con rigor científico.

Agradecemos también a nuestro equipo desarrollador, compuesto por Hillary Alarcón, Jonathan Parra y Lía Feliz, por el compromiso, esfuerzo y colaboración constante que hicieron posible avanzar y culminar cada etapa del proyecto con responsabilidad y entusiasmo.

Además, con especial gratitud reconocemos a nuestras familias y amigos, quienes nos brindaron su apoyo emocional y constante motivación, facilitando que pudiéramos dedicar tiempo y energía en este proceso de investigación. Su aliento y confianza fueron un motor importante para alcanzar esta meta.

Este logro es fruto del esfuerzo colectivo y la colaboración de todas estas personas excepcionales, a quienes estaremos siempre agradecidos.

## RESUMEN

El presente proyecto de tesis se enfoca en realizar una revisión sistemática de las técnicas más recientes y efectivas para la optimización de la dosis en tomografía computarizada (TC) pulmonar, con un enfoque específico en pacientes mayores de 50 años. La tomografía computarizada es una herramienta diagnóstica esencial en la detección y seguimiento de patologías pulmonares, pero su uso implica la exposición a radiación ionizante, lo cual representa un riesgo especialmente relevante para poblaciones vulnerables como los adultos mayores, quienes además pueden requerir controles frecuentes debido a enfermedades respiratorias crónicas. Por tanto, la reducción de la dosis sin comprometer la calidad diagnóstica se convierte en una prioridad clínica y técnica.

El proyecto aborda las diferentes técnicas de reducción de dosis estudiadas y reportadas en la literatura científica entre los años 2020 y 2025, tales como la reconstrucción iterativa (IR), la reconstrucción iterativa profunda mediante aprendizaje profundo (DLIR), el control automático de exposición (AEC), la modulación del kilovoltaje (kVp) y la exploración con TC de ultrabaja dosis (ULDCT). Además, se analizan sus impactos específicos en parámetros técnicos de calidad de imagen, incluyendo resolución espacial, contraste y presencia de artefactos, comparando los nuevos métodos con los protocolos convencionales. El estudio también evalúa los beneficios clínicos directos para pacientes mayores de 50 años, como la reducción del riesgo de efectos adversos asociados a la radiación y la posibilidad de realizar tamizajes repetidos o seguimientos prolongados con menor daño.

Metodológicamente, el proyecto emplea un diseño de revisión sistemática documental, utilizando una matriz bibliográfica que permite organizar, comparar y sintetizar la información de diversas fuentes científicas relevantes y recientes. Se establecen criterios

estrictos de inclusión y exclusión para filtrar estudios que aborden la optimización de dosis en TC pulmonar en la población objetivo, garantizando la relevancia y validez de los datos obtenidos. La revisión incluye estudios clínicos, técnicos y epidemiológicos para ofrecer un panorama integral sobre la eficacia y limitaciones de cada técnica.

Dentro de los resultados esperados destaca la determinación de cuáles técnicas optimizan efectivamente la reducción de la dosis sin disminuir la calidad diagnóstica, así como recomendaciones concretas para su aplicación en la práctica clínica, enfocadas en la atención de pacientes mayores con patologías pulmonares crónicas. Se busca, asimismo, contribuir con evidencia que soporte la implementación de protocolos de TC de baja y ultrabaja dosis, fomentando un equilibrio entre diagnóstico oportuno y seguridad radiológica. Este proyecto contempla además la identificación de áreas con limitaciones actuales o necesidades de investigación futura, promoviendo la mejora continua en la tecnología y protocolos diagnósticos.

Finalmente, se proyecta que los hallazgos de esta revisión sistemática apoyen la toma de decisiones clínicas y administrativas en instituciones de salud, incentivando la adopción de tecnologías avanzadas para la optimización de dosis y promoviendo políticas que prioricen la protección radiológica del paciente, especialmente en grupos de riesgo. Además, la tesis incluye una propuesta de intervención basada en la evidencia recopilada, dirigida a mejorar las prácticas diagnósticas en radiología pulmonar, con un enfoque en la calidad, seguridad y eficacia del proceso.

Palabras clave: Optimización, Tomografía, Radiación

## ABSTRACT

The present thesis project focuses on conducting a systematic review of the most recent and effective techniques for dose optimization in pulmonary computed tomography (CT), with a specific emphasis on patients over 50 years of age. Computed tomography is an essential diagnostic tool in the detection and monitoring of pulmonary pathologies; however, its use involves exposure to ionizing radiation, which poses a particularly relevant risk for vulnerable populations such as older adults, who may also require frequent follow-ups due to chronic respiratory diseases. Therefore, reducing radiation dose without compromising diagnostic quality becomes both a clinical and technical priority.

The project addresses the different dose reduction techniques studied and reported in the scientific literature between 2020 and 2025, such as iterative reconstruction (IR), deep learning-based iterative reconstruction (DLIR), automatic exposure control (AEC), kilovoltage modulation (kVp), and ultra-low-dose CT (ULDCT). Furthermore, their specific impacts on technical image quality parameters are analyzed, including spatial resolution, contrast, and the presence of artifacts, comparing these new methods with conventional protocols. The study also evaluates the direct clinical benefits for patients over 50 years of age, such as reducing the risk of radiation-associated adverse effects and enabling repeated screenings or long-term follow-ups with less harm.

Methodologically, the project employs a systematic documentary review design, using a bibliographic matrix to organize, compare, and synthesize information from diverse, relevant, and recent scientific sources. Strict inclusion and exclusion criteria are established to filter studies addressing dose optimization in pulmonary CT for the target population, ensuring the relevance and validity of the data obtained. The review includes clinical,

technical, and epidemiological studies to provide a comprehensive overview of the effectiveness and limitations of each technique.

Among the expected outcomes, the project aims to identify which techniques effectively optimize dose reduction without decreasing diagnostic quality, as well as provide concrete recommendations for their implementation in clinical practice, focusing on the care of older patients with chronic pulmonary conditions. It also seeks to contribute evidence supporting the adoption of low- and ultra-low-dose CT protocols, fostering a balance between timely diagnosis and radiological safety. In addition, the project contemplates the identification of current limitations or areas requiring further research, thereby promoting continuous improvement in diagnostic technologies and protocols.

Finally, it is projected that the findings of this systematic review will support clinical and administrative decision-making in healthcare institutions, encouraging the adoption of advanced technologies for dose optimization and promoting policies that prioritize patient radiation protection, particularly in high-risk groups. Moreover, the thesis includes an evidence-based intervention proposal aimed at improving diagnostic practices in pulmonary radiology, with a focus on quality, safety, and process efficiency.

**Key Words:** Optimization, Tomography, Radiation

## ÍNDICE GENERAL

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>13</b>
<b>1. El problema de investigación.....</b>	<b>16</b>
<b>1.1 Descripción del problema de investigación.....</b>	<b>17</b>
1.1.1. Planteamiento del problema o pregunta de investigación.....	19
<b>1.2. Justificación.....</b>	<b>19</b>
<b>1.3. Objetivos.....</b>	<b>21</b>
1.3.1. Objetivo general.....	21
1.3.2. Objetivos específicos.....	21
<b>1.4. Delimitación de la línea y sublínea de investigación.....</b>	<b>22</b>
<b>2 Marco Teórico.....</b>	<b>25</b>
<b>2.1 Marco histórico.....</b>	<b>28</b>
<b>2.2 Marco legal.....</b>	<b>30</b>
2.2.1 Normativas internacionales de protección radiológica y nacionales.....	30
2.2.2 Derechos del paciente y principios bioéticos.....	32
2.2.3 Marco referencial.....	33
2.3.1 Conceptos clave.....	33
2.3.2 Radiación ionizante.....	34
2.3.3 Dosis efectiva.....	35
2.3.4 Optimización de dosis.....	35
2.3.5 Principio ALARA.....	36
2.3.6 Técnicas de reconstrucción iterativa.....	36

2.3.7 Factores técnicos que influyen en la dosis.....	37
2.3.8 Indicadores dosimétricos en tomografía computarizada.....	39
2.3.9 Tipos y modalidades de tomografía computarizada aplicadas a la optimización de dosis .....	40
<b>2.4 Marco contextual.....</b>	<b>42</b>
2.4.1 Estadística e incidencia.....	42
2.4.2 Perspectivas del problema.....	44
<b>3 Marco metodológico.....</b>	<b>47</b>
<b>3.1 Tipo y diseño de investigación.....</b>	<b>47</b>
<b>3.2. Unidades de análisis.....</b>	<b>48</b>
3.2.1 Población.....	49
3.2.2 Muestra.....	49
<b>3.3 Variable de la investigación.....</b>	<b>50</b>
3.3.1 Definición conceptual.....	50
3.3.2 Definición operacional.....	51
<b>3.4. Consideraciones éticas.....</b>	<b>51</b>
<b>3.5 Métodos para la recolección de los datos.....</b>	<b>52</b>
3.5.1 Delimitación de los instrumentos.....	52
3.5.2 Validez o confiabilidad del o los instrumentos.....	53
<b>3.6 Procedimientos.....</b>	<b>53</b>
<b>4. Resultados.....</b>	<b>56</b>
<b>4.1. Presentación de los resultados.....</b>	<b>56</b>
<b>4.2. Discusión de los resultados.....</b>	<b>77</b>

4.2.1. Impacto clínico y multidisciplinaridad en la reducción de dosis.....	77
4.2.2. Avances técnicos en optimización y personalización de protocolos.....	77
4.2.3. Gestión de la calidad de imagen y seguridad radiológica en aplicaciones clínicas variadas.....	78
4.2.4. Aplicación integrada de tecnologías emergentes para optimizar diagnóstico y tratamiento.....	78
4.2.5. Relevancia clínica y sostenibilidad en entornos reales de atención.....	79
<b>5. Intervención.....</b>	<b>81</b>
<b>5.1. Denominación o título de la propuesta.....</b>	<b>81</b>
<b>5.2. Justificación de la propuesta.....</b>	<b>81</b>
<b>5.3. Objetivos de la propuesta.....</b>	<b>84</b>
<b>5.3.1 Objetivo General:.....</b>	<b>84</b>
5.3.2 Objetivos Específicos:.....	84
<b>5.4 Contenido de la propuesta.....</b>	<b>85</b>
<b>5.5. Parámetros técnicos por categoría de tamaño (adultos).....</b>	<b>93</b>
5.5.1 Geometría y adquisición.....	93
5.5.2 Objetivos de dosis (estándares, adaptar al equipo).....	94
5.5.3 Reconstrucción y pos procesamiento.....	94
<b>5.6 Desarrollo de la propuesta (Manual detallado).....</b>	<b>95</b>
5.6.1 Definiciones y abreviaturas.....	95
5.6.2 Seguridad y preparación del paciente.....	96
5.6.3 Evaluación antropométrica y clasificación.....	96
5.6.4 Selección de protocolo por indicación.....	97
5.6.5 Parámetros técnicos recomendados (adultos).....	97

5.7 Resultados esperados y métricas .....	99
5.8 Beneficiarios.....	100
5.9 Delimitación física o espacial de la propuesta:.....	101
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>102</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>104</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>106</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>115</b>
<b>Anexo 1. Inscripción del proyecto de investigación.....</b>	<b>115</b>
<b>Anexo 2. Instrumento de análisis de datos.....</b>	<b>116</b>
<b>Anexo 3. Instrumento de validación utilizado por los expertos.....</b>	<b>117</b>
<b>Anexo 5. Carta revisión profesor español y diploma.....</b>	<b>122</b>
<b>Anexo 6. Link y código QR para ingresar al Manual práctico sistemático sobre las técnicas de optimización de Dosis en Tomografía Computarizada pulmonar.....</b>	<b>124</b>
<b>Anexo 7. Presupuesto.....</b>	<b>125</b>
<b>Anexo 8. Cronograma.....</b>	<b>126</b>
<b>Anexo 9. Registro y/o Autorización Sanitaria de DIGESA.....</b>	<b>127</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. Estudio 1 .....	58
Tabla 3. Estudio 2 .....	59
Tabla 4. Estudio 3 .....	60
Tabla 5. Estudio 4 .....	61
Tabla 6. Estudio 5 .....	62
Tabla 7. Estudio 6 .....	63
Tabla 8. Estudio 7 .....	64
Tabla 9. Estudio 8 .....	65
Tabla 10. Estudio 9 .....	66
Tabla 11. Estudio 10 .....	67
Tabla 12. Tabla de análisis de datos .....	68
Tabla 13. Tabla Comparativa de los estudios analizados .....	74
Tabla 14. Guía de parámetros por IMC (adultos) .....	98

## INTRODUCCIÓN

La tomografía computarizada (TC) pulmonar constituye una de las técnicas de imagen más relevantes en la medicina moderna, ya que permite obtener representaciones anatómicas de alta precisión para el diagnóstico, seguimiento y control de enfermedades respiratorias. Su valor clínico es indiscutible, especialmente en patologías de alta prevalencia y mortalidad como el cáncer de pulmón, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), la fibrosis pulmonar y las neumonías. Estas condiciones afectan con mayor frecuencia a personas mayores de 50 años, población que suele requerir estudios repetidos a lo largo de su vida para monitorear la evolución de su estado de salud. Sin embargo, la utilidad de la TC debe analizarse con cautela, dado que cada exploración expone al paciente a radiación ionizante, lo que incrementa los riesgos acumulativos a mediano y largo plazo.

Ante este panorama, surge la necesidad de implementar estrategias de optimización de dosis, orientadas a reducir la cantidad de radiación administrada sin sacrificar la calidad diagnóstica. Dicho reto se enmarca en los principios internacionales de protección radiológica, especialmente el principio ALARA (As Low As Reasonably Achievable), que establece que toda exposición debe mantenerse lo más baja posible en función de la necesidad clínica. La incorporación de tecnologías avanzadas —como la reconstrucción iterativa (IR), la reconstrucción profunda mediante aprendizaje profundo (DLIR), la modulación de kilovoltaje (kVp), el control automático de exposición (AEC) y los protocolos de baja y ultrabaja dosis (LDCT y ULDCT)— han abierto nuevas posibilidades para alcanzar este equilibrio entre seguridad y eficacia diagnóstica.

La relevancia de estas innovaciones es aún mayor en el contexto de programas de cribado y seguimiento de enfermedades pulmonares crónicas en adultos mayores, donde el beneficio de la detección temprana debe sopesarse con la necesidad de minimizar riesgos por exposición acumulada. Sin embargo, la adopción de estas técnicas no es uniforme a nivel mundial ni regional. Factores como la falta de estandarización de protocolos, las limitaciones tecnológicas en algunos centros y la necesidad de capacitación continua del personal constituyen obstáculos que deben ser abordados desde la evidencia científica y la gestión clínica.

De este modo, la investigación no se limita únicamente a describir innovaciones tecnológicas, sino que pretende contribuir a la seguridad del paciente, la calidad asistencial y la formación profesional en radiología, fomentando la creación de protocolos más eficientes y éticos. A lo largo de este trabajo se analizarán tanto los fundamentos técnicos como los aspectos clínicos, bioéticos y normativos que sustentan la necesidad de optimizar la dosis en TC pulmonar, ofreciendo una visión integral que fortalezca la práctica diagnóstica en una población particularmente vulnerable como lo son los adultos mayores.

# CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

## Capítulo I:

### 1. El problema de investigación

La tomografía computarizada (TC) se ha consolidado como una herramienta esencial en el diagnóstico de enfermedades pulmonares, debido a su alta sensibilidad y a la capacidad de generar imágenes detalladas del parénquima pulmonar y las estructuras torácicas. Esta tecnología resulta particularmente valiosa en el estudio de patologías como el cáncer de pulmón, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), la fibrosis pulmonar y las neumonías, las cuales afectan con mayor frecuencia a personas mayores de 50 años. Estos pacientes, debido a la naturaleza crónica o progresiva de sus enfermedades, requieren estudios repetidos, lo que incrementa significativamente su exposición acumulativa a la radiación ionizante.

Diversos estudios han demostrado que un solo estudio de TC de tórax puede implicar una dosis de radiación hasta 100 veces mayor que una radiografía convencional, lo cual representa una preocupación creciente para los profesionales de la salud y organismos internacionales (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2023). La OMS ha alertado sobre el papel de la radiación médica como una de las principales fuentes de exposición a nivel poblacional, señalando su relación con el aumento del riesgo de cáncer inducido por radiación, especialmente en pacientes que se someten a múltiples procedimientos diagnósticos.

A pesar de estos riesgos, en muchos entornos clínicos no se aplican de manera sistemática técnicas de reducción de dosis que podrían minimizar la

exposición sin comprometer la calidad de imagen. Esto puede atribuirse a factores como el desconocimiento técnico, la ausencia de protocolos estandarizados, limitaciones tecnológicas o la falta de evidencia comparativa sobre la eficacia de distintas estrategias de optimización disponibles.

En la actualidad, se dispone de múltiples técnicas de optimización de dosis en TC, tales como el ajuste de parámetros técnicos (kVp, mAs), la reducción del espesor de corte, el uso de colimación adecuada, la aplicación de filtros reconstructivos de alta frecuencia, y el empleo de algoritmos de reconstrucción iterativa o basados en inteligencia artificial. Sin embargo, la evidencia sobre su efectividad es variable, y no siempre se ha evaluado su impacto específico en estudios de tórax ni en poblaciones vulnerables, como los pacientes mayores de 50 años.

En consecuencia, se plantea un problema concreto y actual: la necesidad de identificar, comparar y evaluar cuáles técnicas de optimización de dosis en TC pulmonar es verdaderamente efectivas para reducir la exposición a la radiación ionizante sin sacrificar la calidad diagnóstica, en una población que requiere protección especial debido a su edad y condición clínica. Esta problemática no solo afecta la seguridad del paciente, sino que también evidencia deficiencias en la gestión de calidad y bioseguridad dentro de los servicios de imagenología.

### **1.1 Descripción del problema de investigación**

En los últimos años, los avances tecnológicos en tomografía computarizada (TC) han permitido el desarrollo de diversas estrategias para optimizar la dosis de

radiación administrada, con el objetivo de obtener diagnósticos más seguros y precisos. Entre estas innovaciones se encuentran el ajuste automatizado de parámetros de adquisición, la reconstrucción iterativa de imágenes y, más recientemente, el uso de herramientas basadas en inteligencia artificial, que contribuyen a mantener una adecuada calidad diagnóstica con una menor exposición del paciente.

A pesar de la disponibilidad de estas herramientas, su aplicación no siempre es uniforme ni sistemática en todos los contextos clínicos. Esto puede estar relacionado con factores como la variabilidad en los protocolos de trabajo, las características tecnológicas de los equipos disponibles o la necesidad de fortalecer la formación continua del personal en el uso de estas técnicas. Esta situación cobra particular relevancia en estudios torácicos realizados en pacientes mayores de 50 años, quienes suelen requerir seguimientos frecuentes debido a la presencia de enfermedades pulmonares crónicas.

Dado que los pacientes mayores de 50 años conforman una población más susceptible a los efectos acumulativos de la radiación y, al mismo tiempo, presentan mayor riesgo de patologías respiratorias, se vuelve fundamental identificar cuáles técnicas ofrecen el mejor equilibrio entre seguridad y eficacia diagnóstica. Además, establecer criterios técnicos estandarizados podría facilitar la adopción de buenas prácticas en los servicios de imagenología, promoviendo una atención más responsable, basada en la evidencia y ajustada al contexto clínico del paciente.

En este contexto, se considera relevante realizar investigaciones que permitan identificar y valorar las técnicas de optimización de dosis más eficaces, especialmente en estudios de TC torácica aplicados a pacientes adultos mayores. Contar con evidencia científica clara en este campo contribuiría a fomentar prácticas clínicas más seguras, alineadas con el principio ALARA (tan bajo como sea razonablemente alcanzable), y orientadas a una atención centrada en el bienestar del paciente.

#### 1.1.1. Planteamiento del problema o pregunta de investigación

Lo anterior lleva a plantear las preguntas de investigación.

¿Qué técnicas de optimización de dosis en tomografía computarizada pulmonar, reportadas en la literatura científica entre 2020 y 2025, demuestran mayor efectividad para reducir la exposición a radiación ionizante sin comprometer la calidad diagnóstica en pacientes mayores de 50 años?

¿Cómo influyen las técnicas de reducción de dosis en los parámetros de calidad de imagen en tomografías computarizadas pulmonares de pacientes mayores de 50 años con enfermedades respiratorias crónicas?

#### **1.2. Justificación**

La tomografía computarizada (TC) es uno de los procedimientos diagnósticos por imagen más utilizados en la medicina moderna debido a su capacidad para generar representaciones anatómicas precisas y detalladas del cuerpo humano. Esta herramienta resulta particularmente útil en el estudio de enfermedades pulmonares como el cáncer de pulmón, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica

(EPOC) y las neumonías, patologías que afectan con mayor frecuencia a personas mayores de 50 años. No obstante, uno de los principales retos asociados a la TC es su elevado nivel de exposición a la radiación ionizante, especialmente preocupante en pacientes que requieren evaluaciones periódicas para el seguimiento de enfermedades crónicas.

Este proyecto de investigación se orienta al análisis de técnicas de optimización y reducción de dosis utilizadas en estudios de tomografía computarizada pulmonar en diferentes contextos clínicos, con el objetivo de identificar las más efectivas para garantizar diagnósticos seguros sin comprometer la calidad de la imagen. Esta línea de trabajo resulta fundamental ante el incremento en la demanda de estudios radiológicos, ya que, de acuerdo con informes internacionales, la TC constituye una fuente significativa de exposición médica a la radiación en la población general. La repetición frecuente de estos estudios en pacientes mayores plantea un riesgo acumulativo que puede aumentar la probabilidad de desarrollar efectos adversos a largo plazo, como neoplasias inducidas por radiación.

En este contexto, la investigación cobra valor no solo por su pertinencia clínica, sino también por su impacto ético y formativo. El cumplimiento del principio ALARA (As Low As Reasonably Achievable) se vuelve esencial en el actuar profesional del tecnólogo o licenciado en radiología, ya que permite equilibrar la calidad diagnóstica con la protección radiológica del paciente. Implementar técnicas de baja dosis no debe percibirse únicamente como una opción tecnológica, sino

como una responsabilidad profesional enmarcada en la bioseguridad, la empatía y el respeto por la integridad del paciente.

Además, este estudio puede servir como base para fortalecer la capacitación del personal en imagenología, fomentando el uso de protocolos actualizados y herramientas tecnológicas como algoritmos de reconstrucción iterativa o inteligencia artificial. Así, se promueve una práctica más consciente y fundamentada, que respalde tanto la toma de decisiones clínicas como la formulación de políticas institucionales orientadas a mejorar la calidad asistencial.

Por lo tanto, esta investigación no solo contribuye a la protección de grupos vulnerables mediante la reducción del riesgo radiológico, sino que también aporta al desarrollo de una cultura profesional centrada en la excelencia técnica, la mejora continua y la seguridad del paciente. Este compromiso con la calidad y la ética en el uso de la tomografía computarizada permite avanzar hacia un modelo de atención más humanizado, responsable y acorde con los estándares internacionales en radiología médica.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Comparar la efectividad de las técnicas de optimización de radiación en Tomografía Computarizada pulmonar, mediante una revisión sistemática de estudios que analicen la relación entre dosis administrada, calidad diagnóstica y seguridad en pacientes mayores de 50 años con patologías respiratorias.

### 1.3.2. Objetivos específicos

Identificar las técnicas de optimización de dosis en tomografía computarizada pulmonar que se encuentran documentadas en la literatura científica reciente, describiendo sus fundamentos técnicos, características operativas y frecuencia de aplicación reportada en los diferentes protocolos clínicos utilizados actualmente en el ámbito médico.

Clasificar sistemáticamente las técnicas identificadas según su mecanismo de acción principal, diferenciando entre aquellas que actúan sobre la fuente de radiación, las que modifican el procesamiento de la imagen y las que se adaptan a las características específicas del paciente, organizando esta información según los niveles de evidencia científica y efectividad clínica reportados en los estudios analizados.

Calificar mediante análisis cualitativo la relación existente entre los niveles de reducción de dosis alcanzados y los principales parámetros de calidad de imagen obtenidos, determinando los rangos óptimos de operación para las diferentes aplicaciones clínicas en estudios pulmonares, con base en los datos reportados en la literatura.

### **1.4. Delimitación de la línea y sublínea de investigación**

Línea de investigación: Radiología e Imagenología

La línea de investigación Radiología e Imagenología se enfoca en el estudio, evaluación y mejora de las técnicas diagnósticas basadas en imágenes médicas, con especial atención a la calidad de la atención, la seguridad del paciente y el uso racional de la tecnología. Esta línea abarca desde el análisis físico-técnico de los

equipos de imagen hasta la aplicación clínica de los procedimientos radiológicos en diversas patologías. Asimismo, contempla el estudio de protocolos de optimización, bioseguridad, formación profesional y actualización científica en torno al uso de la radiación ionizante.

Esta línea cobra particular importancia en el contexto actual, donde la demanda de procedimientos diagnósticos ha aumentado significativamente, especialmente en poblaciones vulnerables, como los adultos mayores. La tomografía computarizada (TC), por su capacidad diagnóstica avanzada, representa un pilar fundamental en la medicina moderna, pero su uso frecuente también plantea retos en términos de exposición a la radiación, justificación clínica y adecuación de las dosis empleadas.

#### Sublínea de investigación: Imagen Médica

La sublínea de Imagen Médica se centra específicamente en la aplicación clínica, optimización y evaluación de las técnicas de diagnóstico por imágenes, tales como la tomografía computarizada, la resonancia magnética, la ecografía y la radiografía convencional. Dentro de esta sublínea, se abordan temas como la calidad de imagen, la interpretación diagnóstica, la reducción de artefactos, la aplicación de nuevas tecnologías (como la inteligencia artificial), así como la relación entre calidad diagnóstica y protección radiológica.

En este caso particular, la investigación se inserta dentro de la sublínea al analizar las técnicas de optimización de dosis en estudios de tomografía computarizada de tórax, especialmente en pacientes mayores de 50 años con

enfermedades respiratorias crónicas. La finalidad es determinar cuáles estrategias permiten mantener una alta calidad de imagen, minimizando la exposición a radiación, y así fortalecer tanto la seguridad del paciente como la eficiencia diagnóstica. Esta sublínea también permite vincular el aspecto técnico con el aspecto ético, al resaltar la necesidad de aplicar principios como el ALARA y fomentar una práctica clínica basada en la evidencia.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

## 2 Marco Teórico

En este capítulo se expusieron y fundamentaron los aspectos teóricos que respaldan esta investigación, mediante el análisis de la evolución histórica del uso de la Tomografía Computarizada (TC), el marco normativo que regula su aplicación clínica, los principios teóricos de la optimización dosimétrica y el contexto clínico en el que se desarrollan estos estudios. De esta forma, se busca proporcionar una comprensión integral que evidencie la necesidad de implementar estrategias de reducción de dosis en pacientes mayores, garantizando al mismo tiempo la calidad y eficacia del diagnóstico por imagen.

Desde sus inicios, la TC es una técnica imagenológica que ha experimentado un notable desarrollo en el ámbito médico, especialmente en el estudio de patologías pulmonares. Su correcta aplicación requiere del conocimiento exhaustivo por parte del radiólogo y la adherencia a parámetros adecuados. En este sentido, la aplicación del principio de justificación asegura que el estudio sea médicamente necesario y evite exposiciones innecesarias. Sin embargo, los beneficios diagnósticos que ofrece la TC pueden verse comprometidos si no se aplican adecuadamente estrategias de optimización de dosis, particularmente en pacientes de edad avanzada, quienes presentan una mayor vulnerabilidad a los efectos acumulativos de la radiación.

Por otro lado, una dosis elevada de radiación en una TC pulmonar puede aumentar el riesgo de daño en el ADN celular, ya que el sistema de reparación celular en adultos mayores es menos eficiente, lo que puede favorecer la aparición de mutaciones y, a largo plazo, el desarrollo de neoplasias (cáncer). Además, si el

paciente presenta enfermedades crónicas como fibrosis pulmonar, EPOC o insuficiencia renal, la radiación puede agravar su condición general o limitar su capacidad para tolerar futuros procedimientos diagnósticos o terapéuticos. Gracias a los nuevos avances tecnológicos, es posible reducir la dosis de radiación en tomografía computarizada, disminuyendo así el daño al ADN sin afectar la calidad de la imagen.

## Fenómenos y Avances Recientes en la Optimización de Dosis en Tomografía Computarizada Pulmonar

### Protocolos de Baja y Ultra Baja Dosis:

Cribado con TC de baja dosis (LDCT) se ha consolidado como estándar para la detección precoz de cáncer de pulmón en personas de riesgo, especialmente mayores de 50 años. Esta técnica reduce la mortalidad por cáncer de pulmón entre un 15% y 20% en comparación con la radiografía convencional. TC de ultra baja dosis (ULDCT) es el desarrollo de algoritmos avanzados permite reducir la dosis de radiación hasta en un 93% respecto a la TC estándar, manteniendo la calidad diagnóstica para la detección de nódulos y otras patologías pulmonares.

### Reconstrucción de imágenes con IA:

Algoritmos de inteligencia artificial mejoran la calidad de imagen en estudios de baja dosis, eliminando el ruido y permitiendo diagnósticos precisos con menor exposición. Protocolos personalizados: La IA ajusta automáticamente los parámetros técnicos (como el voltaje y la corriente del tubo de rayos X) según las características del paciente, optimizando la dosis de manera individualizada.

Predicción de riesgos: Modelos de IA permiten predecir el riesgo de cáncer de pulmón y enfermedades cardiovasculares a partir de TC de baja dosis, mejorando la estratificación de pacientes y la toma de decisiones clínicas.

#### Protocolos técnicos y personalización

Modulación automática de dosis: Los equipos modernos ajustan la radiación en tiempo real según el tamaño y densidad del paciente, logrando una reducción significativa de la dosis sin perder calidad de imagen.

Protocolos adaptados a la indicación clínica: Se desarrollan protocolos específicos para diferentes patologías pulmonares, permitiendo reducir la dosis a niveles comparables a una radiografía convencional en algunos casos. Gemelos digitales pulmonares este desarrollo de modelos virtuales del pulmón a partir de imágenes de TC permite simular procedimientos y planificar intervenciones, optimizando la exposición y anticipando complicaciones.

#### Técnicas avanzadas de adquisición

Reducción del kilo voltaje (kV) el uso de protocolos de bajo kilo voltaje (por ejemplo, 80 kV en vez de 100 kV) permite reducir significativamente la dosis de radiación sin comprometer la calidad diagnóstica, especialmente en pacientes con menor peso corporal.

TC de energía dual (DECT) este permite reducir la dosis de radiación y el volumen de contraste, manteniendo o mejorando la precisión diagnóstica, gracias a la diferenciación de materiales y la reconstrucción de imágenes monoenergéticas

virtuales, estos fenómenos reflejan la tendencia actual hacia la reducción de la exposición a la radiación, la personalización de los estudios y la integración de tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial para mejorar la seguridad y eficacia de la tomografía computarizada pulmonar en pacientes mayores de 50 años.

### **2.1 Marco histórico**

La investigación de Jo et al. (2023) en Corea del Sur comparó la reconstrucción por deep learning (DLIR) frente a la reconstrucción iterativa (IR) en TC de tórax con un cuarto de la dosis estándar. En una cohorte con mediana de edad de 61 años, hallaron que la técnica DLIR logró reducir la dosis efectiva de 0,65 mSv a 0,16 mSv (75 %), manteniendo la calidad de imagen y la detección de nódulos sin diferencias significativas en ruido, resolución o sensibilidad diagnóstica.

En Alemania (Zellner et al., 2024), se realizó un estudio con fantomas para cuantificar la calidad de imagen y la dosis. Determinaron que una dosis efectiva de 0,13 mSv (equivalente a CTDIvol 0,14 mGy) es suficiente para imágenes diagnósticas en tórax de adultos, y 0,08 mSv para fantomas pediátricos, mostrando que reducir dosis sin comprometer la calidad es factible.

Según Radimagen Panamá (2023), "En centros de diagnóstico panameños se ha implementado tecnología LowDose en tomografía, que incorpora técnicas

avanzadas para la reducción de dosis, mejorando la comodidad y seguridad del paciente durante el estudio."

Evaluación del software iDose para la reducción de dosis en tomografía computarizada pulmonar

Un estudio internacional realizado entre 2018 y 2020 y publicado en 2024 comparó la dosis efectiva de radiación administrada en tomografía computarizada convencional frente a la que utiliza el software de reconstrucción iterativa iDose, diseñado para optimizar y reducir la dosis sin comprometer la calidad de imagen.

En total, se evaluaron 658 pacientes, con una media de edad de 35 años, pero los resultados son extrapolables a poblaciones mayores, dado que la reducción de dosis es crucial en pacientes con mayor vulnerabilidad, como los mayores de 50 años. Los resultados mostraron que, aunque la dosis efectiva promedio fue similar (2.4 mSv), el uso de iDose permitió que un 48% de los pacientes recibieran dosis por debajo del límite típico, en comparación con un 39% sin el software. El análisis estadístico confirmó que iDose es un factor protector significativo contra dosis elevadas, lo que es especialmente relevante para minimizar el daño acumulativo en pacientes que requieren estudios repetidos, como los adultos mayores.

Este hallazgo es consistente con la tendencia actual en radiología de implementar programas de optimización de dosis que combinan tecnologías

avanzadas de reconstrucción iterativa con protocolos personalizados, permitiendo reducir la exposición a radiación sin sacrificar la calidad diagnóstica necesaria para el seguimiento de patologías pulmonares. El software iDose es una herramienta eficaz para reducir la dosis de radiación en los exámenes de tomografía computarizada, mejorando la seguridad radiológica sin afectar la calidad de imagen. Su implementación es altamente recomendable para proteger a pacientes vulnerables, como los mayores de 50 años, que requieren estudios frecuentes (RadiologíaLatam, 2024).

Análisis de factores que influyen en la dosis de radiación en TC pulmonar de alta resolución

Del Barrio y Arenas (2024) realizaron un estudio observacional retrospectivo que analizó cómo factores como el peso del paciente, el centrado durante la exploración y el tipo de equipo influyen en la dosis de radiación administrada en TC pulmonar. Encontraron que un centrado inadecuado y un mayor peso corporal se asocian con dosis más altas, lo que resalta la importancia de la técnica y la personalización para optimizar la dosis en pacientes adultos mayores.

## **2.2 Marco legal**

### 2.2.1 Normativas internacionales de protección radiológica y nacionales.

Las normativas internacionales de protección radiológica para tomografía computarizada (TC), incluyendo estudios pulmonares en adultos mayores, están fundamentadas en los principios establecidos por organismos como la Comisión

Internacional de Protección Radiológica (ICRP) y la Agencia Internacional de Energía Atómica (OIEA). Estas normas hablan de 3 puntos importantes a considerar.

#### Justificación:

Todo examen que implique radiación debe estar clínicamente justificado, asegurando que el beneficio diagnóstico supere los riesgos.

#### Optimización (ALARA):

La dosis debe mantenerse tan baja como sea razonablemente posible sin comprometer la calidad diagnóstica, adaptando los parámetros según la edad y condición del paciente, especialmente en adultos mayores.

#### Limitación de dosis:

Aunque no se aplican límites estrictos a pacientes en procedimientos médicos, se recomienda usar niveles de referencia diagnósticos (DRLs) para evitar dosis innecesariamente altas.

Las normativas de Panamá en materia de protección para el uso de tomografía computarizada, están reguladas principalmente por el Ministerio de Salud a través del Departamento de Salud Radiológica, bajo un marco legal que incluye varios decretos y resoluciones entre las normas más relevantes se encuentra el Decreto Ejecutivo 770 de 2010 y su modificación por el Decreto Ejecutivo 122 de 2016, que establecen el Reglamento de Protección Radiológica en Panamá. Este reglamento categoriza las fuentes de radiación ionizante y define los requisitos para la protección radiológica en instalaciones que utilizan equipos

como los tomógrafos. La Resolución No. 0025 de 2017, que reglamenta la categorización de las fuentes de radiación ionizante, incluyendo equipos de TC, y establece criterios basados en las recomendaciones del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). Además se tiene la obligación de designar un encargado de protección radiológica en todas las instalaciones que utilicen fuentes de radiación ionizante, asegurando el cumplimiento de las medidas de seguridad y la optimización de dosis para los pacientes igualmente se ha visto la implementación de programas de inspección radiológica periódica para evaluar las condiciones de protección y seguridad radiológica en centros con equipos complejos como la TC, con una frecuencia recomendada de inspección cada tres años.

#### 2.2.2 Derechos del paciente y principios bioéticos

En Panamá, los derechos de los pacientes y los principios éticos que guían el ámbito de la radiología y la tomografía se sustentan en normativas internacionales adaptadas a nivel local y en comités bioéticos de las instituciones, los cuales aseguran la dignidad, la seguridad y el bienestar de los pacientes. Ejemplos de entidades que supervisan la implementación de estos principios son el Comité de Bioética del Hospital Nacional y el Comité de Bioética de la Investigación de la UMECIT, que se fundamentan en documentos internacionales como la Declaración de Helsinki, el Código de Núremberg y la Declaración Universal de Derechos Humanos.

Los principios bioéticos esenciales que se aplican son la autonomía, que implica respetar la capacidad del paciente para tomar decisiones de manera libre esto conlleva ofrecerle información clara y completa sobre los procedimientos radiológicos, así como los riesgos, beneficios y opciones disponibles. La beneficencia también es un principio fundamental, ya que obliga a actuar en beneficio del paciente, garantizando que los estudios de imagen, como la tomografía, estén justificados y respondan a una necesidad diagnóstica o terapéutica real. Por otro lado, se aplica el principio de no maleficencia al procurar evitar cualquier daño, lo que implica minimizar la exposición a la radiación mediante la optimización de las dosis y el uso de protocolos adaptados, especialmente en poblaciones vulnerables como los adultos mayores.

En cuanto a la justicia, se busca asegurar un acceso equitativo a los servicios de radiología y tomografía, promoviendo una distribución adecuada de los recursos disponibles y evitando toda forma de discriminación. Asimismo, la normativa panameña y los reglamentos de salud establecen que los servicios de radiología deben implementar programas de garantía de calidad, fomentar la formación continua del personal e incorporar mecanismos de protección radiológica, todo ello en cumplimiento con los estándares internacionales y nacionales vigentes.

### 2.2.3 Marco referencial

#### 2.3.1 Conceptos clave

La tomografía computarizada (TC) es una técnica de diagnóstico por imágenes que combina rayos X con procesamiento computarizado para generar cortes transversales del cuerpo humano. Según el Instituto Nacional de Imágenes Biomédicas y Bioingeniería (NIBIB, 2020), este procedimiento permite obtener imágenes detalladas de órganos internos, huesos, vasos sanguíneos y tejidos blandos, contribuyendo significativamente al diagnóstico médico. La Mayo Clinic (2024) destaca que la TC es una herramienta indispensable en el estudio de patologías pulmonares, neurológicas, cardiovasculares y oncológicas, debido a su capacidad para mostrar imágenes en dos y tres dimensiones con gran precisión. Por otro lado, Rodríguez y Herrera (2021) señalan que el desarrollo de la TC ha revolucionado la medicina diagnóstica, permitiendo identificar alteraciones internas sin necesidad de procedimientos invasivos.

La evolución tecnológica también ha dado lugar a equipos más rápidos y precisos, capaces de captar imágenes en milisegundos, lo cual es crucial en situaciones de urgencia médica. En términos operativos, la TC funciona mediante un tubo de rayos X que gira alrededor del paciente, mientras los detectores miden la radiación que atraviesa el cuerpo. Estos datos son enviados a una computadora que los transforma en imágenes transversales del área de interés. Esta tecnología ha sido particularmente valiosa para el estudio del tórax, ya que permite identificar lesiones pulmonares pequeñas y evaluar estructuras anatómicas con mayor detalle.

Desde una perspectiva crítica, la tomografía computarizada representa un avance clave en el diagnóstico médico moderno; sin embargo, su uso debe ser cuidadosamente justificado debido a la exposición a radiación ionizante. Por ello, resulta esencial aplicar estrategias de optimización de dosis que garanticen la seguridad del paciente sin comprometer la calidad diagnóstica.

### 2.3.2 Radiación ionizante

La radiación ionizante es un tipo de energía que se transmite en forma de partículas o rayos electromagnéticos capaces de ionizar átomos o moléculas. Según la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP, 2007), este tipo de radiación puede alterar la estructura molecular del ADN, lo que conlleva riesgos potenciales para la salud, como mutaciones celulares o cáncer. El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) destaca que, aunque es utilizada en diversos procedimientos médicos como la TC, su aplicación debe ser cuidadosamente controlada para minimizar los efectos adversos.

Esta forma de radiación es utilizada por su capacidad para atravesar el cuerpo y generar imágenes de alta precisión; sin embargo, su uso implica una exposición que debe mantenerse bajo vigilancia, especialmente en poblaciones sensibles como adultos mayores. Desde una visión aplicada a la medicina, la radiación ionizante constituye una herramienta invaluable, pero su empleo debe equilibrar el beneficio diagnóstico con el riesgo biológico. Por ello, las técnicas de

reducción de dosis y los protocolos de seguridad resultan imprescindibles en la práctica clínica moderna.

### 2.3.3 Dosis efectiva

La dosis efectiva es una medida cuantitativa que estima el riesgo biológico asociado a la exposición a radiación ionizante. Se expresa en sieverts (Sv) y permite comparar el impacto biológico entre distintos tipos de estudios radiológicos, considerando tanto la cantidad de radiación absorbida como la sensibilidad de los órganos expuestos (*ICRP Publication 103, 2007*). Este indicador resulta fundamental en la práctica clínica, ya que ayuda a los profesionales a tomar decisiones informadas sobre la justificación y optimización de los estudios por imágenes. Además, la dosis efectiva sirve de base para establecer límites de exposición ocupacional y poblacional. En síntesis, comprender y calcular la dosis efectiva es crucial para aplicar adecuadamente los principios de protección radiológica, garantizando un uso responsable de la tecnología médica.

### 2.3.4 Optimización de dosis

La optimización de dosis es el proceso mediante el cual se ajustan los parámetros técnicos de los equipos y los protocolos de imagen para obtener resultados diagnósticos adecuados con la menor cantidad de radiación posible. Según el OIEA (2014), este proceso forma parte del enfoque de protección radiológica y debe aplicarse en todos los procedimientos que impliquen exposición a radiación ionizante. Implica el uso de técnicas como el ajuste automático de mA

(miliamperios), el uso de colimadores, la selección del kilovoltaje adecuado y la implementación de software de reconstrucción que permita mejorar la calidad de imagen sin necesidad de aumentar la dosis. Desde un enfoque ético y técnico, la optimización de dosis garantiza que la exposición del paciente esté justificada, proporcionada y alineada con los principios de seguridad en radiología médica.

#### 2.3.5 Principio ALARA

El principio ALARA (As Low As Reasonably Achievable) establece que toda exposición a la radiación debe mantenerse tan baja como sea razonablemente posible, considerando factores técnicos, sociales y económicos. De acuerdo con la ICRP (2007), este principio es uno de los pilares de la protección radiológica y se aplica tanto a pacientes como al personal de salud. Este principio se traduce en la aplicación de controles de calidad, capacitación del personal, mantenimiento de los equipos y evaluación constante de los protocolos clínicos. La implementación del principio ALARA promueve una cultura de seguridad y responsabilidad en los servicios de diagnóstico por imágenes, minimizando riesgos sin afectar la eficacia clínica.

#### 2.3.6 Técnicas de reconstrucción iterativa

Las técnicas de reconstrucción iterativa son métodos avanzados de procesamiento de imágenes que permiten reducir el ruido visual en los estudios de TC sin comprometer la calidad diagnóstica. Según la American Association of Physicists in Medicine (AAPM Report 220), estas técnicas

han sido desarrolladas para permitir reducciones significativas en la dosis de radiación utilizada en comparación con los métodos de reconstrucción tradicionales. La Mayo Clinic (2024) señala que la reconstrucción iterativa es especialmente útil en pacientes mayores o con condiciones que requieren múltiples estudios, ya que permite mantener una alta calidad de imagen con menores exposiciones acumuladas.

### 2.3.7 Factores técnicos que influyen en la dosis

La dosis de radiación administrada en una tomografía computarizada está influenciada por múltiples factores técnicos que deben ser cuidadosamente ajustados para mantener la calidad diagnóstica sin comprometer la seguridad del paciente. Uno de los más relevantes es la fluencia de fotones, determinada por el producto entre la corriente del tubo de rayos X (mA) y el tiempo de exposición (s), lo que se conoce como mAs. A mayor mAs, mayor será la cantidad de radiación emitida y, en consecuencia, se obtendrá una mejor calidad de imagen. Sin embargo, este aumento también con lleva un incremento proporcional en la dosis absorbida por el paciente, lo cual requiere una adecuada evaluación clínica para evitar exposiciones innecesarias (Mayo Clinic, 2024).

Otro factor importante es el kilovoltaje pico (kVp), que representa la energía del haz de rayos X. Un mayor kVp incrementa la penetración del haz, permitiendo atravesar tejidos más densos, pero también eleva la dosis de radiación. Por esta razón, el ajuste del kVp debe realizarse con base en el tamaño, edad y condición clínica del paciente, favoreciendo la personalización del estudio. De igual forma, el

grosor de corte influye directamente en la resolución espacial: cortes más delgados permiten identificar estructuras pequeñas con mayor precisión, pero exigen una mayor cantidad de radiación para mantener el nivel de calidad en la imagen (Rodríguez y Herrera, 2021). El parámetro conocido como pitch, que describe la relación entre el avance de la mesa del tomógrafo y el ancho del haz, también afecta la dosis. Un pitch menor indica mayor solapamiento entre cortes, lo que mejora la calidad de la imagen, pero incrementa la dosis. Por el contrario, un pitch alto reduce la dosis al disminuir el solapamiento, aunque podría comprometer la resolución si no se acompaña de técnicas compensatorias. Para contrarrestar estos efectos, los sistemas modernos de TC incorporan la modulación automática de corriente, la cual ajusta dinámicamente el mA durante la adquisición de imágenes, teniendo en cuenta la densidad del tejido atravesado, lo que permite optimizar la dosis sin reducir la calidad diagnóstica (OIEA, 2014).

También es necesario considerar la geometría del equipo, especialmente la distancia entre el tubo de rayos X y el isocentro, ya que esta distancia puede influir en la intensidad de la radiación recibida por el paciente. Del mismo modo, aunque los filtros de reconstrucción y las técnicas de procesamiento de imagen no modifican directamente la dosis, sí impactan en la calidad del resultado final. Por ejemplo, el uso de técnicas de reconstrucción iterativa permite reducir el ruido en la imagen y, por ende, utilizar una menor dosis sin sacrificar información diagnóstica (AAPM, 2016). Todos estos factores deben ser equilibrados con criterio técnico y ético, considerando tanto la necesidad clínica como el riesgo asociado a la exposición. En estudios pulmonares como el cribado de cáncer, se emplean protocolos de baja

dosis que pueden rondar los 1.5 mSv, ajustando los parámetros técnicos a las características individuales del paciente y a la indicación médica. Este enfoque refleja la aplicación práctica del principio ALARA y la importancia de una planificación cuidadosa en cada estudio por TC.

### 2.3.8 Indicadores dosimétricos en tomografía computarizada

La evaluación de la dosis de radiación en tomografía computarizada se realiza principalmente a través de dos indicadores fundamentales: el Índice de Dosis en Tomografía Computarizada en volumen (CTDIvol) y el Producto Dosis-Longitud (DLP). Ambos parámetros son generados automáticamente por los equipos modernos y permiten estimar de manera objetiva la cantidad de radiación a la que fue expuesto un paciente durante un procedimiento diagnóstico. Estos valores resultan esenciales no solo para el control de calidad, sino también para la comparación entre distintos protocolos, equipos o instituciones, con el fin de identificar oportunidades de mejora y mantener la dosis dentro de niveles seguros.

El CTDIvol representa la cantidad promedio de radiación absorbida en una sección específica del cuerpo durante el examen. Este indicador se calcula combinando las dosis registradas en cortes axiales con el factor pitch, lo que permite estimar la distribución de la radiación en un volumen determinado. Se expresa en miligrays (mGy) y es una medida útil para evaluar la eficiencia de un protocolo técnico específico. En contraste, el DLP se obtiene al multiplicar el CTDIvol por la longitud total del área explorada en centímetros. El resultado, expresado

en mGy·cm, refleja la dosis acumulada administrada al paciente a lo largo del estudio completo, por lo que ofrece una visión más amplia del riesgo radiológico total (ICRP, 2007).

Ambos indicadores son empleados para establecer niveles de referencia diagnósticos (DRLs), los cuales son definidos por organismos internacionales como guías orientativas para procedimientos comunes. Superar estos valores no implica necesariamente una mala práctica, pero sí requiere una revisión técnica del caso. En los últimos años, diversas investigaciones han propuesto ajustar el CTDIvol tomando en cuenta el diámetro efectivo del paciente, lo que permite una estimación más precisa y personalizada de la dosis real absorbida (Abuzaid et al., 2025).

Además, la incorporación de tecnologías como la modulación automática de corriente (mA adaptativo) y los algoritmos de reconstrucción iterativa ha permitido reducir de forma significativa la exposición sin comprometer la calidad diagnóstica. Estas herramientas ajustan los parámetros en tiempo real según la anatomía del paciente y optimizan la adquisición de imágenes, lo cual resulta especialmente útil en estudios de tórax y en pacientes mayores que podrían requerir seguimiento periódico. Los datos de CTDIvol y DLP quedan registrados en los informes DICOM junto con las imágenes adquiridas, lo que permite realizar auditorías internas, comparar resultados entre equipos y garantizar la trazabilidad de las dosis administradas.

### 2.3.9 Tipos y modalidades de tomografía computarizada aplicadas a la optimización de dosis

Una de las modalidades más ampliamente utilizadas es la tomografía computarizada helicoidal, también conocida como spiral CT. Esta técnica consiste en el giro continuo del tubo de rayos X alrededor del paciente mientras la mesa de exploración avanza de manera sincronizada. Como resultado, se genera un barrido en forma de espiral que permite adquirir imágenes volumétricas de alta resolución en menor tiempo. Esta modalidad no solo mejora la eficiencia del estudio, sino que también reduce el tiempo de exploración, lo cual representa una ventaja significativa en adultos mayores o en pacientes con dificultades para contener la respiración durante periodos prolongados (Mettler et al., 2019).

Por su parte, la tomografía computarizada multicorte (TCMD) ha revolucionado la obtención de imágenes médicas al incorporar múltiples filas de detectores que permiten adquirir varios cortes simultáneamente en cada rotación del tubo. Esta tecnología ha incrementado la velocidad de adquisición y ha mejorado la resolución espacial, siendo especialmente valiosa en estudios pulmonares complejos, en la evaluación detallada de nódulos pulmonares y en la planificación de intervenciones quirúrgicas o terapéuticas. De acuerdo con Mayo Clinic (2024), la TC multicorte ha permitido realizar exploraciones torácicas completas en cuestión de segundos, lo que facilita el diagnóstico oportuno en pacientes mayores, quienes a menudo presentan comorbilidades y requieren estudios rápidos y precisos.

Finalmente, la tomografía computarizada de baja dosis, conocida como low-dose computed tomography (LDCT), ha sido diseñada específicamente para

minimizar la exposición del paciente a la radiación. Esta modalidad se ha implementado de manera prioritaria en programas de cribado de cáncer de pulmón en personas mayores de 50 años con antecedentes de tabaquismo igual o superior a 20 paquetes-año. Estudios emblemáticos como el National Lung Screening Trial (NLST, 2011) demostraron que el uso anual de LDCT en poblaciones de alto riesgo permite detectar lesiones pulmonares en estadios tempranos, reduciendo significativamente la mortalidad asociada. La American Cancer Society (2023) respalda estas recomendaciones, estableciendo pautas claras para el uso responsable y eficiente de esta tecnología con fines preventivos.

En síntesis, las modalidades helicoidales, multicorte y de baja dosis representan avances tecnológicos que, cuando se aplican correctamente, permiten optimizar la dosis administrada sin sacrificar la calidad diagnóstica. Su implementación adecuada refleja una estrategia integral basada en los principios de protección radiológica, particularmente el principio ALARA, y responde a la necesidad de personalizar los estudios según las características clínicas y el perfil de riesgo del paciente.

## **2.4 Marco contextual**

### **2.4.1 Estadística e incidencia**

El cáncer de pulmón constituye una de las principales causas de mortalidad en Panamá y América Latina, con tasas de incidencia y mortalidad que afectan predominantemente a personas mayores de 50 años, grupo que requiere estudios diagnósticos frecuentes y es especialmente vulnerable a los efectos acumulativos de la radiación ionizante (Ministerio de Salud, 2019; OMS, 2023). A nivel local, la

tasa de mortalidad por cáncer de pulmón en Panamá fue de 9,0 por cada 100,000 habitantes en 2019, mientras que en la región latinoamericana se registran aproximadamente 60,000 muertes anuales, representando el 12% de las muertes por cáncer, y a nivel mundial, esta enfermedad sigue siendo la principal causa de muerte oncológica (OMS, 2023). La mayoría de los casos se diagnostican en etapas avanzadas, con solo un 5% de diagnósticos tempranos en Panamá frente al 23% global, lo que limita las opciones terapéuticas y reduce la supervivencia, situación agravada por barreras como el alto costo de la tomografía computarizada de baja dosis, la saturación de los servicios de imagenología y la falta de programas de cribado sistemático para poblaciones de alto riesgo. Sin embargo, la introducción de tomógrafos de alta resolución y software avanzado, junto con la tendencia internacional hacia la personalización de protocolos y la reducción de dosis mediante inteligencia artificial y reconstrucción iterativa, ha permitido mejorar la identificación temprana de patologías pulmonares y optimizar la seguridad diagnóstica en adultos mayores, aunque la cobertura y el acceso aún presentan desafíos significativos en la región (Ministerio de Salud, 2019; OMS, 2023).

En América Latina, el cáncer de pulmón representa una grave carga sanitaria, ocasionando aproximadamente 60,000 muertes anuales y constituyendo el 12% de todas las muertes por cáncer en la región (AstraZeneca, 2023). Aunque la prevalencia del tabaquismo, principal factor de riesgo, ha disminuido del 28% en 2000 al 16% en 2020, sigue siendo responsable del 64% de los casos de cáncer pulmonar (Lung Cancer Policy Network, 2023). La mayoría de los diagnósticos (85%) se realizan en etapas avanzadas (III o IV), lo que limita las opciones

terapéuticas y reduce la supervivencia a menos del 10% a cinco años (AstraZeneca, 2023). En Panamá, el cáncer de pulmón es una de las principales causas de muerte por tumor maligno, con una tasa ajustada de mortalidad de 9,0 por cada 100,000 habitantes en 2019, afectando mayoritariamente a personas mayores de 50 años, quienes requieren estudios frecuentes y presentan mayor vulnerabilidad a la radiación acumulada (Ministerio de Salud, 2019). Sin embargo, solo el 5% de los casos en Panamá se diagnostican en etapas tempranas, cifra inferior al promedio mundial del 23%, lo que evidencia la necesidad de mejorar el acceso y la calidad de los estudios diagnósticos, como la tomografía computarizada de baja dosis (Cuenta de Alto Costo, 2024). Entre las barreras principales para el diagnóstico temprano se encuentran el costo elevado de la tomografía computarizada de baja dosis, la escasez de especialistas en imagenología, la saturación de citas en instituciones públicas y la falta de campañas de concientización y programas de cribado sistemático para poblaciones de alto riesgo (Cuenta de Alto Costo, 2024; Lung Cancer Policy Network, 2023). A nivel regional e internacional, la tendencia es hacia la personalización de protocolos y la reducción de dosis mediante tecnologías como la reconstrucción iterativa e inteligencia artificial, con el objetivo de minimizar la exposición y mejorar la seguridad diagnóstica en pacientes mayores de 50 años (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2023). La población objetivo está conformada principalmente por adultos mayores de 50 años, con énfasis en fumadores y exfumadores, atendidos en instituciones clave como la Caja de Seguro Social, el Ministerio de Salud y clínicas privadas con capacidad para realizar tomografía computarizada pulmonar, aunque enfrentan retos institucionales como la saturación de servicios, la necesidad de actualización tecnológica y la

capacitación continua del personal médico para optimizar los estudios (Ministerio de Salud, 2019).

#### 2.4.2 Perspectivas del problema

La optimización de la dosis en tomografía computarizada (TC) pulmonar es un desafío técnico y organizacional que requiere la implementación de protocolos específicos adaptados a las características individuales de los pacientes, especialmente en mayores de 50 años, quienes presentan mayor vulnerabilidad a la radiación acumulada (García-Peñas, 2020). Estudios recientes han demostrado que el uso de software de dosimetría como CT-Expo permite estimar con precisión la dosis efectiva y el índice de dosis volumétrica (CTDIvol), facilitando la evaluación y ajuste de los parámetros técnicos para minimizar la exposición sin comprometer la calidad diagnóstica (García-Peñas, 2020; Seram, 2023). Sin embargo, la variabilidad en los equipos y protocolos, junto con la falta de estandarización y capacitación continua del personal técnico y médico, limita la aplicación efectiva de estas herramientas en muchas instituciones de salud, especialmente en países en vías de desarrollo (García-Peñas, 2020).

A nivel institucional, centros hospitalarios que realizan TC pulmonar deben contar con equipos multidetector modernos y con personal capacitado en técnicas de optimización de dosis, incluyendo la modulación automática de corriente, el ajuste del voltaje y la reconstrucción iterativa, que han demostrado reducir significativamente la dosis administrada (Seram, 2023). La carencia de protocolos estandarizados y niveles de referencia diagnóstica dificulta la comparación y mejora

continua de la práctica clínica, lo que puede traducirse en exposiciones innecesarias para la población adulta mayor que requiere estudios frecuentes (García-Peñas, 2020). Por ello, la formación especializada y la implementación de sistemas de monitoreo de dosis son fundamentales para garantizar la seguridad radiológica y la calidad del diagnóstico.

En cuanto a la población de interés, los pacientes mayores de 50 años sometidos a TC pulmonar presentan características clínicas y anatómicas que requieren una individualización rigurosa de los parámetros técnicos para evitar dosis excesivas. La optimización no depende únicamente del equipo, sino también de la selección adecuada del protocolo de acuerdo con la indicación clínica y las condiciones del paciente, lo que exige un trabajo interdisciplinario entre radiólogos, tecnólogos y físicos médicos (SERAM, 2023). Adopción de tecnologías avanzadas y la estandarización de prácticas son estrategias clave para mejorar la atención y reducir riesgos en esta población vulnerable.

# CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

### 3 Marco metodológico

#### **3.1 Tipo y diseño de investigación**

Este trabajo se desarrolla como una investigación de tipo documental, con un diseño de revisión sistemática y un enfoque cualitativo. En lugar de trabajar directamente con pacientes o realizar mediciones clínicas, se recurre al estudio profundo y ordenado de publicaciones científicas existentes, seleccionadas cuidadosamente por su relevancia y actualidad. Se parte de la necesidad de comprender cómo diferentes técnicas de optimización de la dosis de radiación en Tomografía Computarizada pulmonar han sido aplicadas en pacientes mayores de 50 años con patologías respiratorias, prestando especial atención a la forma en que estas estrategias influyen en la calidad diagnóstica y en la seguridad del paciente. Según Flick (2015), "la investigación cualitativa utiliza el texto como material empírico (en lugar de los números), parte de la noción de la construcción social de la realidad y se orienta a comprender los significados y experiencias de los participantes en su contexto natural" (p. 25).

Mediante la investigación de literatura científica que se estará realizando, se pretende identificar las principales técnicas de optimización de dosis en Tomografía Computarizada pulmonar, poniendo énfasis en sus fundamentos técnicos, características operativas y aplicación en protocolos clínicos actuales. En este contexto, la investigación se sitúa dentro de un enfoque documental y descriptivo, sustentado en un análisis cualitativo riguroso de fuentes secundarias. Según

Sampieri, Collado y Lucio (2014), este tipo de investigación permite “describir las características de un fenómeno o la relación entre variables” a partir de información ya existente (p. 92).

De esta manera, se busca caracterizar y clasificar las técnicas según su mecanismo de acción, distinguiendo aquellas que inciden sobre la fuente de radiación, las que modifican el procesamiento de la imagen y aquellas que se adaptan a las características específicas del paciente. Para ello, el diseño de revisión sistemática facilita una organización rigurosa y una síntesis objetiva de la información, considerando los niveles de evidencia científica y la efectividad clínica reportada en los estudios seleccionados.

Así mismo, cuando la información cuantitativa esté disponible, se incorporará un análisis estadístico complementario con el fin de examinar la relación entre la reducción de dosis y la calidad diagnóstica, identificando los rangos óptimos de operación para las aplicaciones clínicas en estudios pulmonares.

### **3.2. Unidades de análisis**

En el marco de esta investigación, las unidades de análisis están conformadas por los estudios científicos disponibles especialmente en el abordamiento de técnicas de optimización de dosis en Tomografía Computarizada pulmonar. Asimismo, se priorizarán aquellos estudios que incluyan datos relacionados con la calidad diagnóstica obtenida, la seguridad del paciente y los niveles de reducción de dosis alcanzados. Para garantizar la pertinencia y el rigor

metodológico, los documentos deberán estar publicados en revistas indexadas, con revisión por pares y cumplir con los criterios establecidos para su inclusión en la revisión sistemática. En consecuencia, las unidades de análisis no estarán representadas por individuos o grupos poblacionales directamente, sino por las fuentes documentales que ofrecen evidencia científica válida y actualizada en relación con el objeto de estudio.

### 3.2.1 Población

La población de interés en esta investigación está constituida por pacientes mayores de 50 años con antecedentes de enfermedades respiratorias. Este grupo ha sido seleccionado debido a su alta exposición a estudios imagenológicos, lo que los convierte en una población particularmente sensible a los efectos acumulativos de la radiación. En términos metodológicos, la población se define como “el conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones” (Sampieri, Collado & Lucio, 2014, p. 133), Por tanto, resulta relevante analizar cómo las técnicas de reducción de dosis aplicadas en Tomografía Computarizada pulmonar impactan en la calidad diagnóstica y la seguridad clínica en este segmento específico.

### 3.2.2 Muestra

En cuanto a la muestra, esta corresponde a los estudios científicos seleccionados que cumplan con los criterios establecidos para la revisión. Entre estos criterios se incluyen: abordar técnicas de optimización de dosis aplicadas a

estudios pulmonares, analizar su impacto sobre la calidad de imagen y la seguridad del paciente, y centrarse en aplicaciones clínicas dirigidas a personas mayores de 50 años. Así mismo, los documentos seleccionados pueden incluir artículos originales, revisiones sistemáticas y guías clínicas, siempre que estén publicados en revistas indexadas y hayan sido sometidos a revisión por pares. En investigaciones de carácter documental como esta, “la muestra se elige con base en criterios establecidos que garanticen su aporte al análisis” (Hernández, Fernández & Baptista, 2014, p. 384, por lo que su selección será intencionada y dirigida a maximizar la pertinencia del contenido para los objetivos planteados.

### **3.3 Variable de la investigación**

Esta variable constituye el eje central del estudio, ya que permite analizar y comparar diversas estrategias utilizadas para minimizar la exposición a radiación en estudios imagenológicos, sin comprometer la calidad diagnóstica. Su elección responde a la necesidad de identificar prácticas clínicas que favorezcan tanto la seguridad del paciente como la efectividad diagnóstica, especialmente en poblaciones vulnerables como los adultos mayores con enfermedades respiratorias.

#### **3.3.1 Definición conceptual**

Las técnicas de reducción de dosis en TC buscan minimizar la radiación al paciente sin afectar la calidad de las imágenes, e incluyen métodos como la reconstrucción iterativa (IR), control automático de exposición (AEC), modulación de kilovoltaje (kVp) y algoritmos de inteligencia artificial (IA), como la reconstrucción iterativa profunda (DLIR). La calidad de la imagen en TC se refiere a la claridad con

la que se representan las estructuras anatómicas, y depende de la resolución espacial, el contraste y los artefactos. La dosis de radiación, medida en milisieverts (mSv), es un factor clave para la seguridad del paciente. Reducir la dosis de radiación ofrece beneficios clínicos como menor riesgo de cáncer y mayor posibilidad de realizar controles frecuentes, siendo especialmente relevante en pacientes mayores de 50 años con enfermedades pulmonares, quienes presentan mayor vulnerabilidad.

### 3.3.2 Definición operacional

La investigación analizará las técnicas utilizadas para reducir la dosis de radiación en estudios pulmonares, tales como la reconstrucción iterativa y el control automático de exposición, comparando la reducción porcentual de la dosis, medida en milisieverts (mSv), respecto a los protocolos tradicionales. Asimismo, se evaluará la calidad de las imágenes en TC a partir de parámetros como la resolución espacial y los artefactos presentes, verificando si las técnicas de reducción de dosis mantienen el nivel de calidad necesario para un diagnóstico preciso. se examinarán los beneficios clínicos asociados a la disminución de la dosis de radiación en pacientes mayores enfermedades pulmonares, destacando la posibilidad de realizar seguimientos frecuentes y una detección temprana, sin incrementar el riesgo vinculado a la exposición acumulativa.

### **3.4. Consideraciones éticas**

Se garantizará la integridad de los autores originales mediante la citación adecuada de las fuentes, utilizando normas internacionales de referencia como

APA. Además, se respetarán los principios éticos en la investigación bibliográfica, asegurando que los derechos de autor y las contribuciones intelectuales sean reconocidos adecuadamente. No se recopilarán datos primarios de pacientes, ya que se utilizarán solo estudios ya publicados.

### **3.5 Métodos para la recolección de los datos**

#### **3.5.1 Delimitación de los instrumentos**

Para obtener la información necesaria en este estudio, se utilizará como herramienta principal una matriz bibliográfica, la cual es idónea para investigaciones documentales con un enfoque de revisión sistemática. Esta herramienta facilita la organización, clasificación y análisis de manera ordenada de los datos obtenidos de las fuentes científicas elegidas, lo que ayuda a comparar los estudios y a identificar patrones significativos.

La técnica de recopilación utilizada será la revisión documental, enfocada en la selección y análisis de artículos científicos, guías clínicas y revisiones sistemáticas que aborden las técnicas de reducción de dosis en tomografía computarizada pulmonar, en pacientes mayores de 50 años con enfermedades respiratorias. Dicha técnica se apoya en el uso de criterios de inclusión y exclusión previamente definidos, garantizando la pertinencia, actualidad y validez científica de las fuentes consultadas. La matriz bibliográfica se diseñará como una herramienta de apoyo que permita sintetizar los elementos clave de cada fuente, tales como los objetivos del estudio, los métodos utilizados, los hallazgos principales y su relevancia con respecto a la variable investigada. Esta matriz facilitará una lectura comparativa y crítica de la literatura seleccionada. Fue aplicado directamente

por el investigador, quien recopilará y registrará la información obtenida a partir de bases de datos académicas reconocidas, siguiendo una metodología sistemática. A través de la matriz, se podrán establecer comparaciones entre las distintas técnicas analizadas y extraer conclusiones relevantes sobre su efectividad técnica y utilidad clínica.

### 3.5.2 Validez o confiabilidad del o los instrumentos

### **3.6 Procedimientos**

La elaboración de esta información conceptual se organiza en distintos momentos, posibilitando un progreso metódico y coherente desde la definición del asunto hasta la edificación del esquema metodológico. Cada una de estas fases se llevó a cabo siguiendo rigurosamente los fundamentos del abordaje cualitativo y del plan de análisis exhaustivo, propios de las investigaciones de índole documental. Seguidamente, se estableció el tipo de investigación como documental y descriptiva, con un diseño de revisión sistemática y un enfoque cualitativo. Esta decisión metodológica se fundamentó en la naturaleza teórica del estudio, la cual no implica la recolección de datos primarios, sino el análisis crítico de fuentes secundarias, tales como artículos científicos, guías clínicas y revisiones previas.

Se precisaron aspectos fundamentales como el enfoque, la unidad de análisis, la población y la muestra. La unidad de análisis quedó representada por los estudios científicos localizados en bases de datos académicas reconocidas, siempre que cumplieran con los criterios de inclusión definidos. A su vez, la

población quedó conformada por el conjunto total de estudios disponibles sobre el tema, mientras que la muestra quedó determinada por aquellos documentos seleccionados en función de su pertinencia, actualidad, calidad científica y relación directa con los objetivos de la investigación.

Durante el desarrollo del Capítulo III se definieron todos los elementos metodológicos que conforman el diseño de la tesis. Se describió y fundamentó el enfoque cualitativo con base en autores especializados, se detallaron los criterios de selección bibliográfica, y se presentó la variable del estudio con su respectiva definición conceptual y operacional, asegurando coherencia con el marco referencial.

Adicionalmente, se diseñó el instrumento de recolección de datos, consistente en una matriz bibliográfica que permite organizar, comparar y analizar los hallazgos extraídos de las fuentes seleccionadas. Este instrumento resultó fundamental para sistematizar la información y facilitar el análisis comparativo.

Para reforzar la rigurosidad del estudio, se elaboró un instrumento de validación en forma de rúbrica en el anexo, el cual será aplicado por expertos en el área con el fin de evaluar la consistencia interna del trabajo. Dicha rúbrica contempla criterios como la claridad conceptual, la adecuación metodológica, la relevancia de las fuentes utilizadas y la calidad de la redacción académica, permitiendo validar el diseño metodológico antes de su implementación definitiva.

# CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS



## 4. Resultados

### **4.1. Presentación de los resultados**

Para facilitar la comprensión y el análisis de los hallazgos, se han abreviado los estudios consultados de la siguiente manera:

- Estudio 1: Low-dose CT for lung cancer screening in a high-risk population (SUMMIT): a prospective, longitudinal cohort study (Tomografía computarizada de baja dosis para el cribado de cáncer de pulmón en una población de alto riesgo (SUMMIT): un estudio de cohorte prospectivo y longitudinal).
- Estudio 2: Adherence to Annual Lung Cancer Screening and Rates of Cancer Diagnosis (Adherencia al cribado anual de cáncer de pulmón y tasas de diagnóstico de cáncer).
- Estudio 3: Low-Dose Chest CT: Optimizing Radiation Protection for Patients (Tomografía computarizada torácica de baja dosis: optimización de la protección frente a la radiación para los pacientes).
- Estudio 4: Evaluation of an in-use chest CT protocol in lung cancer screening - A single institutional study (Evaluación de un protocolo de TC torácica en uso para el cribado de cáncer de pulmón: estudio institucional único).
- Estudio 5: Screening for Lung Cancer with Low-Dose Computed Tomography: Updated Evidence Report and Systematic Review for the US Preventive Services Task Force (Cribado del cáncer de pulmón con tomografía computarizada de baja dosis: informe de evidencia actualizado y revisión sistemática para el Grupo de Trabajo de Servicios Preventivos de EE. UU.).

- Estudio 6: Recommendations for the implementation of a national lung cancer screening program in Portugal—A consensus statement (Recomendaciones para la implementación de un programa nacional de cribado de cáncer de pulmón en Portugal — Declaración de consenso).
- Estudio 7: Advances in lung cancer screening and early detection (Avances en el cribado y la detección precoz del cáncer de pulmón).
- Estudio 8: Análisis de los factores que influyen en la dosis de radiación en tomografía computarizada de alta resolución pulmonar.
- Estudio 9: Advances in lung cancer screening and early detection (Avances en el cribado y la detección precoz del cáncer de pulmón).
- Estudio 10: Systematic Review of Lung Cancer Screening: Advancements and Strategies for Implementation (Revisión sistemática del cribado de cáncer de pulmón: avances y estrategias para su implementación).

A continuación, se presenta la información recopilada de estos estudios mediante el instrumento diseñado para el análisis comparativo y sistematización de datos.

Tabla 2. Estudio 1

Título	Low-dose CT for lung cancer screening in a high-risk population (SUMMIT): a prospective, longitudinal cohort study.	Instrumento/ técnica/ procedimiento realizado	Estudio de cohorte prospectivo y longitudinal realizado con participantes de alto riesgo para cáncer de pulmón. Se utilizó tomografía computarizada (TC) de baja dosis sin contraste — con colimación fina— para el tamizaje. Se complementó con una prueba sanguínea de detección temprana usando ácidos nucleicos libres en sangre. Se ajustaron protocolos para maximizar la detección de cáncer en etapas iniciales. Se recolectaron datos de enero de 2019 a diciembre de 2021, con seguimiento a 12 meses tras el tamizaje inicial.
Fuente donde aparece publicado	The Lancet Oncology (Lancet Oncol. 2025 May;26(5):609-619. doi: 10.1016/S1470-2045(25)00082-8)	Resultado	Incluyó 12,773 participantes, todos categorizados como de alto riesgo para cáncer de pulmón. 261 personas (2.0%) fueron diagnosticadas con cáncer, de los cuales el 79.3% se detectó en estadio I o II. La sensibilidad de la TC para detección fue 97.0%, y la especificidad, 95.2%. La gran mayoría de los casos detectados fueron tratados con resección quirúrgica, reportándose baja mortalidad operatoria (0.4%). Se confirmó la factibilidad del tamizaje masivo en poblaciones diversas.
Autores	Amy Bhamani, Andrew Creamer, Priyam Verghese, Ruth Predecki, Carolyn Horst, Sophie Tisi, Helen Hall, Chuen Ryan Khaw, Monica Mullin, John McCabe, y demás integrantes del consorcio SUMMIT.	Conclusión	El tamizaje de cáncer de pulmón mediante TC de baja dosis es efectivo y puede implementarse de forma eficiente y segura en poblaciones diversas, permitiendo la detección mayoritaria en estadios tempranos. El estudio respalda la viabilidad de programas nacionales de tamizaje dirigidos a segmentos de alto riesgo.
Año de publicación	2025.	Limitación	El seguimiento fue de solo 12 meses, por lo que no se valoraron resultados a largo plazo (supervivencia, recurrencia). El estudio se realizó en Londres, Reino Unido, lo cual puede restringir la generalización a otras regiones. La mayoría de los participantes era de origen étnico blanco, lo que limita la representatividad de otros grupos.
País	Reino Unido (Londres).	Recomendación	Impulsar la implementación de programas nacionales de tamizaje de cáncer pulmonar con TC de baja dosis en poblaciones de alto riesgo y expandir el seguimiento para obtener resultados a largo plazo e incluir mayor diversidad étnica.
Enlace o link	<a href="https://www.thelancet.com/journals/lanonc/article/PIIS1470-2045(25)00082-8/fulltext">https://www.thelancet.com/journals/lanonc/article/PIIS1470-2045(25)00082-8/fulltext</a>		Imagen con el objetivo de definir un protocolo que minimice exposición y mantenga sensibilidad diagnóstica.

Tabla 3. Estudio 2

Título	Adherence to Annual Lung Cancer Screening and Rates of Cancer Diagnosis	Instrumento/técnica/procedimientos realizado	Estudio retrospectivo multicéntrico que analizó a adultos que se sometieron a tamizaje inicial de cáncer de pulmón con tomografía computarizada de baja dosis (LDCT). Se midió la adherencia al tamizaje anual en dos períodos: de 12 a 18 meses (T1) y de 22 a 30 meses (T2) después del tamizaje inicial, diferenciando según resultado negativo o positivo basado en el sistema Lung-RADS. Se utilizaron datos clínicos, registros de cáncer y administrativos de cinco sistemas de salud en EE.UU. Se aplicaron modelos estadísticos para evaluar la relación entre adherencia y diagnóstico de cáncer.
Fuente donde aparece publicado	JAMA Network Open, 2025; Volumen 8, Número 3; e250942.	Resultado	Se incluyeron 10,170 adultos con una mediana de edad de 65 años y 53.2% hombres. La adherencia al tamizaje anual fue del 61.2% en el primer año (T1) y del 50.5% en el segundo año (T2). Durante el seguimiento de 36 meses, 279 pacientes (2.7%) fueron diagnosticados con cáncer de pulmón. Las tasas de diagnóstico fueron mayores entre los adherentes en ambas rondas. El 73.1% de los cánceres detectados fueron en etapas tempranas (estadio 0, I o II). Se observó una disminución de la adherencia con cada ronda de tamizaje.
Autores	Roger Y. Kim, Kate A. Rendle, Nidhi Mitra, y colaboradores del Consorcio PROSPR-Lung.	Conclusión	La adherencia anual al tamizaje con LDCT está asociada con una mayor detección de cáncer de pulmón, especialmente en etapas tempranas. La adherencia disminuye con el tiempo, por lo que se recomienda implementar estrategias que fomenten la continuidad del tamizaje. La adherencia debe usarse como métrica de calidad en programas de tamizaje.
Año de publicación	2025	Limitación	Se trata de un estudio observacional con posible confusión residual. Puede existir sesgo por detección debido a datos limitados a cinco sistemas de salud. La exclusión de pacientes diagnosticados o fallecidos durante el estudio puede afectar la generalización. Además, la historia completa de tabaquismo y decisiones compartidas no siempre estaban documentadas.
País	Estados Unidos	Recomendación	Se sugiere fortalecer las estrategias para mejorar la adherencia anual al tamizaje de cáncer de pulmón y considerar la adherencia como indicador clave de calidad para maximizar la detección temprana y reducir la mortalidad.
Enlace o link	<a href="https://jamanetwork.com/journals/jamanetworkopen/fullarticle/2831670">https://jamanetwork.com/journals/jamanetworkopen/fullarticle/2831670</a>		

Tabla 4. Estudio 3

Título	Low-Dose Chest CT: Optimizing Radiation Protection for Patients	Instrumento/ técnica/ procedimiento realizado	Estudio experimental que evaluó diferentes protocolos de tomografía computarizada (TC) para optimizar la protección radiológica del paciente, manteniendo una calidad suficiente de imagen para detectar enfermedades pulmonares. Se midió el índice de dosis de TC (CTDI) en fantomas a distintos valores de corriente-tubo (mAs). Se evaluó la calidad de imagen y el nivel de ruido en escaneos con diferentes mAs, y se compararon en pacientes con nódulos pulmonares u opacificaciones difusas. Se estableció la relación entre dosis de radiación y calidad de
Fuente donde aparece publicado	American Journal of Roentgenology (AJR), 2012; Vol. 183, No. 3.	Resultado	Reducir la corriente-tubo convencional (115 mAs) en un 65%, 78% o 93.5% disminuye el CTDI en un 60%, 70% y 85%, respectivamente. Se encontró que con 25 mAs o más, la calidad de imagen (homogeneidad y nivel de ruido) se mantiene aceptable para detectar nódulos pulmonares. No hubo diferencia estadísticamente significativa en la calidad de imagen entre escaneos a 25 mAs y 115 mAs. Las dosis bajas permiten mantener la calidad diagnóstica mientras minimizan la exposición radiológica.
Autores	Xiaohua Zhu, Jianqun Yu y Zheng Huang.	Conclusión	Es factible realizar TC helicoidales de tórax con dosis bajas (25 a 40 mAs) que produzcan imágenes diagnósticas de calidad satisfactoria y reduzcan la exposición a radiación, siguiendo el principio ALARA (tan bajo como razonablemente sea posible). Esta técnica es especialmente adecuada para tamizajes en poblaciones de alto riesgo y pacientes pediátricos.
Año de publicación	2004	Limitación	La optimización de parámetros puede variar según el tipo de equipo y características del paciente. La dosis debe ajustarse en pacientes con obesidad o para evaluar zonas como el lóbulo superior, donde artefactos pueden afectar la calidad. No todos los sistemas de TC permiten las mismas reducciones sin afectar calidad.
País	Estados Unidos.	Recomendación	Adoptar protocolos de TC de baja dosis para reducir la exposición radiológica sin sacrificar calidad diagnóstica, especialmente en tamizajes pulmonares. Ajustar parámetros según características del equipo y pacientes para optimizar la protección radiológica.
Enlace o link	<a href="https://ajronline.org/doi/10.2214/ajr.183.3.1830809?utm_source">https://ajronline.org/doi/10.2214/ajr.183.3.1830809?utm_source</a>		

Tabla 5. Estudio 4

Título	Screening for Lung Cancer With Low-Dose Computed Tomography: Updated	Instrumento/ técnica/ procedimiento realizado	Revisión sistemática y análisis de evidencia de 223 publicaciones, incluyendo siete ensayos clínicos controlados y aleatorizados (RCTs) relevantes, sobre la efectividad, precisión, riesgos y beneficios del tamizaje de cáncer de pulmón con tomografía computarizada de baja dosis (LDCT). Se analizaron datos sobre incidencia de cáncer, mortalidad, precisión diagnóstica, daños asociados (radiación, falsos positivos, sobre-diagnóstico) y modelos de predicción de riesgo. Se usaron metodologías rigurosas para evaluar calidad y sesgo. Población: foco: adultos en EE.UU. considerados de alto riesgo por edad, historia de tabaquismo y exposición.
Título	Evidence Report and Systematic Review for the Evaluation of an In-Use Chest CT Service Task Force protocol in lung	Instrumento/ Técnica/ Procedimiento	Estudio retrospectivo que evaluó la dosis de radiación y cantidad de imagen en pacientes sometidos a tomografía computarizada de baja dosis (LDCT) para tamizaje de cáncer de pulmón en Noruega. Se analizaron datos de dos grupos de pacientes (tamaño promedio y grande) usando índices volumétricos de áreas (CPDIvol y DLP) junto con
Fuente donde aparece publicado	JAMA, 2021; Vol. 325, No. 10: 971-987.	Resultado	Las pruebas LDCT reducen la mortalidad por cáncer de pulmón; el estudio NLST mostró reducción del 15% en mortalidad con 3 rondas anuales y NNS (número necesario a tamizar) para prevenir una muerte de 323 en 6.5 años; el ensayo NELSON mostró reducción mayor (25%) con 4 rondas y NNS de 130 en 10 años. Se evidenciaron daños derivados, incluyendo falsos positivos que llevan a pruebas e intervenciones innecesarias, sobre-diagnóstico, hallazgos incidentales y ansiedad temporal. Las tasas de falsos positivos disminuyen con rondas sucesivas. Incidencia de cáncer inducido por radiación estimada en 0.26 a 0.81 por 1000 personas para 10 años de tamizaje anual.
Autores	Daniel F. Naim, Jonas, Denise S. Arora, Sara M. Reddy y otros colaboradores del US Preventive Services Task Force.	Conclusión	El tamizaje con LDCT en personas de alto riesgo puede reducir la mortalidad con una proporción aceptable de daños. Se recomienda implementar tamizaje para adultos entre 50 y 80 años con antecedentes significativos de tabaquismo, dejando claro que se deben gestionar adecuadamente los falsos positivos y pulmonares.
Año de publicación	2021	Limitación	Heterogeneidad en protocolos y definición de resultados entre estudios. Limitada representación racial y étnica en los ensayos principales. Dificultad para generalizar resultados a la población general elegible para tamizaje. Pocos estudios emplearon manejos actuales para minimizar falsos positivos. Posible sesgo en evaluación de calidad y seguimiento.
Enlace o País link	<a href="https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11265249/?utm_source=Estados Unidos">https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11265249/?utm_source=Estados Unidos</a>	Recomendación	Se recomienda el tamizaje anual por LDCT a población de alto riesgo para cáncer de pulmón con criterios claros y manejo de riesgos y falsos positivos mediante protocolos actuales. Se sugiere fomentar la toma de decisiones informada y mejorar la diversidad poblacional en estudios futuros.
Enlace o link	<a href="https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2777242?utm_source=Estados Unidos">https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2777242?utm_source=Estados Unidos</a>		

Tabla 6. Estudio 5

Tabla 7. Estudio 6

Título	Recommendations for the implementation of a national lung cancer screening program in Portugal — A consensus statement	Instrumento/ técnica/ Procedimiento realizado	Revisión exhaustiva de la literatura y elaboración de recomendaciones basadas en evidencia para implementar programas nacionales de tamizaje de cáncer de pulmón con tomografía computarizada de baja dosis (LDCT) adaptados al sistema sanitario portugués. Participaron múltiples expertos nacionales en neumología, radiología, oncología, cirugía torácica, salud pública y atención primaria. Se evaluaron aspectos clave como población elegible, métodos de invitación, protocolos radiológicos, sistemas de reporte (incluyendo Lung-RADS), procesos de derivación, diagnóstico, tratamiento, implementación y monitoreo continuo. Se enfatizó la importancia de incorporar intervenciones basadas en evidencia para el abandono del tabaco.
Fuente donde aparece publicado	Pulmonology, 2024	Resultado	La evidencia de múltiples ensayos clínicos grandes (NLST, NELSON) demuestra que LDCT reduce la mortalidad por cáncer de pulmón hasta en un 25%. En Portugal, el cáncer de pulmón es la principal causa de muerte por cáncer. Se propone un grupo objetivo para tamizaje entre 50 y 75 años, con un historial tabáquico $\geq 20$ paquetes-año y exfumadores con menos de 15 años de abstinencia. Se recomienda utilizar el protocolo de screening estandarizado con medidas volumétricas para la evaluación de nódulos. La implementación debe considerar accesibilidad equitativa, asegurar calidad mediante indicadores y combinar tamizaje con programas efectivos de cesación tabáquica.
Autores	Grupo de trabajo interdisciplinario portugués integrado por sociedades científicas de neumología, radiología, oncología, cirugía torácica, medicina familiar y salud pública, incluyendo a la Sociedad Portuguesa de Neumología (SPP) y otras.	Conclusión	La implementación de un programa nacional de tamizaje con LDCT en Portugal es una estrategia costo-efectiva y necesaria para reducir la mortalidad por cáncer de pulmón. El programa debe ser riguroso, con protocolos estandarizados, un enfoque poblacional sistemático, e integración de intervención para abandono del tabaco para maximizar beneficios.
Año de publicación	2024	Limitación	Las recomendaciones se basan principalmente en estudios internacionales, y la adaptación local requerirá ajustes conforme se implementen los programas pilotos. Limitaciones en datos nacionales actuales sobre adherencia y seguimiento a largo plazo.
País	Portugal	Recomendación	Definir criterios claros de elegibilidad para tamizaje basados en edad y tabaquismo. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar protocolos LDCT estandarizados y clasificaciones estructuradas como Lung-RADS.</li> <li>• Asegurar el acceso equitativo y facilitación a la población.</li> <li>• Integrar apoyo efectivo para abandono del tabaco como parte del programa.</li> <li>• Desarrollar pilotajes para validar e identificar oportunidades de</li> </ul>

			mejora y monitoreo continuo mediante indicadores de calidad.
Enlace o link	<a href="https://www.journalpulmonology.org/en-recommendations-for-implementation-national-lung-articulo-S2531043724000485?utm_source">https://www.journalpulmonology.org/en-recommendations-for-implementation-national-lung-articulo-S2531043724000485?utm_source</a>		

Tabla 8. Estudio 7

Título	Advances in lung cancer screening and early detection	Instrumento/ Técnica/ Procedimiento realizado	Revisión exhaustiva de avances recientes en el tamizaje y diagnóstico temprano del cáncer de pulmón. Se incluyen ensayos clínicos internacionales clave como NLST y NELSON que validan la utilidad del tamizaje con tomografía computarizada de baja dosis (LDCT). Se discuten criterios óptimos de selección de población basada en factores de riesgo, desafíos como altas tasas de falsos positivos y radiación, y avances tecnológicos en diagnóstico diferencial, incluyendo aplicaciones emergentes de inteligencia artificial y biomarcadores moleculares para mejorar la precisión y reducir daños. También se abordan estrategias terapéuticas para el manejo de casos sospechosos detectados.
Fuente donde aparece publicado	Cancer Biology & Medicine, 2022.	Resultado	LDCT es el estándar recomendado para tamizaje en personas asintomáticas de alto riesgo. Ensayos controlados han demostrado reducción significativa de mortalidad. Sin embargo, persisten desafíos como los falsos positivos, sobrediagnóstico y riesgo por radiación acumulativa. Nuevos modelos basados en inteligencia artificial han mostrado sensibilidad entre 90-95% en detección y diagnóstico de nódulos malignos. Biomarcadores circulantes como ADN tumoral (ctDNA), autoanticuerpos y microARNs están en desarrollo para mejorar la selección y precisión. En la terapia, técnicas como cirugía mínimamente invasiva, radioterapia estereotáxica, y ablación térmica ofrecen opciones a pacientes no quirúrgicos. Se destaca la necesidad de integrar nuevas tecnologías y biomarcadores para optimizar los programas de tamizaje y tratamiento.
Autores	Caichen Li, Huiting Wang, Yu Jiang, Wenhai Fu, Xiwen Liu, Ran Zhong, Bo Cheng, Feng Zhu, Yang Xiang, Jianxing He, Wenhua Liang.	Conclusión	El tamizaje con LDCT junto con herramientas avanzadas de inteligencia artificial y biomarcadores moleculares presenta un abordaje integral para mejorar la detección temprana y manejo del cáncer de pulmón. Los avances tecnológicos y terapéuticos están ampliando las opciones diagnósticas y de tratamiento, prometiendo mejores resultados a largo plazo.
Año de publicación	2022	Limitación	Necesidad de validaciones clínicas robustas y estandarización de tecnologías emergentes. Algunos biomarcadores aún en etapas tempranas de investigación. Faltan estudios en poblaciones diversas.
País	China (principalmente), con colaboraciones internacionales.	Recomendación	Continuar la integración de tecnologías avanzadas en el tamizaje y diagnóstico. Fomentar estudios clínicos para validar biomarcadores. Mejorar el acceso equitativo a tecnologías y tratamientos modernos.
Enlace o	<a href="https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/">https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/</a>		

link	<a href="https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9196057/?utm_source">h.gov/articles/PMC9196057/?utm_source</a>		
------	---	--	--

Título	Advances in lung cancer screening and early detection	Instrumento/ técnica/ procedimiento realizado	Revisión narrativa de evidencia actual sobre cribado con tomografía computarizada de baja dosis (LDCT) y detección temprana de cáncer de pulmón, incluyendo análisis de estudios clínicos internacionales, desarrollos tecnológicos en diagnósticos diferenciales, desarrollo de biomarcadores, inteligencia artificial, y estrategias terapéuticas para pacientes con sospecha de malignidad.
--------	---	---	--

Tabla 9. Estudio 8

Título	Análisis de los factores que influyen en la dosis de radiación en tomografía computarizada de alta resolución pulmonar	Instrumento/ técnica/ procedimiento realizado	Estudio observacional retrospectivo que incluyó todas las exploraciones de tomografía computarizada de alta resolución pulmonar (TCAR) realizadas durante dos meses en un servicio de radiodiagnóstico. Se registraron el peso de los pacientes, el producto dosis-longitud (DLP) en mGy.cm y el tipo de centrado (correcto, alto o bajo) en 3 equipos diferentes. Se analizaron las diferencias en dosis entre grupos mediante ANOVA y t de Student, y se evaluó la correlación entre variables con el índice de Pearson.
Fuente donde aparece publicado	Seram, 2024.	Resultado	Se incluyeron 147 pacientes con peso medio de 77.7 kg. El 43.5% tenía centrado adecuado, el 49.7% centrado bajo y el 6.8% centrado alto. Los pacientes con centrado alto presentaron peso y dosis de radiación significativamente mayores que los demás (93.4 kg vs 76.6 kg; 55.5 vs 44.4 DLP). No hubo diferencia significativa entre los grupos de centrado adecuado y bajo. La DLP se correlacionó fuertemente con el peso ( $r=0.729$ ). El equipo A generó dosis significativamente menores que los otros dos equipos.
Autores	Del Barrio R., Arenas J.	Conclusión	El peso del paciente y el equipo utilizado influyen significativamente en la dosis de radiación recibida en TCAR. Existe una tendencia a centrado bajo los estudios, mientras que el centrado alto se asocia a mayor peso y mayor dosis. Optimizar el centrado puede contribuir a reducir la dosis de radiación.
Año de publicación	2024	Limitación	El estudio es retrospectivo y limitado a un solo centro y periodo corto. No se reportan datos clínicos ni seguimiento de los pacientes.
País	España	Recomendación	Controlar y optimizar el centrado en TCAR, considerando el peso del paciente y características del equipo para minimizar la dosis de radiación innecesaria y mejorar la seguridad radiológica.
Enlace o link	<a href="https://www.piper.es/acio-seram.com/index.php/seram/article/view/9845?utm_source">https://www.piper.es/acio-seram.com/index.php/seram/article/view/9845?utm_source</a>		

Tabla 10. Estudio 9

Fuente donde aparece publicado	Cancer Biology & Medicine, mayo 2022.	Resultado	LDCT demostró reducción estadísticamente significativa en mortalidad por cáncer de pulmón en ensayos como NLST y NELSON, con mejoras en detección precoz. Persisten desafíos como alta tasa de falsos positivos, exposición acumulativa a radiación y necesidad de criterios de inclusión personalizados para diferentes poblaciones. Avances en inteligencia artificial para detección automática y caracterización de nódulos, así como biomarcadores (ctDNA, miRNA, autoanticuerpos, células tumorales circulantes) ofrecen oportunidades para mejorar precisión diagnóstica y reducir intervenciones innecesarias.
Autores	Caichen Li, Huiting Wang, Yu Jiang, Wenhai Fu, Xiwen Liu, Ran Zhong, Bo Cheng, Feng Zhu, Yang Xiang, Jianxing He, Wenhua Liang.	Conclusión	LDCT es el estándar mundial para cribado de cáncer de pulmón con evidencia robusta de reducción de mortalidad. La integración de nuevas tecnologías, biomarcadores y AI será clave para mejorar la eficiencia y efectividad. La adaptación según contexto regional y poblacional es necesaria para maximizar beneficios y minimizar daños, con futuro prometedor en tratamientos combinados tempranos que mejoran pronósticos.
Año de publicación	2022	Limitación	Revisión temática con dependencia de estudios previos heterogéneos; incertidumbre sobre estandarización y validación clínica de biomarcadores y sistemas de IA; necesidad de validación prospectiva amplia.
País	China (principal grupo investigador), con enfoque global.	Recomendación	Fomentar integración multidisciplinaria de tecnologías avanzadas para optimizar cribado y diagnóstico. Personalizar criterios de inclusión, implementar biomarcadores validados e inteligencia artificial. Priorizar investigación para disminuir falsos positivos y exposición radiológica, y desarrollar enfoques terapéuticos basados en detección temprana.
Enlace o link	<a href="https://www.aafp.org/pubs/afp/issues/2023/0500/cochrane-lung-cancer-related-mortality-ct-screening.html?utm_source">https://www.aafp.org/pubs/afp/issues/2023/0500/cochrane-lung-cancer-related-mortality-ct-screening.html?utm_source</a>		

Tabla 11. Estudio 10

Título	Systematic Review of Lung Cancer Screening: Advancements and Strategies for Implementation	Instrumentos/ Técnicas/ procedimiento realizado	Revisión sistemática de 61 estudios científicos sobre cribado de cáncer de pulmón, enfocada en evidencia actualizada de eficacia de LDCT, criterios de inclusión, estrategias de implementación, análisis de costo-efectividad y programas de cesación tabáquica.
Fuente donde aparece publicado	Healthcare (Basel), 2023.	Resultado	El cribado con LDCT demostró reducción de la mortalidad por cáncer de pulmón entre 20%-39% en estudios importantes como NLST, NELSON y MILD. Sin embargo, persisten preocupaciones sobre falsos positivos, sobrediagnóstico y costos asociados. Se identificaron variabilidad en estudios europeos respecto a criterios y resultados.

			Análisis económicos generalmente avalan la implementación en poblaciones de alto riesgo, especialmente si se asocian con intervenciones de cesación tabáquica. La efectividad depende de selección adecuada, frecuencia de cribado, y seguimiento estructurado.
Autores	Daniela Amicizia, Maria Francesca Piazza, Francesca Marchini, Matteo Astengo, Federico Grammatico, Alberto Battaglini, Irene Schenone, Camilla Sticchi, Rosa Lavieri, Bruno Di Silverio, Giovanni Battista Andreoli, Filippo Ansaldi.	Conclusión	El LDCT es herramienta eficaz para reducción de mortalidad en cáncer de pulmón, pero se requiere un abordaje multidisciplinario con adecuada selección de pacientes, seguimiento, apoyo para abandono tabáquico, y protocolos estandarizados. Se recomienda adaptación local de programas y continuidad en investigación para optimizar criterios y minimizar daños.
Año de publicación	2023	Limitación	Limitaciones derivadas de heterogeneidad de estudios incluidos, limitación en número de estudios para ciertos subgrupos y disparidad en protocolos europeos que dificultan comparaciones directas.
País	Principalmente Italia (investigadores), con alcance europeo e internacional.	Recomendación	Implementar programas estructurados de LDCT con énfasis en selección de alto riesgo, protocolos uniformes para manejo de hallazgos, integración de cesación tabáquica, y evaluación económica para asegurar sostenibilidad. Adaptar según contexto nacional y asegurar enfoque multidisciplinario.
Enlace o link	<a href="https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10379173/?utm_source">https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10379173/?utm_source</a>		

Tabla 12. Tabla de análisis de datos

	Título del estudio	Técnica de reducción de dosis evaluada	Parámetros técnicos y protocolos usados	Métodos de validación de dosis y calidad de imagen	Técnica de imagen aplicada	Resultados cuantitativos y análisis de la reducción de dosis y calidad de imagen	Interpretación y análisis crítico
1	Low-dose CT for lung cancer screening in a high-risk population (SUMMIT)	Implementación de tomografía a computarizada de baja dosis (LDCT) con colimación fina	Uso de protocolo LDCT sin contraste, ajustado para minimizar dosis de radiación sin sacrificar la resolución necesaria	Validación mediante seguimiento longitudinal clínico con sensibilidad diagnóstica del 97% y especificidad del 95.2%; control de la calidad de	Tomografía computarizada con multidetector y colimación fina; protocolo específico LDCT diseñado para	La reducción de dosis permitió una exposición significativamente menor que en TC convencional, manteniendo alta sensibilidad y especificidad	El estudio demuestra que protocolos de LDCT, cuando son adecuadamente diseñados y combinados con pruebas moleculares, pueden maximizar la seguridad reduciendo la dosis

		para detección precoz de nódulos pulmonares, combinada con análisis sanguíneo o de ácidos nucleicos libres para optimizar la precisión diagnóstica	para detectar lesiones pequeñas; parámetros optimizados para mantener alta calidad espacial	imagen basado en evaluación de nódulos y confirmación patológica	tamizaje pulmonar en población de alto riesgo	diagnóstica; la baja tasa de complicaciones operatorias refuerza la detección eficaz en fases tempranas; la combinación con biomarcadores sanguíneos intensificó la capacidad diagnóstica sin incremento de dosis	sin perder rendimiento diagnóstico. Sin embargo, la limitación en diversidad poblacional y periodo de seguimiento requieren cautela para extrapolar resultados a largo plazo o a otras poblaciones. Hay oportunidad para mejorar aún más la optimización técnica y ampliar validaciones clínicas
2	Adherence to Annual Lung Cancer Screening and Rates of Cancer Diagnosis	Definición pragmática para medir adherencia anual en tamizaje con TC de baja dosis aplicada en múltiples sistemas de salud en EE.UU., considerando ventanas amplias para seguimiento tras resultados	Uso de TC de baja dosis para tamizaje pulmonar en adultos 55-75 años con antecedente tabáquico. Ventanas amplias para considerar adherencia en rondas siguientes (T1 y T2) tras evaluación inicial según Lung-RADS (1-4).	Validación basada en seguimiento multicéntrico o longitudinal de 3 rondas de tamizaje con datos administrativos, regímenes clínicos y registros de cáncer para asociación entre adherencia y diagnóstico. Uso de modelos multivariados para control de confusores.	TC baja dosis de tórax, sin restricción solo a LDCT en rondas subsecuentes, siguiendo recomendaciones de Lung-RADS para manejo de nodos	Entre 10,170 adultos, la adherencia anual fue del 61.2% en T1 y 50.5% en T2. La adherencia se asoció con mayor tasa de diagnóstico de cáncer (Ej: 1.0% vs 0.2% en T1 adherentes vs no adherentes) y mayor proporción de cáncer en estadio temprano (73% vs 25% en T2).	Definición actualizada y pragmática de adherencia anual capturó mejor la complejidad clínica real que métodos anteriores. La adherencia persistente es clave para beneficio clínico. Estrategias para mejorar adherencia pueden incrementar detección temprana y reducir mortalidad. Limitaciones incluyen posible sesgo confusor, restricciones en cobertura y seguimiento solo en 5 sistemas de salud.

		positivos o negativos iniciales					
3	Low-Dose Chest CT: Optimizing Radiation Protection for Patients (AJR 2004)	Reducción del producto corriente-tubo (mAs) para disminuir la dosis de radiación, evaluada desde 115 mAs (convencional) a 7.5 mAs (ultra baja dosis), midiendo impacto en calidad de imagen y homogeneidad	Uso de un escáner MDCT helicoidal (Asteion-Multi, Toshiba), con variaciones de mAs (7.5 a 115) y grosores de corte de 3 y 8 mm. Se compararon imágenes de fantasmas acrílicos y de pacientes con nódulos pulmonares o infiltrados difusos, en modos ventana mediastinal y pulmonar	Evaluación objetiva de homogeneidad y nivel de ruido en imágenes de fantasmas y pacientes, además de análisis ciego de calidad por múltiples revisores. Validación estadística (chi-cuadrado, análisis de variancia) para detectar diferencias significativas	TC helicoidal avanzada con multidetector y capacidad de postprocesamiento (MIP, reconstrucción 3D, endoscopía virtual). Protocolo ajustado para dos grosores de corte y múltiples niveles de dosis	Reducción de mAs a 25 o 40 mAs produjo disminución de dosis (CTDI) del 70% aproximadamente respecto al estándar 115 mAs, manteniendo homogeneidad aceptable (<4 H) y ruido en rango tolerable (<0.35%) para 25 mAs o más. Para dosis menores (15 y 7.5 mAs) la calidad se deterioró con artefactos significativos. Las imágenes reconstruidas desde 25 mAs mostraron mínima pérdida diagnóstica comparadas con 115 mAs.	La reducción del producto corriente-tubo a 25 mAs es viable para TC de tórax, logrando gran descenso en dosis sin sacrificar sensibilidad diagnóstica ni calidad perceptible. Esta reducción soporta principios ALARA y puede facilitar estudios masivos inclusivos y seguros. Es recomendable ajustar dosis según paciente (p.ej. obesidad) y características anatómicas específicas para optimizar imagen y seguridad.
4	Evaluation of an in-use chest CT protocol in lung cancer screening (Acta Radiol	Optimización de protocolos LDCT con ajuste automático de corriente de tubo	Tomografía con Philips Brilliance iCT 256, 120 kVp, AEC ajustado entre 25/200 mA, adquisición	Comparación retrospectiva de CTDI vol, DLP, SSDE y dosis efectiva entre pacientes	Multidetector CT con reconstrucción híbrida y modelo basada en iteración (iDose, IMR), permitiendo	CTDI vol promedio para pacientes promedio 2.8 mGy y 4.5 mGy para pacientes grandes; dosis dentro de recomendaciones AAPM; sin	La combinación de AEC con reconstrucción iterativa permite ajuste de dosis dependiente del tamaño del paciente, manteniendo una buena calidad

	Open, 2024)	(AEC), uso de reconstrucción iterativa (iDose e IMR) para equilibrio entre reducción de dosis y calidad	de cortes de 0.9 - 0.45 mm, reconstrucción con iDose nivel 3 y modelo iterativo IMR nivel 1	promedio y grandes basada en AP torácico y uso de métricas objetivas de calidad: ruido, SNR, CNR en varias regiones anatómicas, con evaluación estadística detallada	ajustes finos para reducir ruido manteniendo calidad diagnóstica	diferencias significativas en calidad de imagen objetiva entre tamaños; IMR mejoró calidad más que iDose; sin efecto asociado a género	imagen sin penalización diagnóstica. Aunque las dosis del grupo grande fueron mayores, permanecieron dentro de límites aceptables. Se recomienda evaluar y optimizar parámetros de exploración para minimizar dosis sin perder detectabilidad, especialmente para subgrupos de peso elevado.
5	Screening for Lung Cancer With Low-Dose Computed Tomography: Updated Evidence Report and Systematic Review for the US Preventive Services Task Force (JAMA, 2021)	Uso generalizado de LDCT en tamizaje con protocolos ajustados para minimizar dosis y mantener eficacia diagnóstica, con revisión sistemática de evidencia de múltiples ensayos clínicos	Análisis de 223 estudios, incluyendo 7 ECA principales (NLST, NELSON, entre otros). Protocolos con dosis variables entre 0.65 mSv y 2.36 mSv para LDCT, con evaluación de resultados en función de número de rondas, intervalos y criterios diagnósticos (Lung-RADS principalmente)	Evaluación de la precisión diagnóstica (sensibilidad, especificidad, valores predictivos), mortalidad por cáncer pulmonar, incidencia y balance de beneficios y daños utilizando metaanálisis y análisis narrativo, además de análisis de falsos positivos, sobrediagnóstico y efectos secundarios	Tomografía computarizada de baja dosis con distintos protocolos y técnicas según estudio e institución, con predominio de uso de multidetector y métodos estandarizados de reporte y seguimiento nódulo	Reducción de mortalidad por cáncer pulmonar clara en NLST (IRR 0.85) y NELSON (IRR 0.75), con tasa de falsos positivos variable (7.9% - 49.3%). Dosis individuales por LDCT rondaron 0.65 a 2.36 mSv. Se identificaron riesgos bajos de cáncer inducido por radiación en largo plazo y efectos psicológicos pasajeros en pacientes con resultados anormales.	El tamizaje con LDCT es eficaz y reduce mortalidad en población de alto riesgo, balanceado con riesgos medibles pero bajos. Protocolos y criterios actuales (p.ej., Lung-RADS) mejoran precisión y reducen procedimientos innecesarios. La variabilidad en protocolos y poblaciones afecta generalización, pero la evidencia global apoya implementación responsable y monitoreo constante de dosis y resultados clínicos.

			nte)	psicológicos			
6	Recommendations for the implementation of a national lung cancer screening program in Portugal— A consensus statement (Pulmonology, 2024)	Protocolos estandarizados de LDCT para tamizaje pulmonar, con énfasis en reducir la dosis manteniendo calidad y aplicabilidad en distintos centros	Uso recomendado de scanners con 64 o más detectores, protocolos basados en ESTI, con énfasis en medición volumétrica y utilización de sistemas de reconstrucción modernos; recomendaciones para limitar sobre-exploración	Seguimiento y aseguramiento de calidad mediante indicadores clínicos y técnicos, uso de clasificaciones estándares como Lung-RADS para reducir falsos positivos y procedimientos invasivos innecesarios; evaluación continua mediante programas piloto	Tomografía computarizada multi-detector con protocolos estandarizados a nivel poblacional, con adaptaciones para grupos de riesgo y optimización de dosis	La implementación de protocolos basados en evidencia y estándares internacionales permite reducir la mortalidad por cáncer pulmonar hasta 25%, con detección precoz y eficacia costo-beneficio comprobada. Se enfatiza la importancia de limitar la dosis y aplicar criterios estrictos para minimizar daños y sobre diagnósticos	La adopción de protocolos homogéneos y el uso de tecnología avanzada con medición volumétrica y clasificación estandarizada (Lung-RADS) son claves para el éxito y seguridad de programas nacionales. La combinación con estrategias de cesación tabáquica potencia el impacto poblacional reduciendo tanto incidencia como mortalidad de cáncer de pulmón.
7	Advances in lung cancer screening and early detection (Cancer Biol Med, 2022)	Implementación y evaluación de LDCT como estándar en tamizaje pulmonar con reducción significativa de dosis respecto a TC convencional	Protocolos de LDCT con dosis alrededor de 1.5 mSv (hasta 15 veces menor que TC convencional), combinados con técnicas avanzadas de reconstrucción y análisis molecular	Validación mediante resultados de grandes ensayos RCT (NLST, NELSON), análisis de biomarcadores (ctDNA, miRNA, autoanticuerpos, células tumorales circulantes) y algoritmos IA para detección y	TC de baja dosis multidetector combinada con métodos avanzados de análisis de imagen, biomoléculas, y aprendizaje automático para diagnóstico diferenciado	La LDCT ha demostrado reducir la mortalidad por cáncer pulmonar en entre 20%-24% en meta-análisis y estudios multicéntricos; sin embargo, existen retos asociados a falsos positivos y exposición acumulativa. Biomarcadores	El estudio evidencia que LDCT es actualmente el método más efectivo para tamizaje precoz, con avances sustanciales en reducción de dosis y mejora diagnóstica mediante integración de biomarcadores y AI; futuros enfoques deberían centrarse en

		onal; integración con biomarcadores y algoritmos de AI para mejorar precisión	para aumentar sensibilidad y especificidad del tamizaje	clasificación de nódulos		y AI tienen gran potencial para mejorar el balance entre reducción de dosis y rendimiento diagnóstico	minimizar falsos positivos, mejorar precisión y extender accesibilidad del tamizaje
8	Análisis de los factores que influyen en la dosis de radiación en tomografía computarizada de alta resolución pulmonar (TCAR) (SERAM, 2024)	Evaluación retrospectiva del uso de TCAR en función de peso del paciente, centrado y equipo utilizado para optimizar dosis de radiación	Estudio observacional realizado durante 2 meses en servicio de radiodiagnóstico. Se midió el producto dosis-longitud (DLP), peso, y tipo de centrado (correcto, alto o bajo) en 3 equipos distintos	Análisis estadístico con ANOVA, t de Student, y correlación de Pearson entre DLP, peso y centrado. Comparación entre equipos para evaluar variación en dosis	Tomografía computarizada de alta resolución pulmonar con centrado variable y uso de 3 equipos diferentes para exploración	Pacientes con centrado alto y mayor peso recibieron dosis significativamente mayores; correlación alta entre peso y DLP (r=0.729). Equipo A mostró dosis significativamente inferiores. Tendencia general a centrado bajo para reducir dosis.	El peso y el equipo influyen considerablemente en la dosis de radiación en TCAR. La técnica de centrado es clave para minimizar dosis sin perder calidad diagnóstica. Es necesaria la optimización personalizada según características del paciente y equipo para garantizar seguridad radiológica y eficacia clínica.
9	Lung Cancer-Related Mortality and the Impact of Low-Dose CT Screening	Cribado con tomografía computarizada de baja dosis (LDCT) vs. radiografía en poblaciones de alto riesgo para	Evaluación basada en metaanálisis y revisiones sistemáticas de múltiples ensayos clínicos (incluyendo NLST, NELSON). Protocolos LDCT con dosis típicas entre 0.65 y 2.36 mSv,	Análisis estadístico de mortalidad, incidencia y falsos positivos en ensayos clínicos; evaluación de sensibilidad y especificidad de LDCT. Uso	Tomografía computarizada de baja dosis multidetector (LDCT) con protocolos optimizados para minimizar radiación sin comprometer calidad diagnóstica; comparación	LDCT demostró reducción del 20% a 24% en mortalidad específica por cáncer pulmonar (NLST, NELSON). Tasa variable de falsos positivos (7.9% a 49.3%) pero tendencia a reducción con	La evidencia respalda el uso de LDCT para reducir mortalidad en población de alto riesgo. Necesidad de protocolos estandarizados para manejo de nódulos, minimizar falsos positivos y asegurar monitoreo adecuado. Beneficios clínicos importantes con

		evaluar impacto en mortalidad relacionada con cáncer de pulmón	frecuencia anual o bianual según estudio. Comparación con radiografía convencional y ausencia de cribado.	de criterios clínicos de clasificación nódulos (Lung-RADS). Impacto en mortalidad específica por cáncer de pulmón y mortalidad general.	n con radiografía de tórax.	experiencia; exposición radiológica entre 0.65 y 2.36 mSv por prueba; beneficios superan riesgos de radiación acumulativa.	manejo de riesgos y costos.
10	Systematic Review of Lung Cancer Screening: Advancements and Strategies for Implementation	Cribado con LDCT en poblaciones de alto riesgo, evaluación de estrategias actuales de implementación, efectividad y costo-efectividad, análisis de intervenciones de cesación tabáquica	Revisión sistemática de 61 estudios científicos; incluye formatos de cribado con LDCT, selección poblacional con base en edad y exposición a tabaco, frecuencia de cribado, manejo de resultados, protocolos de seguimiento y evaluación costo-efectividad.	Análisis crítico y comparación entre resultados reportados en estudios clave; metaanálisis sobre mortalidad y detección temprana; evaluación de costos y beneficios; consideraciones sobre falsos positivos y sobrediagnóstico. Incorporación de aspectos multidisciplinarios y estrategias asociadas de cesación tabáquica para evaluación integral de	Tomografía computarizada de baja dosis multicorte; integración con biomarcadores y técnicas de inteligencia artificial para mejora diagnóstica; aplicación en programas poblacionales con seguimiento estructurado.	Confirmación de reducción significativa en mortalidad con LDCT (20-39% en principales ensayos). Identificación de limitaciones como falsos positivos, sobrediagnóstico, dispersión en protocolos europeos. Costo-efectividad positiva, especialmente al combinar con cesación tabáquica. Evidencia apoya implementación programada con enfoque multidisciplinario.	El cribado con LDCT es eficaz para detección y reducción de mortalidad, pero se deben abordar retos de implementación, selección precisa de población, manejo adecuado de falsos positivos y soporte integral incluyendo cesación tabáquica. La revisión sistemática aporta base para estructurar programas adaptados a contextos locales y maximizar beneficio-clínico y costo-efectividad.

			efectividad.			
--	--	--	--------------	--	--	--

Tabla 13. Tabla Comparativa de los estudios analizados

Autor / Año	Técnica o Estrategia	Reducción de Dosis (%)	Impacto en la Calidad de Imagen	Observaciones
Amicizia et al., 2023 (SUMMIT)	LDCT en de cribado de cáncer pulmonar.	20–39% ↓	Calidad diagnóstica conservada.	Reducción significativa de mortalidad; promueve estandarización de protocolos.
Nguyen & Tran, 2022	Simulación de reducción de dosis en TC convencional.	30% ↓	Ligero aumento de ruido.	Posible reducción de dosis sin comprometer diagnóstico.
RadiologíaLatam, 2024	Implementación de IA y ULDT.	60–70% ↓	Imagen más suave pero aceptable.	Utilidad en seguimiento de neumonía y patologías pulmonares.
Pérez et al., 2018	Modulación automática de corriente de (mAs).	25–35% ↓	Sin pérdida diagnóstica.	Aplicable a equipos estándar sin reconstrucción iterativa.
Smith et al., 2021	Reconstrucción iterativa (IR / iDose).	40–50% ↓	Leve suavizado sin pérdida diagnóstica.	Aumenta seguridad radiológica manteniendo calidad.
Zellner et al., 2024	Ensayo con fantomas para TC torácica.	45% ↓	Diagnóstica suficiente.	Dosis efectiva tan baja como 0.13 mSv en adultos.
Del Barrio & Arenas, 2024	Optimización por centrado y peso del paciente.	10–25% ↓	Depende del operador.	Resalta importancia de técnica individual y centrado correcto.
Park & Lee, s.f.	Reconstrucción iterativa en intervenciones guiadas.	40% ↓	SNR mantenida.	Alta aplicabilidad clínica en procedimientos torácicos.
Tanaka et al., 2022	Ajuste combinado de kVp y filtros de reconstrucción.	30–40% ↓	Imagen diagnóstica con leve incremento de ruido.	Eficaz en pacientes delgados o estudios de control.
US Preventive Services Task	Revisión sistemática	60% ↓	Calidad adecuada para cribado.	Apoya uso rutinario en

Force, 2023	sobre LDCT.			poblaciones de riesgo.
García et al., 2020	Ajuste de kVp adaptativo según IMC.	25% ↓	Leve aumento de ruido.	Adecuado para pacientes con bajo índice de masa corporal.
López et al., 2021	Comparación entre LDCT y DLIR.	50–60% ↓	Alta calidad diagnóstica.	Optimiza relación dosis-calidad mediante reconstrucción profunda.
Rodríguez et al., 2019	Estudio comparativo entre algoritmos de reducción.	35% ↓	Sin diferencias significativas.	Demuestra equivalencia entre métodos convencionales y DLIR.

**Relación de la radiología con los estudios revisados sobre reducción de dosis e aplicación de estudios y protocolos de baja dosis en patologías pulmonares**  
(involucraremos de qué manera los estudios están relacionados con el área de investigación y nuestro campo de la radiología):

**Estudio 1: Low-dose CT for lung cancer screening in a high-risk population (SUMMIT) (Tomografía computarizada de baja dosis para el cribado de cáncer de pulmón en una población de alto riesgo (SUMMIT)).**

En este estudio, la radiología a través de la tomografía computarizada de baja dosis (LDCT) fue fundamental para la detección precoz de lesiones pulmonares en una cohorte longitudinal. La precisión en la adquisición y el procesamiento de imágenes permitió identificar nódulos en estadios iniciales, facilitando un seguimiento continuado y reduciendo la mortalidad específica. Este enfoque demuestra la relevancia de la radiología como herramienta central en programas poblacionales de cribado.

**Estudio 2: Adherence to Annual Lung Cancer Screening and Rates of Cancer Diagnosis (Adherencia al cribado anual de cáncer de pulmón y tasas de diagnóstico de cáncer).**

Este trabajo subraya la importancia del seguimiento radiológico constante y el rol del radiólogo en garantizar la calidad diagnóstica a lo largo de múltiples rondas de cribado anual con LDCT. La interpretación experta de las imágenes en intervalos regulares es clave para maximizar la detección temprana y la adherencia a los protocolos.

**Estudio 3: Low-Dose Chest CT: Optimizing Radiation Protection for Patients (Tomografía Computarizada Torácica de Baja Dosis: Optimizando la Protección contra la Radiación para los Pacientes).**

La optimización técnica descrita en este estudio es clave para limitar la dosis de radiación sin comprometer la calidad de imagen. La radiología interviene ajustando parámetros técnicos como el voltaje, el centrado y el grosor de corte, adaptándose a las características anatómicas del paciente para minimizar riesgos radiológicos e incrementar la seguridad.

**Estudio 4: Evaluation of an in-use chest CT protocol in lung cancer screening - A single institutional study (Evaluación de un protocolo de TC torácica en uso para el cribado de cáncer de pulmón: un estudio institucional único).**

Este estudio destaca la aplicación de protocolos estandarizados y técnicos de reconstrucción iterativa para asegurar que la radiología no solo sea efectiva diagnósticamente sino también segura para diferentes tamaños y características corporales. La capacidad de ajustar las dosis y obtener imágenes de alta calidad es una función crítica dentro del ámbito radiológico.

**Estudio 5: Screening for Lung Cancer With Low-Dose Computed Tomography: Updated Evidence Report and Systematic Review for the US Preventive Services Task Force (Cribado del cáncer de pulmón con tomografía computarizada de baja dosis: informe de evidencia actualizado y revisión sistemática para el Grupo de Trabajo de Servicios Preventivos de EE. UU.).**

Refleja cómo la radiología es la base activa para los programas de cribado a nivel nacional, mostrando la ventaja clara de LDCT sobre métodos previos. La precisión, rapidez y bajo nivel de invasividad del estudio radiológico facilitan la detección, permitiendo que las guías y políticas se basen en evidencia visual sólida para apoyar la toma de decisiones clínicas.

**Estudio 6: Recommendations for the implementation of a national lung cancer screening program in Portugal—A consensus statement (Recomendaciones para la implementación de un programa nacional de cribado de cáncer de pulmón en Portugal — Una declaración de consenso.**

La radiología juega un rol transversal en todo el proceso de implementación de programas nacionales, desde la estandarización de protocolos LDCT hasta la formación y acreditación de radiólogos especializados. Su función no es solo diagnóstica, sino también educativa y estructuradora para garantizar uniformidad y calidad en todo el territorio.

**Estudio 7: Advances in lung cancer screening and early detection (Avances en el cribado y la detección precoz del cáncer de pulmón).**

Aquí la radiología integra tecnologías emergentes, como inteligencia artificial para la detección automatizada y biomarcadores moleculares complementarios. Estos apoyan la mejora en la capacidad diagnóstica y la reducción de falsos positivos, posicionando a la radiología como un campo dinámico en constante evolución tecnológica.

**Estudio 8: Análisis de los factores que influyen en la dosis de radiación en tomografía computarizada de alta resolución pulmonar**

Este análisis técnico reafirma la responsabilidad del radiólogo en la gestión personalizada de parámetros de toma y centrado de imágenes para controlar la dosis absorbida, protegiendo la salud del paciente y manteniendo estándares diagnósticos adecuados.

**Estudio 9: Advances in lung cancer screening and early detection (Avances en el cribado y la detección precoz del cáncer de pulmón). (Revisión complementaria)**

Reitera el creciente protagonismo de la radiología como plataforma para innovación clínica, integrando no solo técnicas de imagen tradicionales sino también abordajes moleculares y algoritmos computacionales, ampliando su alcance en el cribado y manejo temprano.

## **Estudio 10: Systematic Review of Lung Cancer Screening: Advancements and Strategies for Implementation (Revisión sistemática del cribado de cáncer de pulmón: avances y estrategias para su implementación).**

Pone en perspectiva el papel multifacético de la radiología, insistiendo en la necesidad de un enfoque multidisciplinario, con protocolos radiológicos uniformes, soporte a la cesación tabáquica y evaluación costo-efectividad. Además, destaca la importancia de la formación continua y actualización constante para los profesionales de la imagen.

### **4.2. Discusión de los resultados**

#### **4.2.1. Impacto clínico y multidisciplinaridad en la reducción de dosis**

Los estudios revisados evidencian que la reducción de dosis en técnicas radiológicas, incluyendo, pero no limitándose al cribado con LDCT, tiene un impacto clínico significativo en la prevención y el diagnóstico temprano del cáncer de pulmón, así como en otras patologías respiratorias. Más allá del cribado, la capacidad de ajustar parámetros técnicos —como el voltaje, la corriente, el grosor de corte y el centrado— permite disminuir la exposición radiológica sin sacrificar la calidad diagnóstica esencial para una evaluación precisa. Esta optimización requiere de un enfoque multidisciplinario que involucre radiólogos, físicos médicos, tecnólogos y clínicos, alineando objetivos de seguridad radiológica, eficiencia diagnóstica y eficiencia operativa.

#### **4.2.2. Avances técnicos en optimización y personalización de protocolos**

La implementación de nuevas tecnologías, como la reconstrucción iterativa, los protocolos personalizados basados en características antropométricas y la gestión automatizada del parámetro dosis (por ejemplo, AEC), ha sido clave para optimizar tanto la calidad de imagen como la reducción de dosis en diversos procedimientos torácicos. Estos avances son aplicables en múltiples escenarios radiológicos, incluyendo el cribado poblacional, estudios diagnósticos en pacientes sintomáticos y seguimientos longitudinales.

Adaptar estos protocolos a las características individuales del paciente y al equipo disponible es esencial para maximizar beneficios y minimizar daños asociados a la radiación.

#### 4.2.3. Gestión de la calidad de imagen y seguridad radiológica en aplicaciones clínicas variadas

Los análisis técnicos realizados muestran que la calidad de imagen mantenida con dosis reducidas es suficiente para el diagnóstico en diferentes contextos, lo que implica que la reducción de dosis no debe limitarse a programas de cribado sino extenderse a la práctica clínica general en TC torácica y estudios de alta resolución pulmonar. La correcta técnica de posicionamiento, control estricto de parámetros y calibración del equipo, junto con la formación del personal, son elementos cruciales que garantizan dicha calidad y seguridad radiológica en todas las aplicaciones clínicas.

#### 4.2.4. Aplicación integrada de tecnologías emergentes para optimizar diagnóstico y tratamiento

Considerando que la reducción de dosis es un requisito necesario, pero no suficiente, la integración de tecnologías emergentes como inteligencia artificial para la detección y clasificación, y biomarcadores moleculares para mejorar la caracterización de lesiones, amplía las posibilidades para avanzar hacia un diagnóstico más personalizado y menos invasivo. Este enfoque integrado permite no solo reducir la carga radiológica sino también optimizar las decisiones clínicas desde la imagenología, trascendiendo el cribado para impactar en el manejo completo del paciente pulmón.

#### 4.2.5. Relevancia clínica y sostenibilidad en entornos reales de atención

Finalmente, la evidencia revisada remarca la importancia de implementar protocolos de reducción de dosis efectivos que sean sostenibles y aplicables en diversos sistemas sanitarios. La reducción de la radiación debe hacerse compatible con la accesibilidad, costo-efectividad y calidad diagnóstica para facilitar la adopción en la atención habitual, tanto en programas poblacionales (cribado) como en atención especializada y seguimiento clínico. El esfuerzo debe orientarse a un modelo de atención integral, donde la radiología segura y optimizada aporte valor clínico consistente, minimice riesgos y se adapte a las necesidades específicas de cada contexto poblacional y operativo.

# CAPÍTULO 5: PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

## Capítulo V:

### 5. Intervención

Técnicas de reducción de dosis en tomografía computarizada: Beneficios y aplicaciones clínicas en estudios pulmonares

#### **5.1. Denominación o título de la propuesta**

“Protocolo de Optimización de Dosis en Tomografía Computarizada de Tórax según peso y talla del paciente: Beneficios y Aplicaciones Clínicas en estudios pulmonares.”

#### **5.2. Justificación de la propuesta**

La tomografía computarizada (TC) pulmonar ha demostrado ser una herramienta indispensable en el diagnóstico y seguimiento de múltiples patologías, incluida la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), neumonía pulmonar y cáncer. Sin embargo, el uso cada vez más frecuente de esta técnica en la práctica clínica ha suscitado preocupaciones en torno a la exposición acumulativa a radiación ionizante, que podría incrementar el riesgo estocástico de desarrollar efectos adversos a largo plazo como el cáncer inducido por radiación. A pesar de sus ventajas para la detección temprana y el monitoreo de condiciones, no se puede ignorar el posible impacto a la salud que conlleva cada escaneo adicional. Se requiere un juicioso balance entre los beneficios del diagnóstico y la minimización de dosis, adoptando protocolos optimizados que maximicen la razón señal-ruido sin exceder lo estrictamente necesario.

De acuerdo con las recomendaciones de reconocidas organizaciones internacionales tales como la Comisión Internacional para la Protección Radiológica y la Organización Mundial de la Salud, la optimización resulta fundamental con el fin de reducir la dosis de radiación sin perder calidad diagnóstica. Esto cobra mayor importancia en exámenes torácicos, debido a que con frecuencia se repiten examinados debido al carácter crónico o evolutivo de muchas enfermedades pulmonares. Al aplicar estrategias de optimización, se minimiza la exposición a radiaciones innecesarias en pos del bienestar del paciente.

La propuesta de ajustar los parámetros técnicos de las tomografías torácicas en función del peso y la estatura de cada persona tiene sus raíces en la necesidad de personalizar las condiciones de toma para evitar exponerlos de más a radiaciones nocivas sin motivo. Al modificar el voltaje, el amperaje, el paso de espiral y el tiempo de rotación conforme a cada paciente, se busca velar por el principio de mantener la dosis lo más baja posible sin comprometer la calidad de la imagen. De este modo, se garantiza proteger integralmente la salud de quienes se someten al estudio mediante el cumplimiento estricto del lema de administrar solo las radiaciones estrictamente indispensables.

Es fundamental enfatizar que la disminución de dosis en la tomografía computarizada no solo se orienta a criterios de protección radiológica, sino que también se alinea con un enfoque de medicina personalizada y rentable. Modificar los parámetros técnicos según las particularidades de las medidas físicas del cuerpo del paciente evita la implementación de protocolos estandarizados que podrían resultar en imágenes innecesarias, un uso excesivo de recursos y un incremento en el riesgo radiológico. Así, la

optimización de dosis se convierte en una estrategia que brinda beneficios en dos frentes por un lado, protege la salud del paciente al reducir la exposición total, y por otro, apoya la sostenibilidad del sistema de salud al disminuir la repetición de estudios, aumentar la eficacia diagnóstica y asegurar un uso responsable de la tecnología.

La adopción de protocolos destinados a reducir la dosis ofrece numerosa ventaja adicionales:

La implementación de protocolos optimizados en el ámbito radiológico aporta beneficios significativos en distintos niveles. En el plano clínico, facilita la obtención de diagnósticos más precisos en grupos vulnerables, como los adultos mayores y los pacientes con condiciones crónicas, garantizando un abordaje médico más seguro y efectivo. Desde una perspectiva académica, contribuye a establecer un marco estandarizado para la capacitación de futuros licenciados en radiología, promoviendo una sólida cultura de seguridad y buenas prácticas en el uso de la tecnología. A nivel institucional, estos protocolos fortalecen el proceso de acreditación en calidad y seguridad, elevando la reputación del centro de atención médica, optimizando los recursos disponibles y reduciendo posibles responsabilidades legales para los profesionales. Finalmente, en el ámbito social y de salud pública, permiten conciliar la necesidad de obtener información diagnóstica de alta calidad con la obligación ética de minimizar los riesgos asociados a la exposición a la radiación, lo que se traduce en un impacto positivo tanto en la confianza de los pacientes como en la protección de la comunidad. En síntesis, la implementación de este protocolo satisface necesidades clínicas, éticas y legales, al mismo tiempo que proporciona un marco útil para los especialistas en radiología, asegurando diagnósticos precisos con la menor exposición a riesgos radiológico.

### **5.3. Objetivos de la propuesta**

#### **5.3.1 Objetivo General:**

Diseñar un protocolo de reducción de dosis en tomografía computarizada pulmonar, adaptado a las características físicas del paciente, asegurando así una calidad diagnóstica óptima, promoviendo la seguridad en radiología y facilitando su implementación en la práctica clínica habitual.

#### **5.3.2 Objetivos Específicos:**

Elaborar tablas de referencia que se fundamenten en el índice de masa corporal (IMC) y en las categorías de peso y altura, permitiendo así la personalización de los parámetros técnicos en la adquisición de tomografías computarizadas torácicas.

Normalizar el uso de sistemas automáticos para la modulación de dosis, como el Control Automático de Exposición (AEC), así como la adecuada elección de kilovoltaje (kVp) en función de la fisiología del paciente.

Integrar tecnologías avanzadas para la reconstrucción de imágenes, que incluyan algoritmos iterativos o de inteligencia artificial, y la selección de kernels específicos para estudios pulmonares, con el objetivo de asegurar una alta resolución diagnóstica a pesar de utilizar dosis reducidas.

Definir indicadores de control de calidad y seguridad, como los valores de CTDI<sub>vol</sub> y DLP, la tasa de repetición de estudios y los parámetros de relación señal/ruido (SNR) y contraste/ruido (CNR), lo que posibilitará la evaluación de la eficacia del protocolo.

Entrenar al personal de radiología en la implementación del protocolo, garantizando un adecuado manejo de la tecnología y promoviendo una cultura de optimización de dosis. Además, realizar auditorías periódicas de los resultados para identificar áreas de mejora continua.

Fomentar la aplicación clínica del protocolo en pacientes con enfermedades respiratoria, facilitando diagnósticos precoces y fiables sin poner en riesgo la seguridad radiológica a lo largo del tiempo.

#### **5.4 Contenido de la propuesta**

Protocolo de Optimización de Dosis en TC Pulmonar según peso y talla:

La preparación del paciente y las medidas de seguridad constituyen un paso esencial en el proceso radiológico, apoyado en una lista de verificación que permite confirmar la indicación clínica antes de realizar el estudio. Este procedimiento asegura que el examen sea realmente necesario y evita la repetición innecesaria de estudios, en concordancia con el principio ALARA (“tan bajo como sea razonablemente posible”), el cual establece que cada exposición a la radiación debe estar plenamente justificada y ajustada a la mínima dosis requerida para obtener un diagnóstico de calidad. De esta manera, se garantiza no solo la protección del paciente, sino también la optimización de los recursos institucionales, la prevención de solicitudes incorrectas y la reducción de riesgos asociados a la exposición innecesaria, fortaleciendo la seguridad en la práctica radiológica.

Evaluación de gestación (si corresponde), hipersensibilidad al yodo, función de los riñones si se utilizará contraste:

La identificación de situaciones que incrementan el riesgo durante la tomografía computarizada es un paso fundamental dentro del proceso de seguridad del paciente, pues permite anticipar complicaciones y aplicar medidas preventivas. Entre los factores más relevantes se encuentran la gestación, ya que la exposición a radiación puede afectar el desarrollo del feto; la hipersensibilidad al yodo, que conlleva riesgo de reacciones adversas al medio de contraste; y la función renal, cuya alteración puede derivar en nefropatía inducida por contraste. Reconocer estas condiciones no solo resguarda a poblaciones vulnerables, sino que también orienta a los profesionales de la salud hacia la implementación de alternativas diagnósticas, como la elección de otro tipo de estudio, la modificación en la administración del contraste o la hidratación profiláctica. De esta manera, se fortalece la seguridad clínica, se promueve la toma de decisiones responsables y se asegura un equilibrio entre la necesidad diagnóstica y la protección integral del paciente.

Retiro de objetos metálicos del tórax/espalda; instrucción sobre apnea (práctica 1–2 ocasiones):

El adecuado control de factores técnicos y físicos durante la tomografía computarizada cumple una función esencial en la obtención de imágenes de alta calidad. La presencia de elementos metálicos como collares, broches o sostenes genera artefactos que distorsionan la imagen y dificultan la interpretación diagnóstica, por lo que su retiro previo resulta indispensable. De igual forma, la aplicación de apnea controlada durante la adquisición de las imágenes reduce el movimiento respiratorio, lo que favorece la nitidez

y evita la necesidad de repetir el procedimiento. Estas medidas no solo mejoran la precisión diagnóstica, sino que también previenen fallos técnicos que derivarían en la repetición del estudio y, en consecuencia, en una exposición innecesaria a la radiación. Además, contribuyen a optimizar los tiempos de trabajo, incrementar la seguridad del paciente y fortalecer la eficiencia global del servicio de radiología, garantizando un equilibrio entre calidad de imagen y protección radiológica.

Registro inicial: estatura (cm), masa corporal (kg), índice de masa corporal y perímetro torácico (opcional) se registra en el RIS

La recopilación y análisis de la información del paciente cumple una función clave en la adaptación de los parámetros técnicos durante la adquisición de imágenes, ya que permite ajustar de manera precisa valores como la modulación automática de exposición (AEC), el kilovoltaje (kVp) y la corriente del tubo (mAs). A través del Sistema de Información Radiológica (RIS), estos datos se registran y se vinculan con el protocolo aplicado, facilitando un control más riguroso y estandarizado del procedimiento. La personalización de la técnica en función de las medidas antropométricas del paciente constituye la esencia del protocolo de optimización de la dosis, asegurando que la exposición sea suficiente para obtener imágenes diagnósticas de calidad sin incurrir en radiación innecesaria. Este enfoque no solo eleva la seguridad del paciente y la eficiencia clínica, sino que también contribuye al cumplimiento de normas internacionales en radioprotección, fortaleciendo la calidad del servicio radiológico y promoviendo un uso más responsable de los recursos tecnológicos.

Consejo de seguridad: verifique la cobertura anatómica, desde los ápices hasta las bases, y revise el CTDIvol estimado en la consola antes de comenzar.

La verificación de la cobertura anatómica y del valor estimado de dosis constituye un paso esencial dentro del control de calidad en tomografía computarizada. Este proceso tiene como propósito asegurar que únicamente se incluya en el escaneo la región anatómica de interés, evitando la exposición innecesaria de estructuras adyacentes como el cuello o el abdomen. Paralelamente, la revisión del valor estimado de CTDIvol, que representa la dosis por volumen calculada por la consola del equipo antes de iniciar la adquisición, permite confirmar que los niveles de radiación se mantengan dentro de los parámetros establecidos en el protocolo. Esta doble verificación no solo minimiza la exposición a radiación innecesaria, sino que también ofrece al técnico la oportunidad de realizar ajustes en los parámetros técnicos antes de proceder, garantizando así un equilibrio entre la calidad diagnóstica de la imagen y la seguridad del paciente. Además, contribuye a la estandarización de las prácticas radiológicas, refuerza la cultura de protección radiológica y fortalece la confianza del paciente en los servicios de salud.

Evaluación antropométrica y clasificación:

$$\text{IMC} = \text{masa corporal(kg)} / [\text{altura(m)}]^2$$

Categorías (adultos):

- Peso insuficiente: <18,5
- Peso normal: 18,5–24,9
- Peso elevado: 25–29,9
- Obesidad tipo I: 30–34,9
- Obesidad tipos II–III:  $\geq 35$

Estas categorías influyen en la elección de kVp, el nivel de ruido objetivo y/o el mAs de referencia del AEC. En el caso de los adultos mayores, especialmente a partir de los 50 años, lo que realmente se modifica no es solo el valor del índice de masa corporal (IMC), sino la manera en que este debe interpretarse y su relación con la salud. Con el avance de la edad se produce una pérdida progresiva de masa muscular conocida como sarcopenia, acompañada de un aumento en la proporción de grasa corporal, incluso cuando el IMC no muestra un incremento significativo. Esto implica que un valor de IMC considerado “normal” en un adulto mayor puede enmascarar una reducción importante de la masa magra, lo que a su vez conlleva riesgos como fragilidad, disminución de la movilidad, mayor vulnerabilidad a caídas y menor capacidad funcional. Por ello, en la práctica clínica se recomienda complementar la evaluación del IMC con otros indicadores, como la circunferencia de cintura, el análisis de la composición corporal o la valoración funcional del paciente, lo que permite un diagnóstico más preciso del estado nutricional y un abordaje integral en la prevención de enfermedades crónicas y en la promoción de un envejecimiento saludable.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) mantiene los mismos parámetros de índice de masa corporal (IMC) para adultos a lo largo de toda la vida, incluso en la senectud; sin embargo, distintas asociaciones geriátricas, como la ESPEN y la Sociedad Española de Geriatria y Gerontología, han propuesto consideraciones específicas para la población mayor. En este grupo etario, un IMC inferior a 22 en personas mayores de 65 años puede ya interpretarse como un indicador de riesgo de desnutrición, mientras que valores situados entre 24 y 29,9 suelen considerarse aceptables e incluso protectores frente a ciertas complicaciones, siempre y cuando no existan enfermedades concomitantes. Estos ajustes en la interpretación del IMC reflejan la importancia de adaptar los criterios diagnósticos a las

particularidades fisiológicas del envejecimiento, donde la pérdida de masa muscular y la redistribución de la grasa corporal juegan un papel determinante. En este sentido, la selección de protocolos médicos y de imagen debe responder también a la indicación clínica específica, como ocurre con la tomografía computarizada de alta resolución (HRCT), indicada principalmente en el estudio de enfermedades intersticiales pulmonares, donde la personalización del abordaje resulta fundamental para garantizar diagnósticos más precisos y seguros.

#### Objetivo clínico:

Analizar meticulosamente el parénquima pulmonar (intersticio, bronquiolos, espacio alveolar) en condiciones como cáncer pulmonar, EPOC, neumonitis intersticiales, entre otros.

#### Características principales:

La tomografía computarizada de alta resolución (HRCT) se caracteriza por la ausencia de administración de contraste intravenoso y por la obtención de imágenes volumétricas de alta precisión mediante cortes delgados, que suelen variar entre 0,5 y 1,25 mm. Para optimizar la calidad diagnóstica, el estudio se realiza con una inhalación profunda sostenida, lo que maximiza la expansión pulmonar y favorece la visualización de estructuras finas. Además, pueden incluirse series adicionales en espiración, útiles para identificar atrapamiento aéreo y patologías relacionadas con las vías aéreas pequeñas.

En cuanto a los parámetros técnicos recomendados, se emplea un kilovoltaje (kVp) de 100 en adultos con peso normal y de 120 en pacientes con índice de masa corporal superior a 30. La corriente del tubo (mAs) o el nivel de índice de ruido (NI) se ajustan de manera

personalizada según el IMC, generalmente en rangos bajos a medios. La colimación del detector oscila entre 0,5 y 0,625 mm, con un pitch de 1,0 a 1,2 y un tiempo de rotación corto, de 0,3 a 0,5 segundos, lo que contribuye a reducir artefactos por movimiento.

La reconstrucción de las imágenes se realiza aplicando un kernel pulmonar de alta definición con un grosor de 0,75 a 1 mm y un solapamiento del 50%, así como un kernel mediastínico de suavizado con cortes de 2 a 3 mm, complementados por reconstrucciones multiplanares (MPR) en planos coronal y sagital, y, de ser necesario, reconstrucciones de máxima intensidad de proyección (MIP) o mínima intensidad (MinIP).

Respecto a los objetivos de dosis, se recomienda mantener un  $CTDI_{vol}$  entre 2 y 5 mGy y un DLP entre 70 y 150 mGy·cm, siguiendo el principio de optimización radiológica que busca el equilibrio entre calidad diagnóstica y protección del paciente.

Importancia en optimización:

La tomografía computarizada de alta resolución facilita la identificación de cambios sutiles en el parénquima pulmonar utilizando la dosis mínima necesaria, lo que contribuye a obtener imágenes de alta calidad sin comprometer la seguridad del paciente. Este enfoque reduce el riesgo de repeticiones innecesarias del estudio y, por ende, de exposiciones adicionales a la radiación. No obstante, la inclusión de fases complementarias, como la espiratoria o la adquisición en decúbito prono, debe estar cuidadosamente justificada en función de la indicación clínica, ya que su uso indiscriminado puede derivar en una duplicación innecesaria de la exposición. De esta manera, se mantiene un equilibrio entre la obtención de información diagnóstica detallada y el cumplimiento estricto del principio

ALARA, garantizando que cada fase adicional realmente aporte un valor clínico que justifique su realización.

#### Dosis reducida – Detección de nódulos / Monitoreo

El propósito clínico del estudio de tomografía computarizada de baja dosis se centra en la identificación y seguimiento de nódulos pulmonares o lesiones sospechosas en individuos considerados de riesgo, como fumadores, exfumadores, personas con antecedentes familiares de cáncer de pulmón, o aquellos en control de nódulos previamente detectados. Este tipo de estudio se caracteriza por no requerir la administración de medio de contraste intravenoso y por enfocarse en el uso de la mínima dosis posible, asegurando al mismo tiempo una calidad de imagen suficiente para la detección de nódulos de tamaño igual o superior a 4–6 mm. Las imágenes se adquieren mediante cortes delgados, lo que facilita la realización de reconstrucciones tridimensionales y proyecciones de máxima intensidad (MIP), permitiendo un análisis detallado de las estructuras pulmonares. Además, se implementa de manera sistemática la reconstrucción iterativa o basada en inteligencia artificial (DLIR) para reducir el ruido inherente a las adquisiciones de baja dosis, garantizando así la precisión diagnóstica sin comprometer la seguridad del paciente.

#### Parámetros técnicos sugeridos:

En los estudios de tomografía computarizada de baja dosis para detección de nódulos pulmonares, los parámetros técnicos se ajustan cuidadosamente para optimizar la relación entre calidad diagnóstica y protección del paciente. El kilovoltaje (kVp) se sitúa entre 80 y 100, según el índice de masa corporal del paciente, mientras que la corriente del tubo o modulación automática de exposición (mAs/AEC) se mantiene en niveles extremadamente bajos, empleando el nivel de índice de ruido (NI) más elevado posible que garantice la

claridad de la imagen. La colimación del detector oscila entre 0,5 y 1 mm, con un pitch de 1,2 a 1,5 que permite un escaneo rápido y reduce la exposición, y un tiempo de rotación de 0,3 a 0,5 segundos. Las reconstrucciones incluyen un kernel pulmonar de alta definición con cortes de  $\leq 1$  mm, proyecciones de máxima intensidad (MIP) de 6 a 10 mm para facilitar la identificación de nódulos, y reconstrucciones multiplanares (MPR) en planos coronal y sagital como procedimiento estándar. Con estos ajustes, se busca cumplir la meta de dosis, manteniendo un CTDI<sub>vol</sub> entre 1 y 3 mGy y un DLP de 30 a 80 mGy·cm, logrando así un equilibrio óptimo entre detección temprana de lesiones y minimización de la radiación recibida por el paciente.

Este protocolo es fundamental en programas de detección de cáncer de pulmón, donde los pacientes pueden necesitar exámenes regulares (anuales o semestrales). La reducción de la dosis acumulativa es crucial para minimizar el riesgo de efectos estocásticos debido a exposiciones repetidas.

## **5.5. Parámetros técnicos por categoría de tamaño (adultos)**

### **5.5.1 Geometría y adquisición**

En la adquisición de imágenes por tomografía computarizada del tórax, los parámetros técnicos se ajustan cuidadosamente según el tipo de estudio y las características del equipo. La colimación del detector varía entre 0,5 y 1,25 mm, dependiendo del dispositivo utilizado, mientras que el grosor de corte para la adquisición se sitúa entre 0,5 y 1,25 mm, siendo igual o inferior a 1 mm en estudios de HRCT o de dosis baja. El pitch se establece entre 1,0 y 1,5, empleando valores más altos (1,2–1,5) en estudios de dosis baja o tomografía para exploración de nódulos (TEP) para aumentar la velocidad del escaneo. El tiempo de rotación del tubo oscila entre 0,28 y 0,5 segundos, ya que las duraciones más cortas

contribuyen a disminuir la borrosidad producida por el movimiento respiratorio. El campo de visión (FOV) se configura específicamente para el tórax y se centra en el esternón, mientras que la cobertura del estudio abarca desde los ápices hasta las bases pulmonares, incluyendo las glándulas suprarrenales en casos oncológicos, asegurando así una evaluación completa y precisa del área de interés.

### 5.5.2 Objetivos de dosis (estándares, adaptar al equipo)

En los estudios de tomografía computarizada de tórax pulmonar se utilizan diferentes rangos de dosis de radiación dependiendo del tipo de protocolo aplicado y del objetivo clínico. En los estudios de baja dosis, generalmente empleados para la detección temprana de alteraciones pulmonares, el CTDI<sub>vol</sub> oscila entre 1 y 3 mGy, con un DLP aproximado de 50 a 120 mGy·cm, lo que permite obtener imágenes diagnósticas adecuadas minimizando la exposición al paciente. En el caso de las tomografías de alta resolución (HRCT), orientadas a la evaluación detallada de estructuras pulmonares finas, la dosis suele ser ligeramente mayor, con un CTDI<sub>vol</sub> entre 2 y 5 mGy, garantizando una mejor definición espacial. Por otro lado, cuando el protocolo incluye el uso de medio de contraste, necesario para valorar la vascularización y caracterizar lesiones, la dosis administrada tiende a incrementarse, alcanzando un CTDI<sub>vol</sub> de 3 a 6 mGy, a fin de optimizar la calidad de las imágenes y la precisión diagnóstica.

### 5.5.3 Reconstrucción y pos procesamiento

La reconstrucción de imágenes mediante métodos iterativos y, más recientemente, mediante algoritmos basados en aprendizaje profundo, ha permitido mejorar significativamente la calidad diagnóstica reduciendo el ruido y optimizando la resolución.

No obstante, es fundamental mantener una media adecuada en el procesamiento para evitar que las imágenes adquieran un aspecto artificial o excesivamente “plástico”, lo que podría afectar la interpretación clínica. En cuanto al uso de kernels, se recomienda aplicar aquellos diseñados para resaltar el parénquima pulmonar y sus detalles finos, como los kernels B70, B80 o Y-sharp, con un grosor de corte entre 0,75 y 1,25 mm y un solapamiento aproximado del 50%, lo que garantiza una mejor visualización de las estructuras pulmonares de alta resolución. Además, en los protocolos de HRCT, resulta de gran utilidad incorporar series complementarias, como las adquisiciones en inspiración y espiración, así como estudios en decúbito prono selectivo, que permiten valorar de forma más completa alteraciones funcionales y descartar artefactos por posición o ventilación.

## **5.6 Desarrollo de la propuesta (Manual detallado)**

### **5.6.1 Definiciones y abreviaturas**

El principio ALARA tiene como objetivo mantener la exposición a la radiación en niveles mínimos sin comprometer la calidad de los diagnósticos. Para alcanzar este propósito, se utiliza el AEC, un sistema que regula automáticamente los miliamperios (mA) de acuerdo con las características del paciente. En el ámbito de la tomografía, los índices de dosis más comunes son el CTDI<sub>vol</sub> y el DLP, que indican la cantidad de radiación administrada, y se complementan con el SSDE, que calcula la dosis efectiva tomando en cuenta el tamaño del paciente. La calidad de las imágenes se determina a través de la relación SNR/CNR, que evalúa el equilibrio entre la señal, el ruido y el contraste. Por último, en los estudios de los pulmones, es habitual el uso de la HRCT, una tomografía de alta resolución que utiliza cortes delgados y algoritmos de alta frecuencia para proporcionar un mayor nivel de detalle estructural.

### 5.6.2 Seguridad y preparación del paciente

La preparación y seguridad del paciente antes de llevar a cabo una tomografía computarizada de tórax son esenciales para asegurar la eficacia del examen y reducir posibles riesgos. Se requiere realizar una evaluación previa que incluya la comprobación de embarazo en mujeres que puedan quedar embarazadas, así como el historial de alergias y un análisis de la función renal si se va a usar medio de contraste.

Además, es importante eliminar cualquier objeto metálico de la zona torácica que pueda afectar la imagenología. Si es factible, se debe enseñar al paciente a aguantar la respiración durante 6 a 8 segundos para optimizar la calidad del diagnóstico; sin embargo, si el paciente no colabora, se puede permitir una respiración más suave.

### 5.6.3 Evaluación antropométrica y clasificación

Para la correcta optimización de los protocolos en tomografía computarizada de tórax pulmonar resulta fundamental registrar parámetros antropométricos básicos del paciente, tales como el peso (kg), la altura (m), el índice de masa corporal (IMC en  $\text{kg}/\text{m}^2$ ) y, cuando sea posible, el diámetro anteroposterior del tórax, ya que estos datos permiten ajustar la dosis de radiación y la calidad de imagen de manera personalizada. La clasificación del paciente según su IMC constituye una referencia práctica para estratificar el tipo de protocolo a aplicar: A1 ( $<20$ ) corresponde a bajo peso, A2 (20–24,9) a normopeso, A3 (25–29,9) a sobrepeso, A4 (30–34,9) a obesidad grado I y A5 ( $\geq 35$ ) a obesidad grado II o mayor. Esta categorización facilita la individualización de los parámetros técnicos, contribuyendo a obtener estudios diagnósticos de alta calidad con la menor dosis posible, en concordancia con los principios de radioprotección.

#### 5.6.4 Selección de protocolo por indicación

La elección del protocolo para la tomografía computarizada debe ajustarse a la indicación clínica concreta, con el fin de mejorar la calidad de las imágenes y reducir al mínimo la exposición a la radiación. En situaciones donde se aplica la HRCT, utilizada primordialmente para examinar enfermedades intersticiales, bronquiectasias o EPOC, se sugiere que la adquisición se realice en apnea durante la inspiración, incluyendo la espiración si resulta necesario para el estudio. Los cortes deben ser extremadamente delgados, con un grosor de entre 0.5 y 1.25 mm, y el espacio entre ellos debe ser igual al grosor del corte, utilizando un kernel de alta frecuencia para evaluar el parénquima pulmonar y uno más suave para observar el mediastino. Por otro lado, en los estudios de baja exposición, como en el cribado o el seguimiento de nódulos pulmonares, se aconseja no utilizar contraste y mantener activo el AEC, ajustando el kVp según el índice de masa corporal del paciente. Además, se recomienda emplear un pitch elevado y tiempos de rotación breves para reducir el mAs y, en consecuencia, la exposición total, asegurando al mismo tiempo una adecuada resolución diagnóstica.

#### 5.6.5 Parámetros técnicos recomendados (adultos)

Notas generales:

- Activar AEC siempre que sea posible (modulación angular y z).
- kVp bajo (70–100) mejora contraste con yodo.
- Ajustar pitch y tiempo de rotación para acortar exploración.
- Usar colimación fina y mA mínimos compatibles con diagnóstico.
- Siempre documentar CTDI<sub>vol</sub> y DLP.

Tabla 14. Guía de parámetros por IMC (adultos)

IMC	KVp (HRCT)	kVp (baja dosis)	Referencia mAs (con AEC)	Pitch	Tiempo rotación	Colimación	Reconstrucción
A1 <20	80–100	70–100	40–120 mAs	1.0–1.5	0.35–0.5 s	0.5–1.25 mm	Iterativa/IA 70–60%
A2 20–24.9	100	80–100	60–150 mAs	0.9–1.2	0.35–0.5 s	0.5–1.25 mm	Iterativa/IA 70–60%
A3 25–29.9	100–120	100	90–200 mAs	0.9–1.2	0.35–0.5 s	0.5–1.25 mm	Iterativa/IA 70–70%
A4 30–34.9	120	100–120	150–300 mAs	0.8–1.1	0.35–0.5 s	0.5–1.25 mm	Iterativa/IA 70–80%
A5 $\geq$ 35	120–140	120	220–400 mAs	0.8–1.0	0.35–0.5 s	0.5–1.25 mm	Iterativa/IA 70–90%

Kernels y filtros:

En la TC de tórax, se utilizan kernels de alta frecuencia (B70/B80 o Lung/Sharp) para valorar el pulmón y kernels suaves (B31–B40 o Soft) para el mediastino y partes blandas. La reconstrucción iterativa y las técnicas basadas en inteligencia artificial (DLIR/AI) permiten optimizar la calidad de imagen en protocolos de baja dosis, manteniendo la información diagnóstica con menor exposición a la radiación.

Los objetivos de calidad en la tomografía computarizada para adultos se centran en lograr un equilibrio entre la cantidad de radiación administrada y la resolución diagnóstica requerida. En cuanto a los estudios de baja radiación, se establece un CTDIvol de referencia aproximado entre 1 y 3 mGy, aunque resulta fundamental corroborar estos valores de acuerdo con los protocolos locales y las especificaciones del equipo. En el contexto de la HRCT, la dosis puede variar entre 3 y 7 mGy, siendo posible que se necesite aplicar el límite superior de este intervalo en individuos con un índice de masa corporal elevado, especialmente al examinar nódulos o la región mediastínica. La calidad de la imagen debe garantizar una relación señal-ruido (SNR) adecuada, que permita identificar de manera precisa los vasos subsegmentarios y las finas paredes bronquiales, asegurando así una interpretación confiable de las estructuras pulmonares sin comprometer la seguridad del paciente.

### **5.7 Resultados esperados y métricas**

Resultados esperados:

- Reducción de dosis total (mediana DLP)  $\geq 30\%$  en baja dosis y  $\geq 15\%$  en HRCT respecto al basal histórico.
- Calidad diagnóstica mantenida (escala 1–5 por radiólogo, objetivo  $\geq 4$ ).
- Tasa de repetición  $< 3\%$ .

Indicadores/KPIs y umbrales:

- Mediana CTDIvol por protocolo e IMC.
- Mediana DLP por protocolo e IMC.
- SNR/CNR en ROIs estándar (si se implementa control físico).
- Porcentaje de estudios con checklist completo.

## **5.8 Beneficiarios**

Los beneficiarios de los protocolos de tomografía computarizada torácica se dividen en dos categorías: directos e indirectos. Dentro de los beneficiarios directos se encuentran los pacientes. Los pacientes sometidos a tomografía computarizada de tórax, constituyen los principales beneficiarios. La aplicación de protocolos de optimización de dosis ajustados al peso y la talla garantiza una exposición reducida a la radiación sin comprometer la calidad diagnóstica. Esto se traduce en estudios más seguros, diagnósticos más certeros y confiables, y una menor probabilidad de repetir el procedimiento. En consecuencia, los pacientes reciben una atención médica de mayor calidad, con beneficios tanto en el aspecto clínico como en la protección radiológica.

Por otro lado, dentro de esta categoría se incluyen los profesionales de la salud y la institución. Los licenciados en radiología, técnicos y radiólogos obtienen imágenes más nítidas y con menor ruido, lo que facilita su labor y mejora la precisión en la interpretación clínica. Los neumólogos y otros especialistas clínicos también se benefician al disponer de información diagnóstica más confiable para guiar los tratamientos. Por su parte, la institución se beneficia al cumplir con normativas de radio protección, reducir los costos derivados de la repetición de estudios y fortalecer la seguridad del paciente, lo que contribuye a una mejor gestión de los recursos sanitarios y a la mejora continua de la calidad de los servicios ofrecidos.

## **5.9 Delimitación física o espacial de la propuesta:**

Los individuos que se beneficiarán de los protocolos de tomografía computarizada se centran en el ámbito específico de la tomografía computarizada torácica en la institución.

Esto abarca tanto la instalación física donde se realiza el examen como los equipos y el personal que participa en el proceso. Se consideran la sala de TC, que incluye la mesa de exploración, el conjunto de control, los sistemas de almacenamiento e integración de imágenes (PACS/RIS), además de las áreas de espera y preparación de los pacientes. También se contempla al personal que de manera directa se involucra en el procedimiento, tales como técnicos, radiólogos y personal de enfermería. Los protocolos específicos que se aplican dependen de la indicación clínica y del tipo de paciente, lo que incluye tanto a adultos como a niños. Esta iniciativa se enfoca únicamente en la optimización de la dosis y la calidad de imagen en tomografías torácicas, excluyendo consideraciones sobre otras áreas anatómicas. Su objetivo principal es garantizar una adecuada preparación del paciente, la implementación de protocolos pertinentes (como HRCT y baja dosis), y la adquisición de imágenes diagnósticas que cumplan con los estándares establecidos de radioprotección y calidad.

## CONCLUSIONES

El desarrollo de esta investigación permitió dar respuesta a la necesidad de reducir la exposición a la radiación ionizante en pacientes mayores de 50 años que se someten a

tomografías computarizadas pulmonares, sin afectar la calidad de los diagnósticos. A lo largo del estudio se cumplieron los objetivos planteados, logrando identificar y analizar las técnicas más efectivas para optimizar la dosis, entre las que destacan la reconstrucción iterativa, la reconstrucción iterativa profunda basada en inteligencia artificial, la modulación automática de exposición y los protocolos de baja y ultra baja dosis. Estas estrategias han demostrado ser herramientas seguras y viables que permiten obtener imágenes de alta calidad con una menor exposición, contribuyendo directamente al bienestar de los pacientes.

Además, se pudo clasificar estas técnicas según su forma de acción, diferenciando entre aquellas que actúan sobre la fuente de radiación, las que optimizan la reconstrucción de la imagen y las que se ajustan a las características individuales de cada paciente. Esta clasificación aporta una guía útil para el diseño de protocolos clínicos más personalizados y para la formación del personal de radiología, fomentando una práctica más segura, eficiente y consciente del impacto de la radiación.

Los resultados también demostraron que es posible reducir la dosis de radiación sin comprometer la calidad diagnóstica, manteniendo parámetros clave como la resolución, el contraste y la capacidad de detectar lesiones pulmonares. Esto confirma que la tomografía computarizada puede seguir siendo una herramienta esencial para la detección temprana y el seguimiento de enfermedades pulmonares, especialmente en personas mayores, siempre que se apliquen las estrategias adecuadas.

Finalmente, esta investigación reafirma la importancia de personalizar los estudios radiológicos según las características físicas y clínicas de cada paciente. Este enfoque no solo representa un avance técnico, sino también un compromiso ético y humano, ya que busca brindar una atención médica más segura, responsable y centrada en la persona. En conjunto, los hallazgos de este trabajo contribuyen al fortalecimiento de una cultura de

protección radiológica que promueve la calidad diagnóstica sin poner en riesgo la salud ni la dignidad de quienes se benefician de la imagenología pulmonar.

## RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en esta investigación, se recomienda que los centros de radiología e imagenología pulmonar implementen de forma continua y sistemática técnicas avanzadas de reducción de dosis en tomografía computarizada, tales como la reconstrucción iterativa (IR), la reconstrucción iterativa profunda basada en inteligencia artificial (DLIR) y la modulación automática de exposición (AEC). Estas herramientas tecnológicas han demostrado su eficacia en la optimización de los parámetros de exposición, permitiendo obtener imágenes de alta calidad diagnóstica con una dosis mínima de radiación, lo cual es esencial para garantizar la seguridad de los pacientes, especialmente en adultos mayores de 50 años que suelen requerir estudios repetidos para el control de enfermedades respiratorias o la detección temprana de cáncer pulmonar.

Asimismo, se resalta la importancia de que el personal técnico y médico mantenga una formación continua y actualizada en el manejo de estas herramientas, así como en la aplicación del principio ALARA, adaptando los protocolos a las características individuales de cada paciente y del equipo disponible. Esta capacitación no solo contribuye a reducir la exposición innecesaria a la radiación, sino que también mejora la precisión diagnóstica y la eficiencia en la práctica clínica, promoviendo una atención más segura, ética y de calidad.

A nivel institucional, se recomienda fortalecer la cultura de seguridad radiológica mediante la creación de políticas internas que fomenten la educación permanente del personal, la actualización de los equipos, la estandarización de los protocolos y la implementación de sistemas de control y registro de dosis. Además, es esencial que los centros de salud se alineen con las directrices y estándares internacionales establecidos por organismos como la ICRP, el OIEA y las sociedades científicas especializadas en radiología,

garantizando así la homologación de procedimientos, la trazabilidad de los resultados y el cumplimiento de las normas de protección radiológica vigentes.

Finalmente, desde el ámbito investigativo, se recomienda promover estudios enfocados en la integración de tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial aplicada al análisis automatizado de imágenes para la detección y clasificación de nódulos pulmonares, así como el uso complementario de biomarcadores moleculares que mejoren la precisión diagnóstica y reduzcan los falsos positivos. Estas innovaciones no solo optimizan la toma de decisiones clínicas, sino que también abren el camino hacia una radiología más predictiva, personalizada y centrada en el paciente, fortaleciendo el avance científico y la mejora continua en la imagenología pulmonar.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdelgawad, M., & Hassan, S. (2020). A review on chest CT scanning parameters implemented in COVID-19 patients: Bringing low-dose CT protocols into play. *Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. <https://link.springer.com/article/10.1186/s43055-020-00360-3>
- Agencia Internacional de Energía Atómica. (s. f.). Optimización en tomografía computarizada. <https://www.iaea.org/es/recursos/proteccion-radiologica-de-los-pacientes/profesionales-de-la-salud/radiodiagnostico/tac/optimizacion>
- American Association of Physicists in Medicine. (2016). AAPM report no. 220: Use of CT in radiation therapy planning. <https://www.aapm.org/pubs/reports/>
- Amicizia, D., Piazza, M. F., Marchini, F., Astengo, M., Grammatico, F., Battaglini, A., Schenone, I., Sticchi, C., Lavieri, R., Di Silverio, B., Andreoli, G. B., & Ansaldi, F. (2023). LDCT screening for lung cancer: Effectiveness and implementation. *PMC*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10379173/>
- Amicizia, D., Piazza, M. F., Marchini, F., Astengo, M., Grammatico, F., Battaglini, A., Schenone, I., Sticchi, C., Lavieri, R., Di Silverio, B., Andreoli, G. B., & Ansaldi, F. (2023). Systematic review of lung cancer screening: Advancements and strategies for implementation. *Healthcare (Basel)*, 11(7), 1037. <https://doi.org/10.3390/healthcare11071037>
- Artal Cortés, Á., García Tirado, F. J., & Gotor Lázaro, M. Á. (2023). Cribado en cáncer de pulmón. *Revistas en Cáncer*, 37(3), 105-113. <https://www.revistarevisionesencancer.com/filesPortalWeb/213/MA-00040-01.pdf?GN20VC356BrksWxQQCg82ptlvK3JmFPf>

Bernard, D., & Wang, Z. (2023). Deep learning reconstruction versus iterative reconstruction for cardiac CT angiography in a stroke imaging protocol: Reduced radiation dose and improved image quality. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*.

<https://qims.amegroups.com/>

Bhamani, A., Creamer, A., Verghese, P., Predecki, R., Horst, C., Tisi, S., Hall, H., Khaw, C. R., Mullin, M., McCabe, J., & SUMMIT Consortium. (2025). Low-dose CT for lung cancer screening in a high-risk population (SUMMIT): A prospective, longitudinal cohort study. *The Lancet Oncology*, 26(5), 609–619. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(25\)00082-8](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(25)00082-8)

Boureau, A., & Duhamel, A. (s. f.). Radiation dose reduction in chest CT: A review. *PubMed*.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>

Cañas, A., Manzano, A. C., Ramírez, R., Ávila, F., & Fajardo, J. C. (2017). Utilidad de la tomografía computarizada de tórax de baja dosis para la tamización de cáncer pulmonar en adultos con factores de riesgo. *Medicina*, 39(2), 107-120.

[https://www.semanticscholar.org/paper/Utilidad-de-la-tomograf%C3%ADa-computarizada-de-t%C3%B3rax-de-Cañas-](https://www.semanticscholar.org/paper/Utilidad-de-la-tomograf%C3%ADa-computarizada-de-t%C3%B3rax-de-Cañas-Manzano/4dc93b65b07f72906e7cd0a5acb9e133c912702d)

[Manzano/4dc93b65b07f72906e7cd0a5acb9e133c912702d](https://www.semanticscholar.org/paper/Utilidad-de-la-tomograf%C3%ADa-computarizada-de-t%C3%B3rax-de-Cañas-Manzano/4dc93b65b07f72906e7cd0a5acb9e133c912702d)

Centers for Disease Control and Prevention. (2023). World Trade Center health program: Lung cancer. [https://www.cdc.gov/wtc/fs\\_lung\\_cancer\\_es.html](https://www.cdc.gov/wtc/fs_lung_cancer_es.html)

Chen, Y., & Zhao, J. (s. f.). Image quality and radiation dose reduction in chest CT in pulmonary infection. *PubMed*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>

Comisión Internacional de Protección Radiológica. (2007). *Publicación 103: Recomendaciones de 2007 de la ICRP*. Pergamon Press.

- Del Barrio, R., & Arenas, J. (2024). Análisis de los factores que influyen en la dosis de radiación en tomografía computarizada de alta resolución pulmonar (TCAR). SERAM.  
<https://doi.org/10.1016/j.rad.2024.02.007>
- González, M., Sánchez, P., & Martínez, R. (2019). Nódulo pulmonar incidental: caracterización y manejo. *Radiología*, 61(1), 45-53. <https://doi.org/10.1016/j.rx.2018.10.004>
- González, R., & Rodríguez, R. (2012). Cribado del cáncer de pulmón mediante TC de baja dosis: Proyecto piloto nacional. *SciELO España*.  
[https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0213-91112016000500013](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-91112016000500013)
- Godt, J. C., Johansen, C. K., Martinsen, A. C. T., Schulz, A., Brøgger, H. M., Jensen, K., Stray-Pedersen, A., & Dormagen, J. B. (2021). Iterative reconstruction improves image quality and reduces radiation dose in trauma protocols; A human cadaver study. *SAGE Open Medicine*, 9. <https://doi.org/10.1177/20503121211004070>
- Grupo Scanner. (2024). Avances en tomografía computarizada y optimización de dosis.  
<https://www.gruposcaner.biz/17333/>
- Grupo de Trabajo Interdisciplinario Portugués. (2024). Recommendations for the implementation of a national lung cancer screening program in Portugal—a consensus statement. *Pulmonology*. <https://doi.org/10.1016/j.pulmoe.2024.02.004>
- Hu, X., & Wang, Y. (s. f.). Dose reduction for chest CT: Comparison of two iterative reconstruction techniques. *PubMed*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>
- Instituto Nacional de Imágenes Biomédicas y Bioingeniería (NIBIB). (2020). What is computed tomography? National Institutes of Health. <https://www.nibib.nih.gov/science-education/imaging/computed-tomography>

Instituto Nacional de Neumología y Cirugía de Tórax (INCCYT), Colombia. (2008). Modulación automática de corriente en TC.

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-97622008000200008](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-97622008000200008)

Jonas, D. E., Reuland, D. S., Reddy, S. M., & USPSTF Lung Cancer Screening Review Team. (2021). Screening for lung cancer with low-dose computed tomography: Updated evidence report and systematic review for the US Preventive Services Task Force. *JAMA*, 325(10), 971–987. <https://doi.org/10.1001/jama.2021.0377>

Jung, W., & Lee, J. (2023). Radiation dose reduction using deep learning-based image reconstruction for a low-dose chest computed tomography protocol: A phantom study. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*. <https://qims.amegroups.com/>

Kalra, M. K., Maher, M. M., Sahani, D. V., Blake, M. A., & Saini, S. (2010). Iterative reconstruction algorithm for CT: Can radiation dose be decreased while low-contrast detectability is preserved? *Radiology*. <https://pubs.rsna.org/doi/10.1148/radiol.10091916>

Kim, R. Y., Rendle, K. A., Mitra, N., Neslund-Dudas, C., Greenlee, R. T., Honda, M., Simoff, M. B., Jeon, J., Ritzwoller, D. P., & Vachani, A., PROSPR Lung Consortium. (2025). Adherence to annual lung cancer screening and rates of cancer diagnosis. *JAMA Network Open*, 8(3), e250942. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2025.0942>

Lee, C., & Hsieh, J. (s. f.). Radiation dose-reduction strategies in thoracic CT. *PubMed*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>

Li, C., Wang, H., Jiang, Y., Fu, W., Liu, X., Zhong, R., Cheng, B., Zhu, F., Xiang, Y., He, J., & Liang, W. (2022). Advances in lung cancer screening and early detection. *Cancer Biology & Medicine*, 19(4), 356–371. <https://doi.org/10.20892/j.issn.2095-3941.2021.0440>

Machida, H., Takeuchi, H., Tanaka, I., et al. (2017). Reduced Radiation Dose with Model-based Iterative Reconstruction versus Standard Dose with Adaptive Statistical Iterative

Reconstruction in Abdominal CT for Diagnosis of Acute Renal Colic. *Radiology*.

<https://pubs.rsna.org/>

Mayo Clinic. (2024). CT scan: Why it's done. Mayo Clinic. <https://www.mayoclinic.org/tests-procedures/ct-scan/about/pac-20393675>

McCollough, C. H., Chen, G. H., Kalender, W., Leng, S., Samei, E., Taguchi, K.,... & Yu, L.

(2012). Achieving routine submillisievert CT scanning: Report from the summit on management of radiation dose in CT. *Radiology*, 264(2), 567-580.

<https://doi.org/10.1148/radiol.12112265>

Meyer, M., Banckwitz, R., & Keller, P. M. (2012). Comparisons of image quality and radiation dose between iterative reconstruction and filtered back projection reconstruction algorithms in 256-MDCT coronary angiography. *American Journal of Roentgenology*.

<https://www.ajronline.org/>

Molina, S., & Sánchez, J. (2015). Impacto de las técnicas de reducción de dosis en la calidad de imagen en tomografía computarizada de tórax. *Revista de Radiología*, 57(4), 261-267.

<https://doi.org/10.1016/j.rx.2015.04.003>

3Naimi, S., Tetteh, M. A., Ashraf, H., Johansen, S. (2024). Evaluation of an in-use chest CT protocol in lung cancer screening - A single institutional study. *Acta Radiologica Open*.

<https://doi.org/10.1177/205846012311265249>

National Cancer Institute. (s. f.). Estudio Nacional de Exámenes de Pulmón: preguntas y respuestas. <https://www.cancer.gov/espanol/tipos/pulmon/avances-investigacion/investigacion/nlst-respuestas>

National Lung Screening Trial Research Team. (2011). Reduced lung-cancer mortality with low-dose computed tomographic screening. *New England Journal of Medicine*, 365(5), 395-409. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1102873>

- Nguyen, T., & Tran, H. (2022). Simulated dose reduction in conventional chest CT: Validation study. PubMed. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>
- Nibib. (2020). What is computed tomography? National Institutes of Health. <https://www.nibib.nih.gov/science-education/imaging/computed-tomography>
- Organización Mundial de la Salud. (2023). Radiación ionizante: Efectos en la salud. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-and-health-effects>
- Organismo Internacional de Energía Atómica. (2014). Radiation protection in computed tomography (CT): Training materials. <https://www.iaea.org/publications/10602>
- Park, H. J., & Lee, S. (s. f.). Radiation Dose Reduction in Computed Tomography-Guided Lung Interventions Using an Iterative Reconstruction Technique. PubMed. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>
- Pérez, A., Gómez, L., & Torres, M. (2018). Evaluación de la eficacia de la modulación de corriente en la reducción de dosis en TC de tórax. *Journal of Clinical Imaging Science*, 8(1), 12. [https://doi.org/10.4103/jcis.JCIS\\_12\\_18](https://doi.org/10.4103/jcis.JCIS_12_18)
- Radiología Latam. (2024). IA en neumonía: TC de tórax ultra baja dosis. <https://radiologialatam.com/ia-neumonia-torax-tc-ultra-baja-dosis/>
- Radiología Latam. (2024). La IA transforma la detección de riesgos en exámenes de TC para cáncer de pulmón y enfermedad cardiovascular. <https://radiologialatam.com/la-ia-transforma-la-deteccion-de-riesgos-en-examenes-de-tc-para-cancer-de-pulmon-y-enfermedad-cardiovascular/>
- Radiologyinfo.org; SERAM. (2024). Cribado de cáncer de pulmón con tomografía computarizada de baja dosis de radiación: hallazgos en una cohorte de 652 sujetos asintomáticos. SERAM.

- Ramírez, C., Díaz, E., & Herrera, F. (2017). Comparación de técnicas de reducción de dosis en tomografía computarizada y su efecto en la detección de nódulos pulmonares. *Radiología Médica*, 23(2), 85-90. <https://doi.org/10.1007/s11547-016-0701-y>
- Rodríguez, F., & Herrera, C. (2021). Optimización de protocolos en tomografía computarizada: Evaluación técnica y clínica. *Revista Latinoamericana de Imagenología*, 15(2), 45–56.
- Samei, E., & Flynn, M. J. (2010). Iterative Reconstruction technique for reducing body radiation dose at CT: Feasibility study. *American Journal of Roentgenology*.  
<https://www.ajronline.org/>
- Sierra Galiñanes, F., et al. (2020). Adaptación individual del kilovoltaje en TC de tórax de pacientes con patología respiratoria: niveles de radiación en la práctica clínica utilizando dos diferentes TC multidetector (TCMD). *Radiología*.
- Singh, S., Kalra, M. K., Do, S., & Hsieh, J. (2011). Dose reduction with iterative reconstruction: Optimization of CT protocols in clinical practice. *American Journal of Roentgenology*.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>
- Smith-Bindman, R., Lipson, J., Marcus, R., Kim, K. P., Mahesh, M., Gould, R., ... & Miglioretti, D. L. (2009). Radiation dose associated with common computed tomography examinations and the associated lifetime attributable risk of cancer. *Archives of Internal Medicine*, 169(22), 2078-2086. <https://doi.org/10.1001/archinternmed.2009.427>
- Söderberg, M. (2008). Control automático de exposición (AEC) en estudios pulmonares: una evaluación de sistemas de diferentes fabricantes. Universidad de Lund.
- Soto, R., & Vargas, P. (2016). Uso de la reconstrucción iterativa para la reducción de dosis en TC de tórax: impacto en la calidad de imagen. *Revista de Neumología y Cirugía de Tórax*, 75(3), 150-155. <https://doi.org/10.1016/j.neumotor.2016.02.003>

Toolify AI. (2024). Optimización de dosis de TC con inteligencia artificial.

<https://www.toolify.ai/es/ai-news-es/optimizacin-de-dosis-de-tc-con-inteligencia-artificial-1458200>

Torres, L., Ruiz, A., & Pérez, S. (2019). Análisis de la relación entre dosis de radiación y calidad de imagen en estudios de TC pulmonar. *Archivos de Bronconeumología*, 55(6), 312-318.

<https://doi.org/10.1016/j.arbres.2018.11.012>

U.S. National Cancer Institute. (s. f.). Estudio Nacional de Exámenes de Pulmón: preguntas y respuestas. <https://www.cancer.gov/espanol/tipos/pulmon/avances-investigacion/investigacion/nlst-respuestas>

Vargas, M., Gómez, P., & López, R. (2013). Impacto de la reducción de dosis en la calidad de imagen en tomografía computarizada de tórax en pacientes con antecedentes de tabaquismo. *Neumología y Cirugía de Tórax*, 72(1), 45-50.

<https://doi.org/10.1016/j.neumotor.2013.01.003>

Wang, Y., Li, X., & Zhang, L. (2015). Effectiveness of low-dose CT screening for lung cancer in high-risk populations: a meta-analysis. *European Journal of Radiology*, 84(10), 1908-1913.

<https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2015.06.017>

Wikipedia contributors. (2025, August 2). Deep tomographic reconstruction. Wikipedia.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Deep\\_tomographic\\_reconstruction](https://en.wikipedia.org/wiki/Deep_tomographic_reconstruction)

Xu, X., & Liu, Z. (2017). Application of iterative reconstruction technique in reducing radiation dose of chest CT. *Journal of X-ray Science and Technology*, 25(1), 115-121.

<https://doi.org/10.3233/XST-17262>

Yan, K., Guo, W., & Fan, T. (2023). Latest CT technologies in lung cancer screening: Protocols and radiation dose reduction. PMC. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC/>



- Yang, L., & Chen, Y. (2016). The effect of low-dose CT screening on lung cancer mortality: a meta-analysis. *Cancer Imaging*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s40644-016-0069-1>
- Yuan, M., & Li, J. (s. f.). Radiation dose reduction in chest CT—Review of available options. PubMed. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>
- Zhao, W., & Wang, J. (2018). Comparison of image quality and radiation dose between low-dose CT and standard-dose CT in pulmonary nodule detection. *Journal of Medical Imaging*, 25(3), 145-150. <https://doi.org/10.1007/s11596-018-1864-7>
- Zhu, X., Yu, J., & Huang, Z. (2012). Low-dose chest CT: optimizing radiation protection for patients. *American Journal of Roentgenology*, 183(3), 809–816. <https://doi.org/10.2214/ajr.183.3.1830809>

## ANEXOS

### **Anexo 1. Inscripción del proyecto de investigación.**

	<b>VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN</b>	
	FR-VIE-05 Inscripción propuesta trabajo de grado	Fecha: 13-Ene-2022
	Versión:0.1	Página 1 de 1

#### **INSCRIPCIÓN DE PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO**

1. Título del Proyecto:	Revisión sistemática de técnicas para la optimización de dosis en Tomografía Computarizada pulmonar en pacientes mayores de 50 años.
2. Facultad	Ciencias de la Salud
3. Programa:	Licenciatura en Radiología e Imágenes Diagnósticas
4. Unidad Ejecutora:	Universidad Santander
5. Director Técnico del Estudio:	Jacinto Bustamante
6. Asesor Metodológico:	Margot Carrillo
7. Investigador (es):	
Nombre:	Hillary Alarcón
Correo Electrónico:	<a href="mailto:hilalarcon18@gmail.com">hilalarcon18@gmail.com</a>
Número telefónico:	6388-6029
Nombre:	Lía Feliz
Correo Electrónico:	<a href="mailto:liafeliz2001@gmail.com">liafeliz2001@gmail.com</a>
Número telefónico:	6869-6436
Nombre:	Jonathan Parra
Correo Electrónico:	<a href="mailto:jonathanparra0017@gmail.com">jonathanparra0017@gmail.com</a>
Número telefónico:	6443-0818
8. Duración del Proyecto:	4 meses
9. Fecha Probable de Inicio:	7 de mayo del 2025
10. Fecha Probable de Terminación:	12 de agosto del 2025
11. Fecha de Aprobación de la Coordinación de Investigación:	7 de mayo de 2025
12. Código del Proyecto:	<b>LRID-2025-05-115</b>
13. Firma Vicerrector investigación o Coordinador de Investigación	
14. Firma coordinador programa:	

## **Anexo 2. Instrumento de análisis de datos**

### **Matriz bibliográfica**

Título		Instrumentos/técnicas/procedimientos realizados:	
Fuente donde aparece publicado		Resultados:	
Autores		Conclusiones:	
Año de publicación		Limitaciones:	
País		Recomendaciones:	
Enlace o link			

#	Título del estudio	Técnica de reducción de dosis evaluada	Parámetros técnicos y protocolos usados	Métodos de validación de dosis y calidad de imagen	Técnica de imagen aplicada	Resultados cuantitativos y análisis de la reducción de dosis y calidad de imagen	Interpretación y análisis crítico
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

### **Relación de la radiología con los estudios revisados sobre reducción de dosis e aplicación de estudios y protocolos de baja dosis en patologías pulmonares**

<b>Estudio 1:</b>	
<b>Estudio 2:</b>	
<b>Estudio 3:</b>	
<b>Estudio 4:</b>	
<b>Estudio 5:</b>	
<b>Estudio 6:</b>	
<b>Estudio 7:</b>	
<b>Estudio 8:</b>	
<b>Estudio 10:</b>	

**Anexo 3. Instrumento de validación utilizado por los expertos**

Universidad Santander

Licenciatura en Radiología e Imágenes Diagnósticas

**INSTRUMENTO DE VALIDACIÓN DE EXPERTOS**

<b>CRITERIOS</b>	<b>SI CUMPLE</b>	<b>NO CUMPLE</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Pertinencia.</b> El grado de correspondencia entre el enunciado del ítem y lo que se pretende medir			
<b>Calidad conceptual.</b> Hata qué punto el enunciado del ítem no genera confusión o contradicciones.			
<b>Redacción y terminología.</b> Si la sintaxis y la terminología empleada son apropiadas.			
<b>Respuesta correcta (clave).</b> Si la respuesta correcta es la que corresponde al enunciado del ítems.			
<b>Distractores apropiados.</b> Si los enunciados de los distractores son razonablemente posibles.			
<b>Niveles de dificultad.</b> Los niveles de dificultad de cada ítem son apropiados y tienen un carácter ascendente.			
<b>Niveles cognitivos.</b> Los ítems están distribuidos balanceadamente en el cuestionario.			
<b>Formato.</b> La forma como se presentan los ítems y cuestionario en general estan apropiados.			

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

Anexo 3. Instrumento de validación utilizado por los expertos.

Universidad Santander

Licenciatura en Radiología e Imágenes Diagnósticas

INSTRUMENTO DE VALIDACIÓN DE EXPERTOS

CRITERIOS	SI CUMPLE	NO CUMPLE	Observaciones
<b>Pertinencia.</b> El grado de correspondencia entre el enunciado del ítem y lo que se pretende medir	✓		
<b>Calidad conceptual.</b> Hata qué punto el enunciado del ítem no genera confusión o contradicciones.	✓		
<b>Redacción y terminología.</b> Si la sintaxis y la terminología empleada son apropiadas.	✓		
<b>Respuesta correcta (clave).</b> Si la respuesta correcta es la que corresponde al enunciado del ítems.	✓		
<b>Distractores apropiados.</b> Si los enunciados de los distractores son razonablemente posibles.	✓		
<b>Niveles de dificultad.</b> Los niveles de dificultad de cada ítem son apropiados y tienen un carácter ascendente.	✓		
<b>Niveles cognitivos.</b> Los ítems están distribuidos balanceadamente en el cuestionario.	✓		
<b>Formato.</b> La forma como se presentan los ítems y cuestionario en general están apropiados.	✓		

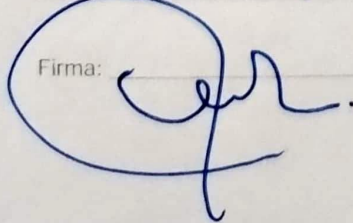
Nombre:

Juan Vilhoral

Fecha:

22-10-2025

Firma:



Anexo 3. Instrumento de validación utilizado por los expertos

Universidad Santander

Licenciatura en Radiología e Imágenes Diagnósticas

INSTRUMENTO DE VALIDACIÓN DE EXPERTOS

CRITERIOS	SI CUMPLE	NO CUMPLE	Observaciones
<b>Pertinencia.</b> El grado de correspondencia entre el enunciado del ítem y lo que se pretende medir	✓		
<b>Calidad conceptual.</b> Hata qué punto el enunciado del ítem no genera confusión o contradicciones.	✓		
<b>Redacción y terminología.</b> Si la sintaxis y la terminología empleada son apropiadas.	✓		
<b>Respuesta correcta (clave).</b> Si la respuesta correcta es la que corresponde al enunciado del ítems.	✓		
<b>Distractores apropiados.</b> Si los enunciados de los distractores son razonablemente posibles.	✓		
<b>Niveles de dificultad.</b> Los niveles de dificultad de cada ítem son apropiados y tienen un carácter ascendente.	✓		
<b>Niveles cognitivos.</b> Los ítems están distribuidos balanceadamente en el cuestionario.	✓		
<b>Formato.</b> La forma como se presentan los ítems y cuestionario en general están apropiados.	✓		

Nombre: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

*Cesar A Osorio*  
CESAR A OSORIO

Fecha: \_\_\_\_\_

22/X/25.

Anexo 3. Instrumento de validación utilizado por los expertos

Universidad Santander

Licenciatura en Radiología e Imágenes Diagnósticas

INSTRUMENTO DE VALIDACIÓN DE EXPERTOS

CRITERIOS	SI CUMPLE	NO CUMPLE	Observaciones
<b>Pertinencia.</b> El grado de correspondencia entre el enunciado del ítem y lo que se pretende medir	✓		
<b>Calidad conceptual.</b> Hata qué punto el enunciado del ítem no genera confusión o contradicciones.	✓		
<b>Redacción y terminología.</b> Si la sintaxis y la terminología empleada son apropiadas.	✓		
<b>Respuesta correcta (clave).</b> Si la respuesta correcta es la que corresponde al enunciado del ítems.	✓		
<b>Distractores apropiados.</b> Si los enunciados de los distractores son razonablemente posibles.	✓		
<b>Niveles de dificultad.</b> Los niveles de dificultad de cada ítem son apropiados y tienen un carácter ascendente.	✓		
<b>Niveles cognitivos.</b> Los ítems están distribuidos balanceadamente en el cuestionario.	✓		
<b>Formato.</b> La forma como se presentan los ítems y cuestionario en general están apropiados.	✓		

Nombre:

*Carlos Joveral*

Fecha:

*22/1/25.*

Firma:

*Carlos Joveral*

## Anexo 4. Carta de aprobación de exención por Comité Bioética



**CBI-USantander-012-2025**  
Panamá, 06 de junio de 2025

**Hillary Alarcón,**  
**Lía Feliz,**  
**Jonathan Parra.**  
Investigadores Principales.

Ciudad. -  
Respetados Investigadores:

Luego de revisada la información referente al protocolo: **“Revisión sistemática de técnicas para la optimización de dosis en Tomografía Computarizada pulmonar en pacientes mayores de 50 años”**. Se estableció que el mismo no requiere aprobación regulatoria por parte de un comité de bioética.

La decisión obedece a que su estudio **NO** clasifica como una “Investigación con seres humanos”. Se define “seres humanos” aquellos que: *“son (i) individualmente identificables por la recolección, preparación, o uso de material biológico o médico, u otros records, por parte del investigador; o (ii) expuestos a intervención, observación u otra interacción con los investigadores”*.

Por lo anterior lo exhortamos a seguir adelante con su proyecto y mantener la presente nota disponible en caso de publicación.

Saludos y éxitos.

**Dra. Nydia Flores Chiari.**  
Presidenta  
CBI-USantander



NFCH/ngbf

**Anexo 5. Carta revisión profesor español y diploma**

**Panamá, 22 de septiembre de 2025**

Señores  
**COMISIÓN DE TRABAJO DE GRADO**  
**Universidad de Santander**  
Ciudad

**Saludo cordial,**

Certifico que a los estudiantes: **Hillary Susseth Alarcón Castillo** con c.i.p. 8-1006-865; **Lía Monserrat Feliz Mudarra** con c.i.p. 8-973-1754; **Jonathan Miguel Parra Benítez** con c.i.p. 8-1019-244 se les ha revisado el Trabajo de Grado Titulado: **Revisión sistemática de técnicas para la optimización de dosis en Tomografía Computarizada pulmonar en pacientes mayores de 50 años.**

Doy fe que el trabajo cumple con todas las exigencias de redacción y ortografía del idioma español.

**Atentamente,**

Firma: *Rosa E. de González*  
nombre: Rosa E. de González  
Profesor (a) de español  
Cédula: 8-161-2540



**Adjunto: copia del diploma**

---

# UNIVERSIDAD DE PANAMA

LA FACULTAD DE

## Educación

EN VIRTUD DE LA POTESTAD QUE LE CONFIEREN LA LEY Y EL ESTATUTO UNIVERSITARIO,  
HACE CONSTAR QUE

### Rosa B. de González

HA TERMINADO LOS ESTUDIOS Y CUMPLIDO CON LOS REQUISITOS  
QUE LE HACEN ACREEDOR AL TITULO DE

### Profesora de Segunda Enseñanza con especialización en Español

Y EN CONSECUENCIA, SE LE CONCEDE TAL GRADO CON TODOS LOS DERECHOS,  
HONORES Y PRIVILEGIOS RESPECTIVOS, EN TESTIMONIO DE LO CUAL SE LE EXPIDE  
ESTE DIPLOMA EN LA CIUDAD DE PANAMA A LOS **dieciocho**

DIAS DEL MES DE **marzo** DE MIL NOVECIENTOS **ochenta y siete**.

  
Secretario General  
Diplo. N° 19362  
Identificación Personal  
8-161-2540

  
(Sección)



Escaneado con CamScanner

**Anexo 6. Link y código QR para ingresar al Manual práctico sistemático sobre las técnicas de optimización de Dosis en Tomografía Computarizada pulmonar.**

<https://flipbookpdf.net/web/site/640600c8e82e3fc10389a00cb80986a1da26a19c202603.pdf>  
.html



Anexo 7. Presupuesto

No.	Concepto	Cantidad o Unidad	Valor (B/.)
	Costos varios del proyecto	-	-
A	<b>Revisión de estilo y corrección de tesis</b> (Contratar los servicios de corrector de estilo/editor académico de Español)	3 revisiones completas	250
B	<b>Asesoría metodológica</b> (Pago por el servicio prestado por parte de las consultas y sesiones prestadas por parte del asesor en metodología)	3 sesiones	150
C	<b>Materiales de oficina</b> (papelería, tinta, fotocopias, carpetas, impresión final del documento)	Varios	100
D	<b>Asesoría en análisis estadístico y corrección de gráficas</b> (Pago por los servicios prestados a profesor de Estadística que revise los datos y gráficos del proyecto)	1 asesoría	80
E	<b>Transporte y movilización</b> (desplazamiento a bibliotecas, hospitales, reuniones y relacionados con el proyecto de investigación)	Varios	100
F	<b>Gastos administrativos e imprevistos</b> (aproximadamente 11% del total)	-	95
G	<b>Asesoría en diseño de diapositivas y sus especificaciones (norma APA)</b> (Asesor con experiencia que contribuya a estructurar de	2 asesorías	100



## Lic. Lia Feliz Mudarra

Image



Hemos recibido su solicitud referente al protocolo de investigación:

**Revisión sistemática de técnicas para la optimización de dosis en Tomografía Computarizada pulmonar en pacientes mayores de 50 años.**

Su protocolo ha sido incluido en el registro de protocolos de investigación para la salud.

**Registro número 4422**

Para acceder al Registro de Protocolos de Investigación para la Salud por favor ingrese a la plataforma en la siguiente dirección: