



UNIVERSIDAD PERUANA  
**CAYETANO HEREDIA**

Facultad de  
**MEDICINA**

ESTRATEGIAS Y MECANISMOS PARA REDUCIR RIESGOS DE  
SOBREDOSIS DE RADIACIÓN IONIZANTE EN PACIENTES DE  
SERVICIOS DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA EN EL PERÚ  
STRATEGIES AND MECHANISMS TO REDUCE RISKS OF IONIZING  
RADIATION OVERDOSE IN PATIENTS OF COMPUTERIZED  
TOMOGRAPHY SERVICES IN PERU

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

AUTOR

JOSE LUIS RAMOS PEREZ

ASESOR

EDWARD ARTEMIO MECA CASTRO

CO-ASESOR

CARLOS ANDRES HUAYANAY ESPINOZA

LIMA – PERÚ

2025



**ASESORES DE TRABAJO ACADÉMICO**

**ASESOR**

Mg. EDWARD ARTEMIO MECA CASTRO

Departamento Académico de Tecnología Médica

ORCID: 0000-0002-1226-9299

**CO-ASESOR**

Mg. CARLOS ANDRES HUAYANAY ESPINOZA

Departamento Académico de Tecnología Médica

ORCID: 0000-0002-8462-3218

**Fecha de aprobación:** 17 de abril de 2025

**Calificación:** Aprobado.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis hijos Sofía, Fátima, Pilar y Joseph, quienes son mi mayor motivación para superarme tanto personal como profesionalmente. También lo dedico a Milagros, mi compañera de toda la vida, cuyo apoyo incondicional me permite alcanzar cada uno de mis objetivos.

## **AGRADECIMIENTO**

El agradecimiento infinito a Dios, nuestro creador, por permitirme tener vida y salud, por guiar mi camino con sus enseñanzas.

El agradecimiento a mi esposa e hijos, quienes me apoyan de manera incondicional en todos mis proyectos de vida.

Agradezco al MSc. Carlos Andres Huayanay Espinoza, por la paciencia y guía para poder finalizar el presente trabajo.

A la Universidad Peruana Cayetano Heredia y a todos los profesores que con su dedicación y exigencias me motivaron a continuar y no claudicar en el camino.

## **FUENTES DE FINANCIAMIENTO**

Este trabajo fue autofinanciado.

## **DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS**

El autor declara no tener conflictos de interés.

# RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD



UNIVERSIDAD PERUANA  
CAYETANO HEREDIA

Facultad de  
MEDICINA

ESTRATEGIAS Y MECANISMOS PARA REDUCIR RIESGOS DE  
SOBREDOSIS DE RADIACIÓN IONIZANTE EN PACIENTES DE  
SERVICIOS DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA EN EL PERÚ  
STRATEGIES AND MECHANISMS TO REDUCE RISKS OF IONIZING  
RADIATION OVERDOSE IN PATIENTS OF COMPUTERIZED  
TOMOGRAPHY SERVICES IN PERU

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

AUTOR

JOSE LUIS RAMOS PEREZ

ASESOR

EDWARD ARTEMIO MECA CASTRO

CO-ASESOR

CARLOS ANDRES HUAYANAY ESPINOZA

LIMA – PERÚ

2025

## 7% Similitud estándar

2 Exclusiones → Filtros

### Fuentes

Mostrar las fuentes solapadas ⓘ

- 1 Internet**
- hdl.handle.net** <1%  
3 bloques de texto 35 palabra que coinciden
- 2 Internet**
- pesquisa.bvsalud.org** <1%  
3 bloques de texto 29 palabra que coinciden
- 3 Internet**
- www.coursehero.com** <1%  
3 bloques de texto 29 palabra que coinciden
- 4 Internet**
- archivosdemedicinadeldeporte.com** <1%  
1 bloques de bloques 24 palabra que coinciden

## TABLA DE CONTENIDOS

	<b>Pág.</b>
RESUMEN	
ABSTRACT	
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVOS .....	3
III. CUERPO .....	4
IV. CONCLUSIONES .....	16
V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	18
ANEXOS	

## RESUMEN

**Introducción.** La Tomografía Computada (TC) es un estudio de diagnóstico médico que puede resultar crucial para salvar la vida de un paciente. Sin embargo, es también el procedimiento que expone a los pacientes a los niveles más altos de radiación ionizante. **Objetivo.** Describir las estrategias y mecanismos disponibles para reducir el riesgo de sobredosis de radiación ionizante en pacientes sometidos a procedimientos de Tomografía Computada en el Perú. **Metodología.** Se llevó a cabo una revisión de artículos en inglés disponibles en las bases de datos PubMed y Google Scholar, publicados entre los años 2010 y 2025. **Descripción de hallazgos.** La búsqueda sistemática identificó 447 estudios, complementados con 65 artículos recomendados por expertos. Posteriormente, se aplicaron criterios de exclusión (duplicados, textos incompletos y estudios no relacionados con la temática), obteniendo un total de 23 estudios para su análisis. La revisión de estos estudios permitió describir los antecedentes históricos de la TC y los primeros hallazgos sobre el daño inducido por la radiación, así como los niveles de referencia para diagnóstico, la probabilidad de desarrollar cáncer relacionado con la exposición a la radiación, los protocolos de parámetros de TC y las recomendaciones para la reducción de dosis. **Conclusión.** La reducción de las dosis de radiación ionizante en los estudios de TC debe lograrse mediante la implementación de mecanismos propios del equipo, orientados a la optimización de los protocolos de exploración, así como mediante estrategias externas, como la aplicación de procedimientos administrativos y el fortalecimiento de los sistemas de supervisión y control.

**Palabras clave:** Tomografía computada, dosis de radiación ionizante, cáncer inducido por radiación, niveles de referencia para diagnóstico, protección radiológica.

## ABSTRACT

**Introduction.** Computed Tomography (CT) is a medical diagnostic study that can be crucial for saving a patient's life. However, it is also the procedure that exposes patients to the highest levels of ionizing radiation **Objective.** To describe the available strategies and mechanisms to reduce the risk of ionizing radiation overdose in patients undergoing CT procedures in Peru. **Methodology.** A review was conducted of English-language articles available in the PubMed and Google Scholar databases, published between 2010 and 2025. **Description of findings.** The systematic search identified 447 studies, complemented by 65 articles recommended by experts. Subsequently, exclusion criteria were applied (duplicates, incomplete texts, and unrelated studies), resulting in a total of 23 studies for analysis. The review of these studies described historical background of CT and the first findings regarding radiation-induced damage, as well as the diagnostic reference levels, the probability of developing radiation-related cancer, CT parameter protocols, and dose reduction recommendations. **Conclusion.** The reduction of ionizing radiation doses in CT studies should be achieved through the implementation of equipment-specific mechanisms aimed at optimizing scanning protocols, as well as external strategies, such as the application of administrative procedures and the strengthening of monitoring and control systems.

**Keywords:** Computed tomography, ionizing radiation dose, radiation-induced cancer, diagnostic reference levels, radiation protection.

## **I. INTRODUCCIÓN**

La Tomografía Computada (TC), es una herramienta esencial en los servicios de diagnóstico, desde su introducción en el ámbito clínico en 1971 (1). En las dos últimas décadas, por el avance tecnológico ha llevado a un uso indiscriminado e injustificado, incrementándose este estudio en los servicios hospitalarios del 2% al 50% (2). Como consecuencia, el diagnóstico con la utilización de TC, conlleva a una sobredosis de radiación ionizante en los pacientes, teniendo la probabilidad baja pero significativa de desarrollar un cáncer radioinducido (3).

La TC como ayuda de diagnóstico en los servicios hospitalarios, es una exploración, que genera dosis de absorción de radiación ionizante en los pacientes, entre 1 y 14 milisievert (mSv), que es comparable a la dosis anual recibida procedente de fuentes naturales de radiación (4). En nuestro país, es usual repetir estudios de diagnóstico por problemas de salud, por lo que se debería optimizar las dosis impartidas a los pacientes. No obstante, se suele duplicar los estudios de TC, por diversas razones, incluyendo situaciones cuando el paciente se atiende en diferentes sistemas o niveles de atención de salud (5). Por lo tanto, es posible reducir las dosis de radiación mediante protocolos que consideran factores como la realización de TC innecesarias, la solicitud inadecuada de exámenes, la falta de antecedentes clínicos adjuntos a la solicitud, así como la insuficiente experiencia del Tecnólogo Médico y del Radiólogo en la optimización de los protocolos de estudio (ajuste de amperaje, pitch, delimitación del área de estudio y selección adecuada de las fases de estudio) (6).

En el Perú, las normativas de fiscalización para prevenir, en lo posible, las dosis innecesarias durante la exposición médica están reguladas referencialmente por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) (7). No obstante, no existe un control o regulación mandatorio a nivel nacional idóneo de la cantidad de dosis impartida a cada paciente o son insuficientes. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue describir las estrategias y mecanismos para reducir los riesgos de sobredosis de radiación ionizante en pacientes de servicios de tomografía computarizada en el Perú (8).

## **II. OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

- Describir las estrategias y mecanismos para reducir riesgos de sobredosis de radiación ionizante en pacientes de servicios de tomografía computarizada en el Perú.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Describir la probabilidad de desarrollar cáncer inducido por sobredosis de radiación ionizante en pacientes de servicios de tomografía computarizada en el Perú.
- Identificar los métodos de protección radiológica y los protocolos que reduzcan la sobredosis de radiación ionizante en pacientes de servicios de tomografía computarizada en el Perú.
- Identificar los Niveles de referencia para diagnóstico (NRD) para los pacientes de servicios de tomografía computarizada en el Perú.

### **III.CUERPO**

#### **CAPÍTULO I: ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA**

##### **Bases de datos utilizadas**

El presente trabajo trata de un estudio de tipo descriptivo mediante una revisión narrativa, sobre estrategias y mecanismos para reducir los riesgos de sobredosis de radiación ionizante en pacientes de servicios de tomografía computarizada en el Perú. Para ello, se realizó búsquedas de información relevante y la situación actualizada del tema en buscadores de datos PubMed y Google Scholar. El registro de la fecha de búsqueda fue el 20 de enero del 2025.

##### **Términos utilizados**

Para la realización del presente trabajo, se realizaron búsquedas por medio de ecuaciones específicas. En estas ecuaciones, se plantearon, a partir de la elección de terminología clave y su respectiva traducción a un lenguaje idóneo. La terminología utilizada tomó forma mediante el descriptor tesoro de PubMed, el Medical Subject Headings (MeSH), así como también en Descriptores en Ciencia de la Salud (DeCS). Como resultado de la búsqueda se obtuvo los siguientes términos: **Patients, Spiral Computed Tomography y Radiation Dosage.**

##### **Fórmula de búsqueda**

Para la realización del correcto planteamiento del presente trabajo, nos formularemos la pregunta Población – Concepto – Contexto (PCC), que abarque todos los fundamentos del tema y la idónea formulación de la pregunta.

Para el presente estudio, la pregunta PCC sería la siguiente:

- **P (Población):** Pacientes del Perú para diagnóstico con Tomografía Computada.
- **C (Concepto):** Tomografía Computada como estudio de ayuda diagnóstica.
- **C (Contexto):** Riesgos de sobredosis de radiación ionizante en pacientes.

Como resultado, se dio como pregunta del estudio: ¿Cuáles son las estrategias y mecanismos para reducir los riesgos de sobredosis de radiación ionizante en pacientes de servicios de Tomografía Computarizada en el Perú? Todas las fórmulas de búsqueda pueden verse en el **anexo 1**.

### **Elección de artículos**

Para este estudio se tuvo criterios de elección de información, los periodos de publicación desde enero 2010 hasta enero del 2025, con la intención de recabar información de artículos de revisión sistemática y estudios aleatorizados, realizados a pacientes de los servicios de tomografía computarizada del territorio peruano, sin distinción de raza, sexo, edad. Las fórmulas para la elección de fuentes de información se visualizan en el **anexo 2**.

Los criterios de exclusión fueron con aquellos estudios como artículos que sean de reporte de casos, carta al editor o reseñas, así como también, artículos que no aborden directamente aspectos relacionados a la sobredosis o a sus riesgos. El idioma que se eligió para los artículos seleccionados fueron el inglés. Los estudios

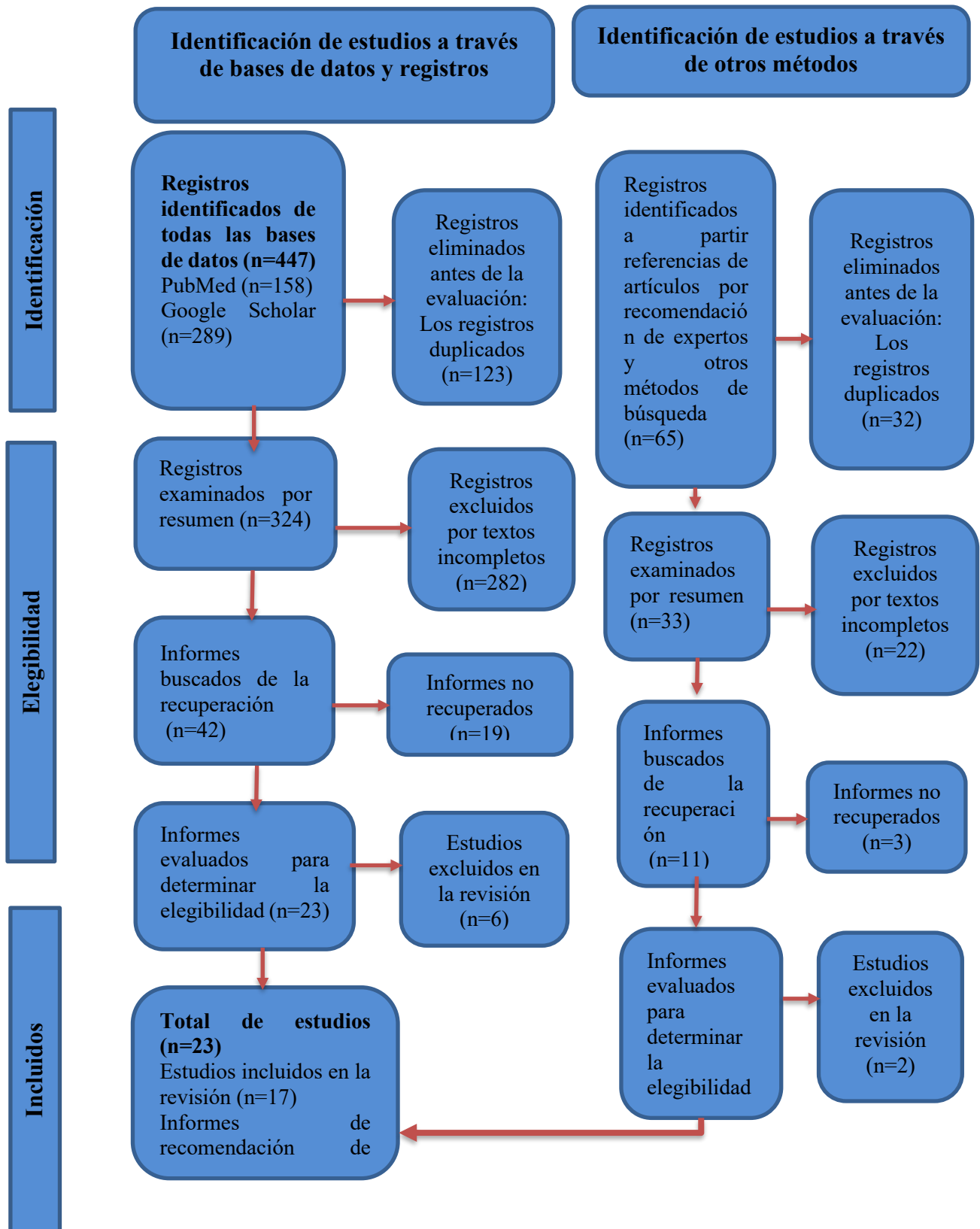
seleccionados, fueron administrados con la aplicación gestora de referencias bibliográficas Zotero para su revisión respectiva.

## **CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LOS HALLAZGOS**

Como resultado de las búsquedas de estudios en inglés, se encontraron 158 estudios relacionados con el tema con PubMed y 289 con Google Scholar. De los cuales se excluyeron 123 estudios por duplicidad, 282 estudios por tener textos incompletos, 19 textos que no se recuperaban en los navegadores y 6 estudios que no se relacionaban con el tema de búsqueda. Por lo que al final nos dio 17 estudios para ser evaluados.

Cabe indicar que se solicitó apoyo bibliográfico a expertos en el tema y otros métodos de búsqueda, obteniendo 65 estudios. De los cuales se excluyeron 32 estudios por duplicidad, 22 estudios por tener textos incompletos, 3 textos que no se recuperaban en los navegadores y 2 estudios que no se relacionaban con el tema de búsqueda. Por lo que al final nos dio 6 estudios recomendados, que, adicionado a los 17 estudios de búsqueda descritos en el párrafo anterior, nos da un total de 23 estudios para la realización del presente trabajo. Véase flujograma.

## Flujograma del proceso de recopilación de información y resultados



### **Antecedentes históricos y daño ocasionado por Tomografía Computada**

En 1971, en el Hospital Atkinson Morley, se obtuvo por primera vez una imagen de TC craneo encefálica (9), considerada el segundo mayor avance en la historia de la medicina, después del descubrimiento de los rayos X. Este hito permitió la visualización del cerebro humano sin necesidad de intervención quirúrgica, algo inédito hasta ese momento.

Este novedoso invento se realizó por el aporte financiero de Electric and Music Industries (EMI) (10), empresa disquera que representaba a la exitosa banda The Beatles, por lo que decidió invertir en el prototipo que inventó Sir Godfrey Hounsfield (1919- 2004), dando como resultado la fabricación del primer equipo de Tomografía Computarizada, el EMI Mark 1 (11), cuyo costo instalado en los hospitales de la época, eran de 69.000 libras. Como consecuencia, la fabricación y masificación de este hito en la humanidad, se realizó de manera exponencial, sin darle la debida importancia e investigación, a la dosis de radiación ionizante que se impartía al paciente (12).

La invención de la TC tuvo un impacto tan significativo que, en poco tiempo, su demanda creció considerablemente en los hospitales de la época. Sin embargo, en sus inicios, no se establecen restricciones en la dosis de radiación para los pacientes, bajo la premisa de la importancia de la valoración clínica. Como consecuencia del uso indiscriminado y sin restricciones de la TC, se reportaron efectos secundarios como fatiga, náuseas, vómitos, eritema, dermatitis y alopecia, así como un aumento en el riesgo de desarrollar cáncer radioinducido. (13). Aunque la ICRP era la

entidad responsable de emisión de restricciones y recomendaciones, no las desarrolló hasta el año 1990 (14).

### **Niveles de referencia para diagnóstico (NRD) aplicada en la Tomografía Computada**

La dosis de radiación ionizante por TC está en constante evaluación, aunque es innegable su aporte en el diagnóstico sanitario, está siendo objeto de cuestionamientos ante su injustificado incremento de solicitudes. Por esta razón, el término NRD fue introducido por la ICRP (15). Asimismo, se abordó ampliamente en la Directiva 2013/59/EURATOM (16), que, trajo como consecuencia, la obligatoriedad de fiscalización y control en la región europea, de plataformas de gestión para radiaciones ionizante.

Los pacientes sometidos a estudios de TC presentan diferentes densidades anatómicas, reflejadas en sus coeficientes de atenuación, los cuales están directamente relacionados con los niveles de dosis de radiación ionizante. Por ello, es fundamental conocer estos valores para garantizar la seguridad y la eficacia del procedimiento. Estos valores se describen en **anexo 3**.

A nivel pediátrico, la probabilidad de desarrollar un cáncer inducido por dosis de radiación ionizante por TC es significativo, por tal motivo deben tener una mayor vigilancia radiológica. Por esta necesidad de vigilancia, la Comunidad Europea el año 2015 presenta los valores de NRD en Tomografía Computada Pediátrica.

Asimismo, cabe mencionar que los pacientes pediátricos sometidos a TC presentan una mayor sensibilidad a las dosis de radiación ionizante. Por esta razón, los niveles de referencia de la dosis máxima se subdividen en grupos según la edad. Estos valores se describen en el **anexo 4**.

Para mayor entendimiento de la normativa que limita el uso indiscriminado de estudios radiológicos, es indispensable familiarizar al personal sanitario de cualquier establecimiento de salud que intervenga en adquisición de imágenes por TC con 3 términos:

- **Índice de Dosis en Tomografía Computada Volumétrica.** Esta magnitud es identificada en los equipos de TC con las siglas  $CTDI_{vol}$  (por el inglés: Volumen Computed Tomography Dose Index), expresada en miligrays (mGy). El  $CTDI_{vol}$  es el parámetro de dosis de radiación, que encontramos más comúnmente en los equipos de TC, el cual, nos permite comparar directamente la dosis de radiación entre los diferentes estudios. Por lo que, al visualizar esta magnitud en los equipos de TC antes de la exploración, nos da la oportunidad de modificar los protocolos de adquisición, si se considera de mucha dosis o si se cuenta con gestor de dosis automatizada (4,12).
- **Producto Dosis Longitud.** Esta magnitud es identificada en los equipos de TC con las siglas DLP (por el inglés Dose Length Product), expresada miligrays por centímetro (mGy.cm). El DLP es una herramienta clave para la seguridad en TC, ya que permite evaluar y regular la dosis de radiación administrada, asegurando un equilibrio entre diagnóstico efectivo y mínima exposición al paciente. Este parámetro de dosis de radiación, es el producto de relacionar el CTDI con la

longitud de exploración del paciente (4,12,14) y nos relaciona el riesgo en el paciente al realizar la TC.

- **Dosis efectiva.** Esta magnitud de dosis de radiación es expresada en milisievert (mSv). Este parámetro es el producto de DLP ya descrito, por un factor de corrección propio de cada región irradiada, siendo, la forma más idónea de estimar dosis de radiación en pacientes de TC (4,18).

### **Tomografía Computada y su relación con el cáncer inducido por radiación**

La TC es un estudio fundamental en el diagnóstico, seguimiento y estadiaje de diversas enfermedades. Además, desempeña un papel clave en la planificación y ejecución de biopsias, así como en el drenaje de abscesos y colecciones de difícil acceso (19). Sin embargo, su uso se ha incrementado de manera excesiva, en ocasiones sin un adecuado respaldo clínico, lo que podría sustituirse por una evaluación clínica más exhaustiva antes de su indicación, lo que conlleva, según el United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) a tener como consecuencia, el 62% de la dosis colectiva del mundo, en cuanto a diagnóstico médico con uso de radiaciones ionizantes (20).

Los estudios para correlacionar la probabilidad de desarrollar cáncer inducido por dosis de radiación ionizante se llevaron a cabo con los sobrevivientes de ataques nucleares (21). En este estudio se investigó a más de 100.000 sobrevivientes a lo largo de más de 60 años, evidenciando la aparición de cáncer inducido por exposiciones a dosis bajas de radiación ionizante (menores a 100 mSv) (22).

En el 2007 durante una investigación realizada se reconoció que los exámenes de TC pueden contribuir al desarrollo de cáncer radioinducido, estimándose que representan aproximadamente un 2% de los casos futuros (23). Por otro lado, un estudio realizado en Escocia e Inglaterra en una cohorte de 180.000 pacientes jóvenes sometidos a TC entre 1985 y 2002 (24), demostró una asociación entre la exposición a bajas dosis de radiación ionizante y el desarrollo de ciertos tipos de cáncer. En particular, se encontró que dosis de 50 mGy se correlacionaban con un aumento en la incidencia de leucemia, mientras que dosis de 60 mGy estaban asociadas con un mayor riesgo de tumores cerebrales. Se estimó que, por cada 10.000 exploraciones por TC realizadas a estas dosis, podría presentarse un caso adicional de cáncer.

Por estos hallazgos, la Sociedad Americana de Radiología, exhortó a tener mayor rigor con el principio de Radiología Médica ALARA (As Low As Reasonable Achievable) para limitar la dosis exagerada impartida a los pacientes por TC (22).

### **Tomografía Computada y su relación con el cáncer inducido por radiación en pacientes pediátricos**

La Tomografía Computada pediátrica se ha convertido en una herramienta fundamental en el diagnóstico temprano, pero también, es el estudio que mayor dosis de radiación conlleva hacia los pacientes pediátricos (25).

Los niños tienen la mayor probabilidad de desarrollar cáncer a futuro por la dosis de radiación de la TC. Así lo demuestra, el estudio realizado en el Reino Unido en el año 2019, que indica que niños que recibieron 30 mGy en médula ósea tenían la

probabilidad de desarrollar leucemia en 3.2 veces más, y los niños que recibieron 50 mGy a cerebro, tenían la probabilidad de desarrollar cáncer cerebral en un 2.8 veces más a la población basal (17).

Los pacientes pediátricos sometidos a TC presentan mayores efectos biológicos frente a la radiación debido a su elevada radiosensibilidad a las dosis de radiación ionizante. Esta mayor susceptibilidad se debe a la rápida división celular y al prolongado tiempo de vida posterior a la exposición, lo que incrementa el riesgo de desarrollar efectos adversos a largo plazo, como mutaciones celulares y un aumento en la probabilidad de cáncer inducido por radiación. La descripción de radiosensibilidad pediátrica se visualiza en el **anexo 5**.

### **Protección radiológica y protocolos en Tomografía Computada**

La ICPR recomendó los principios que rigen la seguridad y protección para la utilización de radiación ionizante de equipos de diagnóstico como la TC. El primero es la **justificación** de la práctica de una TC, el segundo es **optimización** de la protección del paciente, y el tercero es **limitar** las sobredosis de radiación ionizante en los pacientes (25,28). El límite de dosis de radiación ionizante inducida por TC idónea debería ser 0 mGy, que se interpreta como “no realizarse la TC si no se obtiene una justificación clínica”(23).

A pesar de cumplir con las recomendaciones de la ICPR, aún existe una sobredosis de radiación ionizante por TC al paciente, debido a: No realizar estudios clínicos solicitando el estudio radiológico sin obtener importantes aportes al diagnóstico (como estudio de TC para diagnosticar apendicitis). No tener protocolos idóneos

clasificados por sexo, índice de masa corporal, edad (29). Debido a ello, en el 2007 se formó alianzas para reducir las sobre exposiciones a dosis de radiación ionizante, denominando a estas mega campañas de concientización como **Image Gently** (30). **Los mecanismos y estrategias** para reducir dosis de radiación a pacientes de TC deben tener consideraciones en acciones a nivel de procedimientos internos y externos. A estas acciones internas lo denominaremos **Protocolos en Tomografía Computada**, que son aquellos que manipulan los parámetros del equipo de TC. A las acciones externas lo denominaremos **Procedimientos Administrativos y Fiscalizadores**, que son aquellas que no tienen injerencia en el propio equipo de TC. Estos mecanismos y estrategias se grafican en el **anexo 6**.

- **Protocolos en Tomografía Computada**

En nuestros días, los equipos de TC han tenido un avance tecnológico exponencial, teniendo equipamiento, tanto en calidad de imagen como en tiempos de adquisición. Pero esto ha conllevado a dosis innecesarias que los Tecnólogos Médicos operadores del equipo de TC han dejado de lado (23). Por tal razón, abordaremos el tema, describiendo los parámetros de los factores de protocolos de TC que influyen la calidad de la imagen radiológica, la dosis de radiación ionizante y como se puede alterar la reducción de dosis de radiación (23,29). Los parámetros que pueden modificarse para reducir la dosis de radiación ionizante incluyen: el haz de rayos X, la corriente del tubo de rayos X, PITCH, la colimación del haz de rayos X, el rango de estudio, la modulación de la corriente del tubo de rayos X, la reducción de fases innecesarias y el centraje del paciente. Para más información, véase **anexo 7**.

- **Procedimientos Administrativos y Fiscalizadores**

La TC es el método de diagnóstico más utilizado en nuestras áreas asistenciales, que reporta informes confiables, por lo que las solicitudes de este estudio continúan en crecimiento exponencial (31). Por lo tanto, se ha descrito las siguientes estrategias para reducir el riesgo de sobredosis de radiación ionizante en pacientes sometidos a TC: fiscalizar la justificación de cada solicitud de TC, promover alternativas de diagnóstico sin dosis de radiación ionizante, supervisar el cumplimiento de los NRD en TC, establecer protocolos específicos e institucionalizar las plataformas de gestión de dosis de radiación. Para más información, véase **anexo 8**.

#### **IV. CONCLUSIONES**

Los estudios revisados en el presente trabajo describen una probabilidad baja, pero existente, de desarrollar cáncer inducido por la exposición a dosis de radiación ionizante asociadas a la TC, estimada en 1 caso por cada 10.000 pacientes sometidos a este procedimiento. Dichos pacientes presentan un riesgo de desarrollar cáncer radioinducido, dentro de un período de 10 a 15 años, en órganos como la tiroides, las mamas, la cavidad oral, los pulmones, así como un mayor riesgo de leucemia y tumores cerebrales. Por ello, la realización de estudios de TC debe estar sujeta a una estricta evaluación riesgo-beneficio (justificación), con especial rigurosidad en pacientes pediátricos, quienes presentan una mayor sensibilidad a la radiación y, por ende, una incrementada probabilidad de desarrollar cáncer radioinducido a largo plazo.

La implementación de **Protocolos en Tomografía Computada** para la reducción de las dosis de radiación ionizante, con un potencial de disminución de hasta un 50%, debe ser masificada y adoptada como un requisito obligatorio en la realización de estudios de TC. Asimismo, los **Procedimientos Administrativos y Fiscalización** dirigidos a la reducción de la exposición a la radiación deben recibir la debida importancia, destacando entre ellos la implementación de **plataformas de Gestión de Dosis de Radiación**.

Este sistema de gestión propone la aplicación de restricciones y/o alertas relacionadas con las dosis de radiación, basadas en la interconectividad nacional

del historial de exposición. Dicho historial se almacenaría en los documentos nacionales de identidad de los pacientes sometidos a estudios de TC, permitiendo un control más efectivo y personalizado de la radiación acumulada.

Con base en esta revisión, se evidencia que tanto las regulaciones internas como las externas contribuyen a la realización de estudios de TC de manera más segura y eficiente. Por lo tanto, en países como el Perú, resulta fundamental diseñar e implementar normativas que garanticen la correcta ejecución de los procedimientos, minimizando el riesgo de sobredosis de radiación ionizante en los pacientes sometidos a estudios de TC.

## V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Brody AS, Frush DP, Huda W, Brent RL, and the Section on Radiology. Radiation Risk to Children From Computed Tomography. *Pediatrics*. 1 de septiembre de 2007;120(3):677-82.
2. Rehani MM, Berry M. Radiation doses in computed tomography. The increasing doses of radiation need to be controlled. *BMJ*. 1 de marzo de 2000;320(7235):593-4.
3. Mauriño MCN. DOSIS EFECTIVA DE RADIACIÓN POR TOMOGRAFÍA AXIAL COMPUTARIZADA COMO FACTOR DE RIESGO PARA EL DESARROLLO DE NEOPLASIAS HOSPITAL DEL NIÑO 2019.
4. Hernández LP, García NF, Pérez EM, Rodríguez LR, Guinea OF. ESTRATEGIAS DE REDUCCION DE DOSIS EN TC. Seram [Internet]. Disponible en: <https://piper.espacio-seram.com/index.php/seram/article/view/1375>
5. Ramos N O, Villarreal U M. Disminución de la dosis de radiación en el radiodiagnóstico. *Revista chilena de radiología*. 2013;19(1):5-11.
6. Mondaca A R. POR QUE REDUCIR LAS DOSIS DE RADIACION EN PEDIATRIA. *Revista chilena de radiología*. 2006;12(1):28-32.

7. Serra H. A, Ramírez M. C, Véliz H. J, Salas O. MI, Pérez A. J, Vera M. F, et al. Valores típicos de dosis para tomografía computada de cerebro en pacientes adultos. Revista chilena de radiología. marzo de 2020;26(1):25-31.
8. Lazo-Gonzales O, Santivañez-Pimentel A. Atención de salud con calidad.
9. Hrescak MCO, Socolsky GA. Godfrey Newbold Hounsfield: historia e impacto de la tomografía computada.
10. Imaging Technology News [Internet]. 2014 [citado 28 de enero de 2025]. The Eclectic History of Medical Imaging. Disponible en: <http://www.itnonline.com/article/eclectic-history-medical-imaging>
11. Leal IFL, Ortega MEF, Mayorga TPR, Escobar TMR. Tomografía computarizada innovaciones y usos clínicos. Dominio de las Ciencias. 9 de diciembre de 2024;10(4):1694-709.
12. Andisco D, Blanco S, Buzzi AE. Dosimetría en tomografía computada. Revista argentina de radiología. septiembre de 2014;78(3):156-60.
13. Radiación ionizante en TC: un tema de reflexión [Internet]. [citado 16 de enero de 2025]. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/anaradmex/arm-2012/arm122d.pdf>
14. Ubeda de la C. C, Vaño C. E, Ruiz Cruces. R, Soffia S. P, Fabri G. D, Ubeda de la C. C, et al. Niveles de referencia para diagnóstico: Una herramienta

- efectiva para la protección radiológica de pacientes. Revista chilena de radiología. marzo de 2019;25(1):19-25.
15. Soffia P, Ubeda C, Miranda P, Rodríguez JL. Radioprotección al día en radiología diagnóstica: Conclusiones de la Conferencia Iberoamericana de Protección Radiológica en Medicina (CIPRaM) 2016. Revista chilena de radiología. 2017;23(1):15-9.
16. Directiva 2013/59/Euratom del Consejo, de 5 de diciembre de 2013, por la que se establecen normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes, y se derogan las Directivas 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom y 2003/122/Euratom.
17. CÁNCER Y BAJAS DOSIS DE RADIACIÓN. PROTECCIÓN DE PACIENTES PEDIÁTRICOS EN TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA [Internet]. [citado 12 de febrero de 2025]. Disponible en: [https://www.ramedtfe.es/wp-content/uploads/2023/01/CANCER\\_BAJAS\\_DOSIS\\_RADIACION\\_PROTECCION\\_PACIENTES\\_PEDIATRICOS\\_TOMOGRAFIA\\_COMPUTARIZADA\\_V5N2.pdf](https://www.ramedtfe.es/wp-content/uploads/2023/01/CANCER_BAJAS_DOSIS_RADIACION_PROTECCION_PACIENTES_PEDIATRICOS_TOMOGRAFIA_COMPUTARIZADA_V5N2.pdf)
18. Aguirre Hurtado CA, Castellanos López ME. Dosis efectiva en pacientes adultos en tomografía computarizada [Internet]. Pontificia Universidad

- Javeriana; 2021 [citado 5 de febrero de 2025]. Disponible en:  
<https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/56049>
19. Calzado A, Geleijns J. Tomografía computarizada. Evolución, principios técnicos y aplicaciones. Revista de Física Médica [Internet]. 2010 [citado 26 de enero de 2025];11(3). Disponible en:  
<https://revistadefisicamedica.es/index.php/rfm/article/view/115>
20. Informe mundial sobre niveles de la exposición a la radiación ionizante en medicina [Internet]. [citado 30 de enero de 2025]. Disponible en:  
<https://revistas.uta.cl/pdf/3102/01-editorial%201%20pag.rev.10.1%201.pdf>
21. Einstein AJ. Beyond the Bombs: Cancer Risks from Low-Dose Medical Radiation. Lancet. 4 de agosto de 2012;380(9840):455-7.
22. Renedo De La Hoz S. Riesgos de la radiación en imágenes pediátricas. Neumol Pediatr. 8 de octubre de 2021;10(2):54-7.
23. Raman SP, Mahesh M, Blasko RV, Fishman EK. CT Scan Parameters and Radiation Dose: Practical Advice for Radiologists. Journal of the American College of Radiology. noviembre de 2013;10(11):840-6.
24. Mathews JD, Forsythe AV, Brady Z, Butler MW, Goergen SK, Byrnes GB, et al. Cancer risk in 680 000 people exposed to computed tomography scans in childhood or adolescence: data linkage study of 11 million Australians. BMJ. 21 de mayo de 2013;346:f2360.

25. Molins MFM. Protección radiológica pediátrica. 2023;
26. Bosch De Basea M, Moraña D, Figuerola J, Barber I, Muchart J, Lee C, et al. Subtle excess in lifetime cancer risk related to CT scanning in Spanish young people. *Environment International*. noviembre de 2018;120:1-10.
27. Vega FG, ROLDAN J, Botero MAO, Gonzalez ERA, Villate VH, Bauza CR. SERAM 2012 EPOS. European Congress of Radiology - SERAM 2012; 2012 [citado 2 de diciembre de 2024]. Ultra baja dosis en TC de Pediatría. ¿Hasta cuánto se puede bajar? Disponible en: <https://epos.myesr.org/poster/esr/seram2012/S-1401>
28. Linet MS, Slovis TL, Miller DL, Kleinerman R, Lee C, Rajaraman P, et al. Cancer risks associated with external radiation from diagnostic imaging procedures. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*. 2012;62(2):75-100.
29. Image Gently: Diez pasos que puede seguir para optimizar la calidad de la imagen y reducir la dosis de TC para pacientes pediátricos [Internet]. [citado 31 de enero de 2025]. Disponible en: <https://ajronline.org/doi/epdf/10.2214/AJR.09.4091>
30. Brady Z, Cain TM, Johnston PN. Justifying referrals for paediatric CT. *Medical Journal of Australia*. 2012;197(2):95-9.
31. Strauss KJ, Goske MJ, Kaste SC, Bulas D, Frush DP, Butler P, et al. Image Gently: Ten Steps You Can Take to Optimize Image Quality and Lower CT Dose

for Pediatric Patients. American Journal of Roentgenology. abril de  
2010;194(4):868-73.

## ANEXOS

### Anexo 1. Estrategia de búsqueda

**Tabla de Población – Concepto – Contexto (PCC)**

<b>POBLACIÓN</b>	<b>CONCEPTO</b>	<b>CONTEXTO</b>
Pacientes del Perú para diagnóstico con Tomografía Computada.	Tomografía Computada como estudio de ayuda diagnóstica.	Riesgos de sobredosis de radiación ionizante en pacientes.
¿Cuáles son las estrategias y mecanismos para reducir los riesgos de sobredosis de radiación ionizante en pacientes de servicios de Tomografía Computarizada en el Perú?		

### **PALABRAS CLAVES / DESCRIPTORES / OPERADOR BOOLEANOS**

**P: (“Patients”)**

**AND**

**C: (“Spiral Computed Tomography”)**

**AND**

**C: (“Radiation Dosage”)**

**Anexo 2. Fuentes de información.** Las fuentes que se utilizará para recopilar información serán mediante buscadores de web Google Scholar y Pub Med.

<b>NÚMERO</b>	<b>BÚSQUEDA EN INGLÉS PUBMED 2010 – 2025</b>	<b>CANTIDAD</b>
#1	“Patients”	4 644 550
#2	“Spiral Computed Tomography”	3 351
#3	“Radiation Dosage”	25 073
#1 AND #2	“Patients” AND “Spiral Computed Tomography”	2 017
#2 AND #3	“Spiral Computed Tomography” AND “Radiation Dosage”	259
#1 AND #2 AND #3	“Patients” AND “Spiral Computed Tomography” AND “Radiation Dosage” (Período enero 2010 hasta enero del 2025)	158

<b>NÚMERO</b>	<b>BÚSQUEDA EN INGLÉS GOOGLE SCHOLAR 2010 – 2025</b>	<b>CANTIDAD</b>
#1	“Patients”	854 000
#2	“Spiral Computed Tomography”	17 300
#3	“Radiation Dosage”	16 600
#1 AND #2	“Patients” AND “Spiral Computed Tomography”	17 700
#2 AND #3	“Spiral Computed Tomography” AND “Radiation Dosage”	311
#1 AND #2 AND #3	“Patients” AND “Spiral Computed Tomography” AND “Radiation Dosage” (Período enero 2010 hasta enero del 2025)	289

### Anexo 3.

**Tabla N° 1. Principales valores máximos propuestos por la Comunidad**

**Europea**

<b>Tipo de estudio</b>	<b>CTDI<sub>w</sub> (mGy)</b>	<b>DLP (mGy.cm)</b>
<b>Cabeza de rutina</b>	<b>60</b>	<b>1050</b>
<b>Tórax</b>	<b>30</b>	<b>650</b>
<b>Abdomen</b>	<b>35</b>	<b>780</b>
<b>Pelvis</b>	<b>25</b>	<b>570</b>
<b>Cara y fosas nasales</b>	<b>35</b>	<b>360</b>
<b>Trauma vertebral</b>	<b>70</b>	<b>460</b>
<b>Pulmones de alta resolución</b>	<b>35</b>	<b>280</b>
<b>Hígado</b>	<b>35</b>	<b>900</b>
<b>Pelvis ósea</b>	<b>25</b>	<b>520</b>

Elaboración propia. Adaptado del estudio de Dosimetría en tomografía computada de los autores D. Andisco, S. Blanco y A.E. Buzzi (12). (CTDI<sub>w</sub>: Índice de Dosis en TC ponderado y DLP: Producto Dosis Longitud).

#### Anexo 4.

**Tabla N° 2. Principales valores máximos propuestos por la  
Comunidad Europea en TC pediátrica**

<b>Tipo de estudio</b>	<b>Grupo de edad (años)</b>	<b>CTDI<sub>vol</sub> (mGy)</b>	<b>DLP (mGy.cm)</b>
<b>Cabeza</b>	<b>0</b>	<b>25</b>	<b>300</b>
	<b>1</b>	<b>25</b>	<b>370</b>
	<b>5</b>	<b>38</b>	<b>505</b>
	<b>10</b>	<b>53</b>	<b>700</b>
	<b>15</b>	<b>60</b>	<b>900</b>
<b>Tórax</b>	<b>0</b>	<b>2,7</b>	<b>45</b>
	<b>1</b>	<b>3,3</b>	<b>80</b>
	<b>5</b>	<b>5,6</b>	<b>115</b>
	<b>10</b>	<b>5,7</b>	<b>180</b>
	<b>15</b>	<b>6,9</b>	<b>200</b>
<b>Abdomen</b>	<b>0</b>	<b>3,7</b>	<b>90</b>
	<b>1</b>	<b>5,7</b>	<b>160</b>
	<b>5</b>	<b>5,7</b>	<b>170</b>
	<b>10</b>	<b>7,0</b>	<b>290</b>
	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>580</b>

Elaboración propia. Adaptado del estudio de Cáncer y bajas dosis de radiación. Protección de pacientes pediátricos en tomografía computarizada del autor Dr. D. José Hernández Armas (17). (CTDI<sub>vol</sub>: Índice de Dosis en TC volumétrico y DLP: Producto Dosis Longitud).

## Anexo 5.

**Tabla N° 3. Fundamentos de radiosensibilidad de pacientes pediátricos**

<b>Fundamento</b>	<b>Descripción</b>
<b>Mayor radiosensibilidad</b>	El mayor daño biológico y probabilidad de modificar la información genética se dan en las fases G2 y M de la mitosis celular. Por consecuencia, los niños tienen una proliferación tisular de mayor número de mitosis, haciendo, a la población Tomografía Computada pediátrica, de una mayor probabilidad de desarrollar un cáncer inducido por dosis de radiación ionizante.
<b>Mayor tiempo de sobrevida</b>	La probabilidad de desarrollar cáncer inducido por radiación se da en un periodo de 10 a 15 años posterior a los estudios de TC. Así pues, los niños tienen, estadísticamente, mayor probabilidad de desarrollar cáncer inducido por radiación, en comparación a otro grupo etario, que pueden fallecer por otras causas.
<b>Mayor exposición a la radiación</b>	La dosis de radiación ionizante en los adultos es atenuada y disminuye desde la piel hacia el interior del cuerpo del paciente. En los pacientes de Tomografía Computada pediátrica, este efecto no es posible, porque tienen menor masa corporal, por tal razón, los órganos infantiles reciben mayor dosis.

Elaboración propia. Adaptado del estudio de Radiation risks in pediatric

images de la autora Dra. Susana Renedo de la Hoz (22).

**Anexo 6.**

**Figura 1. Estrategias y Mecanismos para disminuir dosis de radiación en TC**



Elaboración propia con imagen referencial creada por Inteligencia Artificial (IA)

Anexo 7.

**Tabla N° 4. Protocolos en Tomografía Computada para reducir dosis de radiación ionizante**

<b>Parámetro</b>	<b>Descripción</b>	<b>Acciones por aplicar</b>
<b>Haz de rayos X</b>	La diferencia de potencial de un tubo de rayos X de TC, tiene una magnitud expresada en kilovoltios (kV), cuyos valores oscilan desde los 80 hasta los 140 kV.	Reducir la energía del haz de radiación, <b>puede reducir hasta en un 50% la dosis de radiación.</b>
<b>Corriente del tubo de rayos X</b>	La corriente eléctrica de un tubo de rayos X está expresada en miliamperios (mA), el cual, es el principal factor de manipulación para reducir la dosis de radiación en los pacientes.	Los valores de esta magnitud van desde los 50 a 800 mA, cuya reducción en los protocolos de adquisición, <b>son reducidos directamente proporcionales a la dosis de radiación.</b>
<b>Factor de paso (PITCH)</b>	PITCH es la relación del desplazamiento longitudinal de la mesa del equipo con un giro completo del tubo de rayos X con influencia del espesor del haz de radiación.	Al aumentar el valor del PITCH, podemos <b>disminuir significativamente la dosis de radiación.</b>
<b>Colimación del haz de rayos X</b>	Es la denominación a la apertura del haz de radiación.	Cuanto más estrecha es la colimación, <b>más dosis de radiación se imparte al paciente.</b>
<b>Rango de estudio</b>	Es la longitud de exploración en el eje z.	Las dimensiones de exploración del estudio deben ceñirse a lo solicitado, y <b>no extenderse, para así, no incrementar la dosis de radiación en el paciente.</b> También es recomendable dejar de lado, la

<b>Modulación de la corriente del tubo de rayos X</b>	Función en equipos de TC de última generación. Esta se caracteriza por oscilar la energía del tubo de rayos X, de diferentes espesores y atenuaciones del paciente de TC.	exageración exploratoria para considerar “hallazgos incidentales en TC”. Dado que estadísticamente, no tiene una relevancia clínica.  La mejor imagen radiológica, es aquella que ostenta un alto contraste de imagen, sin ruidos, con una aceptable resolución espacial y con un mínimo de artefactos. Por lo tanto, la modulación de corriente automatiza por espesores del paciente y niveles de atenuación, <b>logrando una significativa reducción de dosis de radiación.</b>
<b>Reducir fases innecesarias</b>	El personal asistencial no debe ceñirse estrictamente a un protocolo de TC, dado que, sobre todo en pacientes hospitalizados, pueden modificarse y eliminar el número de fases de estudio de TC.	Al reducir fases de poca relevancia clínica, se puede <b>reducir hasta en un 30% de dosis de radiación ionizante</b> por TC.
<b>Centraje del paciente</b>	El paciente de TC debe posicionarse en el isocentro de equipo.	El posicionamiento del paciente en el isocentro del equipo de TC permite mejorar la calidad de imagen radiológica, por lo que se <b>podría disminuir la dosis de radiación.</b> También se debe protocolizar el posicionamiento de brazos antes de la exploración, dado que reduce significativamente la dosis de radiación.

---

**Anexo 8. Tabla N° 5.**

**Procedimientos Administrativos y Fiscalizadores para reducir dosis de radiación ionizante**

<b>Estrategias extrínsecas</b>	<b>Acciones por aplicar</b>
<b>Fiscalizar la justificación de cada solicitud de TC</b>	En Latinoamérica (a excepción de la Sociedad Argentina de Radiología), la TC injustificada no son reguladas, ni fiscalizadas por ningún ente rector. Por lo tanto, se debería implementar guías clínicas médicas, reguladas por los colegios médicos, para fiscalizar las solicitudes de estudios con TC (15).
<b>Promover alternativas de diagnóstico sin radiación ionizante</b>	Promover y fiscalización la idónea utilización de alternativas que no generen dosis de radiación ionizante en el paciente. Como, por ejemplo, mayor evaluación clínica, realización de exámenes de laboratorio, ecografía para controles de pacientes hospitalizados, resonancia magnética, entre otros estudios.
<b>Supervisar el cumplimiento de los NRD en TC</b>	La TC es el estudio que imparte dosis de radiación ionizante al paciente de mayor porcentaje de uso (14). Por lo tanto, se debería fiscalizar y documentar, manualmente o mediante apoyo de un software, el historial de la dosis de radiación que recibe cada paciente de TC.
<b>Establecer protocolos específicos</b>	Los pacientes con mayor radiosensibilidad y mayor riesgo de desarrollar cáncer inducido por radiación son los niños. Por tal razón, se debería tener los protocolos individualizados para cada paciente pediátrico (22).
<b>Institucionalizar las plataformas de Gestión de Dosis de Radiación</b>	En el año 2019, la comunidad europea publicó la obligación de registrar y controlar la dosis de radiación ionizante de todos los estudios realizados a los pacientes. Esta fiscalización, se da, por la publicación de la Directiva 2013/59/EURATOM (16), que obliga a la instalación de un plataforma de gestión de dosis de radiación. En esta plataforma, automatizada e interconectada a nivel nacional, se graba la dosis de cualquier estudio radiológico, advierte si supera los NRD e incluso bloquea por duplicidad. En el Perú, esta información se podría gestionarse como almacén de información, en las memorias de los Documentos Nacionales de Identidad (DNI).