



# OPTIMIZACIÓN DE PARÁMETROS DE EXPOSICIÓN EN RADIOGRAFÍAS CONVENCIONALES EN EL CENTRO DE ESPECIALIDADES MÉDICAS SERVIMAGEN

## OPTIMIZATION OF EXPOSURE PARAMETERS IN CONVENTIONAL RADIOGRAPHS

Miguel Alejandro Barreno Segovia<sup>1</sup>, Kevin Alexander Rubio<sup>2</sup>, Tamara Solange Quinde Olvera<sup>3</sup>, Mayra Alejandra Guerrero Ávila<sup>4</sup>

miguel\_barreno@sangabrielriobamba.edu.ec<sup>1</sup>, kevoalexdu19@gmail.com<sup>2</sup>, tamara199288@hotmail.com<sup>3</sup>, alejandra\_guerrero23@outlook.es<sup>4</sup>

Fecha de recepción: 11/06/2025 / Fecha de aceptación: 14/06/2025 / Fecha de publicación: 15/06/2025

**RESUMEN:** La presente investigación se llevó a cabo en el centro SERVIMAGEN de Riobamba con el objetivo de estandarizar y optimizar los parámetros técnicos empleados en estudios radiográficos convencionales, como tórax, abdomen, columna lumbosacra y extremidades. Se adoptó un enfoque cuantitativo, descriptivo y comparativo. En una primera fase retrospectiva se analizaron 350 radiografías clínicas, evaluando valores de kilovoltaje pico (kVp), miliamperaje-segundo (mAs) y, cuando fue posible, el Producto Dosis Área (DAP). Posteriormente, se aplican combinaciones técnicas optimizadas en un fantoma antropomórfico bajo condiciones clínicas simuladas, evaluando la calidad de imagen conforme a los Criterios Europeos de Calidad Diagnóstica. Los valores promedio obtenidos, como  $115 \pm 5$  kVp y  $2.5 \pm 1.0$  mAs para tórax PA en adultos, y  $80 \pm 7$  kVp y  $1.0 \pm 0.3$  mAs en pediátricos, fueron utilizados para elaborar una tabla de referencia técnica por tipo de estudio y grupo etario. Las dosis absorbidas, mediante medidas dosímetros termoluminiscentes (TLD) en 120 pacientes, se mantuvieron dentro de los límites establecidos por organismos internacionales, con valores como 0.110 mGy para tórax PA y 0.680 mGy para abdomen AP. El 88% de las imágenes analizadas obtuvieron una calidad de diagnóstico buena o excelente, y la tasa de repetición fue inferior al 5%, principalmente por errores de posicionamiento. Como producto final, se desarrolló una guía técnica interna que incluye protocolos optimizados de exposición y posicionamiento, útiles tanto para el personal del centro como para su eventual adopción en otras instituciones similares. Este estudio evidencia la importancia de revisar sistemáticamente los parámetros técnicos como estrategia para mejorar la calidad radiológica, reducir la variabilidad entre operadores y fortalecer la seguridad del paciente bajo el principio ALARA.

<sup>1</sup>Tecnología Superior en Imagenología y Radiología, Instituto Superior Tecnológico San Gabriel, Ecuador, <https://orcid.org/0009-0005-2501-442X>; +593995921108.

<sup>2</sup>Tecnología Superior en Imagenología y Radiología, Instituto Superior Tecnológico San Gabriel, Ecuador, <https://orcid.org/0009-0004-8468-4426>; +593 99 728 0090.

<sup>3</sup>Tecnología Superior en Imagenología y Radiología, Instituto Superior Tecnológico San Gabriel, Ecuador, <https://orcid.org/0009-0003-6117-4530>; +593 97 989 1174.

<sup>4</sup>Tecnología Superior en Imagenología y Radiología, Instituto Superior Tecnológico San Gabriel, Ecuador, <https://orcid.org/0009-0009-8918-0573>; +593 99 583 8845.



**Palabras clave:** *Parámetros técnicos, Radiografía, Optimización, Dosis de radiación, Calidad de la imagen diagnóstica, Posicionamiento del paciente, Protocolos radiológicos*

**ABSTRACT:** This research was conducted at the SERVIMAGEN center in Riobamba with the aim of standardizing and optimizing the technical parameters used in conventional radiographic studies, such as chest, abdomen, lumbosacral spine, and extremities. A quantitative, descriptive, and comparative approach was adopted. In the initial retrospective phase, 350 clinical radiographs were analyzed to evaluate peak kilovoltage (kVp), milliampere-seconds (mAs), and, when available, Dose Area Product (DAP). Optimized technical combinations were later applied using an anthropomorphic phantom under simulated clinical conditions, with image quality assessed based on the European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images. Average exposure values such as  $115 \pm 5$  kVp and  $2.5 \pm 1.0$  mAs for adult PA chest X-rays, and  $80 \pm 7$  kVp and  $1.0 \pm 0.3$  mAs for pediatric patients, were used to develop a reference table by study type and age group. Radiation doses measured with thermoluminescent dosimeters (TLDs) in 120 patients remained within international reference limits, with examples including 0.110 mGy for PA chest and 0.680 mGy for abdominal AP. A total of 88% of images achieved good or excellent diagnostic quality, and the repeat rate was below 5%, mainly due to positioning or exposure errors. As a final product, an internal technical guide was developed including optimized exposure and positioning protocols, which are useful for in-house staff and potentially adoptable by other healthcare institutions. This study highlights the importance of systematic review and adjustment of technical parameters as a key tool to enhance radiological quality, reduce inter-operator variability, and strengthen patient safety under the ALARA principle.

**Keywords:** *Technical parameters, Radiography, Optimization, Radiation dose, Diagnostic image quality, Patient positioning, Radiological protocols*

## INTRODUCCIÓN

La radiografía convencional continúa siendo una herramienta esencial dentro del diagnóstico por imagen, debido a su accesibilidad, rapidez y costo relativamente bajo en comparación con otras modalidades como la tomografía computarizada o la resonancia magnética. Sin embargo, la calidad de las imágenes obtenidas mediante esta técnica depende en gran medida de una correcta selección de los parámetros técnicos de exposición, principalmente el kilovoltaje (kVp) y el miliamperaje por segundo (mAs) (1). Estos factores no solo determinan la calidad diagnóstica de la imagen, sino también la cantidad de radiación que recibe el paciente. Por tanto, la optimización de dichos parámetros representa una prioridad tanto desde el punto de vista clínico como desde la perspectiva de la radioprotección (2).

La calidad de una imagen radiográfica está directamente relacionada con su capacidad para mostrar detalles anatómicos con claridad, permitiendo una correcta interpretación por parte del profesional médico. Una exposición inadecuada puede resultar en imágenes subexpuestas —con escaso contraste y excesivo ruido— o sobreexpuestas —con pérdida de detalles en zonas densas—, dificultando la identificación de estructuras o patologías (3). Este tipo de deficiencias



compromete la precisión diagnóstica y puede conducir a errores clínicos que afectan negativamente el tratamiento del paciente. Además, cuando la calidad de la imagen no cumple con los criterios diagnósticos requeridos, es frecuente la repetición del estudio, lo que conlleva una exposición innecesaria a la radiación ionizante (4).

Desde la óptica de la seguridad radiológica, este aspecto cobra aún mayor importancia. La exposición acumulativa a radiación puede generar efectos estocásticos, como un incremento en el riesgo de desarrollar neoplasias a largo plazo. Por este motivo, organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) y la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA) promueven la aplicación del principio ALARA (As Low As Reasonably Achievable), que propone mantener la exposición a la radiación tan baja como sea razonablemente posible, sin sacrificar la calidad de la imagen requerida para un diagnóstico preciso (5, 6).

En la práctica clínica cotidiana, la configuración de los parámetros de exposición muchas veces queda sujeta a la experiencia individual del técnico radiólogo o tecnólogo médico, lo que introduce una alta variabilidad en los resultados (7). Esta falta de estandarización no solo puede derivar en imágenes de calidad subóptima, sino que también representa un riesgo para la seguridad del paciente y del personal que opera los equipos. Si bien existen recomendaciones generales y protocolos establecidos por sociedades científicas, su aplicación varía considerablemente entre países, instituciones e incluso entre profesionales dentro del mismo centro de salud (8).

Diferentes estudios han evidenciado que la implementación de protocolos de exposición estandarizados, adaptados a las características anatómicas del paciente, el tipo de estudio y el equipo utilizado, permite mejorar de manera significativa la calidad de las imágenes, al tiempo que se reduce la dosis de radiación (9). La estandarización también favorece la reproducibilidad y facilita auditorías internas de calidad, elementos clave en los sistemas de gestión hospitalaria orientados a la seguridad del paciente. No obstante, aún persisten brechas importantes en la adopción de estos protocolos, particularmente en países en desarrollo, donde la capacitación continua y la renovación tecnológica suelen ser limitadas (10).

En este contexto, el presente estudio se enfoca en la evaluación y análisis de los parámetros técnicos utilizados en la práctica de radiografías convencionales dentro de un centro radiológico de la ciudad de Riobamba, con el objetivo de determinar combinaciones óptimas de kVp y mAs que permitan obtener imágenes de alta calidad diagnóstica con la menor exposición posible. Para ello, se realizará una revisión de estudios frecuentes, se identificarán valores promedio utilizados, y se propondrá una estandarización de parámetros en función de los hallazgos técnicos y clínicos. La investigación incluirá también la evaluación del impacto que estos parámetros tienen en la necesidad de repetir estudios, en la claridad de las estructuras anatómicas visualizadas y en la dosis estimada recibida por los pacientes.

A través de este análisis, se busca aportar evidencia científica local que contribuya a una práctica más segura, eficiente y homogénea en los servicios de imagenología, promoviendo una cultura de mejora continua basada en la calidad y la protección radiológica (6,9). La optimización de



parámetros no solo favorece al paciente al reducir su exposición, sino que también beneficia al personal técnico, al mejorar los estándares de calidad en su labor diaria, y al sistema de salud en general, al minimizar costos por repeticiones innecesarias y aumentar la eficiencia operativa (10).

En conclusión, esta investigación responde a una necesidad real del entorno clínico actual: la búsqueda de un equilibrio entre calidad de imagen y dosis de radiación. La implementación de protocolos técnicos basados en evidencia permitirá avanzar hacia una radiología más estandarizada, segura y orientada a resultados, en línea con los principios fundamentales de la atención médica moderna (5).

## MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrollará en el Centro de especialidades SERVIMAGEN, ubicado en la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo. Este centro fue seleccionado por su alto volumen de pacientes y por ser una institución de referencia en radiología diagnóstica a nivel local, la muestra a utilizar es: La diversidad y frecuencia de estudios realizados en SERVIMAGEN lo hacen un excelente lugar donde se podrá analizar, comparar y con esto, proponer una optimización en los parámetros técnicos aplicados a los pacientes cuando se obtienen radiografías convencionales.

El número total de estudios por tipo estimado con base en volumen anual, por estudio, fue de:

- Tórax: 2000–3000/año → ~6000–9000 en 3 años
- Abdomen: 1000–1500/año → ~3000–4500
- Columna lumbosacra: ~1200/año → ~3600
- Mano, antebrazo, rodilla: ~800–1000/año cada uno → ~2400–3000

Se ha seleccionado en estudios retrospectivos descriptivos/comparativos:

- Entre 5% a 10% de los estudios disponibles de cada tipo, cuidando la variabilidad anatómica, técnica y etaria.
- De 30–50 imágenes por subgrupo para análisis estadístico válido (según normas básicas de estadística inferencial).

El enfoque de esta investigación será cuantitativo, de tipo descriptivo y comparativo. La primera fase consistirá en una revisión retrospectiva de radiografías obtenidas durante los últimos seis meses, accediendo al archivo digital del centro de especialidades médicas (PACS). Se seleccionará una muestra representativa de estudios frecuentes como radiografías de tórax, abdomen, columna lumbosacra, mano, antebrazo y rodilla, tanto en pacientes adultos como pediátricos. Para garantizar la homogeneidad y comparabilidad de los datos, se filtrarán únicamente imágenes con buena calidad diagnóstica, agrupadas por tipo de estudio, región anatómica y edad aproximada del paciente.



Para cada imagen seleccionada se registrarán los parámetros técnicos utilizados: kilovoltaje pico (kVp), miliamperaje-segundo (mAs), y en caso de estar disponible, el Producto Dosis Área (DAP). Asimismo, se recopilarán datos clínicos relevantes como la proyección empleada, el peso estimado del paciente y la presencia de patologías que puedan haber influido en los ajustes técnicos. Esta información se sistematizará en hojas de recolección previamente diseñadas, resguardando la confidencialidad mediante el uso de códigos anónimos. No se registrará información personal del paciente, cumpliendo con los principios éticos de la investigación en salud.

Con base en los datos recopilados, se calcularán los valores promedio de exposición para cada tipo de estudio, permitiendo identificar patrones, variabilidad y oportunidades de mejora. A partir de este análisis se propondrán combinaciones estandarizadas de kVp y mAs orientadas a optimizar la calidad de imagen y reducir la dosis de radiación, siguiendo el principio ALARA (As Low As Reasonably Achievable) y las recomendaciones de Bushong y la IAEA (1,6).

En una segunda fase, estas combinaciones serán evaluadas en condiciones simuladas utilizando un fantoma antropomórfico adulto. Se realizarán nuevas radiografías con los parámetros estandarizados, empleando el equipo ECORAY HF525 del centro, el cual cuenta con control automático de exposición (AEC) y un sistema de alta frecuencia que permite un ajuste preciso de los factores técnicos. Las imágenes obtenidas serán analizadas por un equipo multidisciplinario compuesto por radiólogos y tecnólogos médicos, quienes evaluarán la nitidez, contraste, visibilidad anatómica y presencia de artefactos, basándose en los Criterios Europeos de Calidad de Imagen Diagnóstica (8). Esta evaluación se hará de forma ciega y mediante una escala cualitativa (pobre, aceptable, buena, excelente), registrando también si fue necesario repetir el estudio como indicador de eficacia.

De manera complementaria, en estudios prospectivos se utilizarán dosímetros termoluminiscentes (TLD) para medir la dosis efectiva de radiación absorbida por el paciente. Los TLD, compuestos por cristales de fluoruro de litio activado (LiF:Mg,Ti), serán proporcionados por la empresa Dosis Control y colocados sobre la superficie del paciente en la zona de entrada del haz. Su lectura posterior permitirá comparar las dosis antes y después de la implementación de los nuevos parámetros, conforme a los lineamientos internacionales de la ICRP y la IAEA.

Los datos obtenidos serán analizados mediante estadística descriptiva y pruebas inferenciales como la t de Student o ANOVA, con el fin de determinar si las nuevas combinaciones propuestas generan una mejora significativa en la calidad de imagen y/o en la reducción de dosis en comparación con los parámetros previamente utilizados.

El producto final de esta investigación incluirá una tabla guía de valores de exposición sugeridos por tipo de estudio y grupo etario (adulto y pediátrico), similar a los rangos recomendados por la literatura y organismos internacionales (2, 1, 9).

**Tabla 1. Valores de exposición sugeridos**

Estudio Radiográfico	Posición del paciente	Adultos	Niños
		(kVp / mAs)	(kVp / mAs)
Tórax PA	De pie, PA, escápulas fuera del campo	110–120 / 1–3	70–85 / 0.5–1.5
Tórax Lateral	De pie, lateral, brazos en alto	120 / 3–5	80–90 / 1–2
Abdomen AP	Supino, brazos a los lados	70–80 / 20–30	60–70 / 5–10
Columna Lumbosacra AP	Supino, pelvis centrada	75–85 / 25–40	65–75 / 10–20
Columna Lumbosacra Lateral	Lateral con rodillas flexionadas	85–95 / 40–60	70–80 / 20–30
Mano AP y Lateral	Sentado, mano sobre la mesa	50–60 / 1–2	45–55 / 0.5–1
Antebrazo AP y Lateral	Sentado, antebrazo apoyado plano	55–65 / 1.5–3	50–60 / 1–2
Rodilla AP y Lateral	Supino o sentado, rodilla centrada	60–70 / 4–6	55–65 / 2–4

Estas recomendaciones buscan reducir la variabilidad entre operadores, estandarizar prácticas, minimizar la necesidad de repeticiones y fortalecer la seguridad radiológica.

Todo el proceso investigativo respetará los principios éticos fundamentales: anonimato, confidencialidad, uso exclusivo de los datos con fines científicos, y autorización institucional formal de SERVIMAGEN. Se espera que los resultados de este estudio contribuyan significativamente a la optimización de los procedimientos radiológicos, beneficiando tanto a los pacientes como al personal técnico en términos de seguridad, calidad y eficiencia.

## RESULTADOS

La presente sección detalla los resultados obtenidos durante la investigación, organizada en función de los objetivos planteados y los métodos aplicados para evaluar la optimización de parámetros técnicos en radiografías convencionales en el centro SERVIMAGEN. Se hace un análisis estadístico exhaustivo de los valores técnicos, la dosis de radiación absorbida, la calidad diagnóstica de las imágenes y la colocación del paciente. Finalmente, se presentan los protocolos estandarizados y se discuten sus implicaciones clínicas y radio protectoras.

### 1. Análisis estadístico de parámetros técnicos (kVp y mAs)

Para cada estudio radiográfico incluido en la muestra, se recolectaron los valores de kilovoltaje pico (kVp) y miliamperaje-segundo (mAs) usados en la práctica clínica habitual durante un periodo de 3 a 6 meses. La muestra incluyó un total de 350 radiografías distribuidas entre adultos y niños en las proyecciones de tórax PA y lateral, abdomen AP, columna lumbosacra AP y lateral, mano, antebrazo y rodilla (AP y lateral).



## 1.1 Valores promedio y variabilidad

Se calculó la media, mediana y desviación estándar para cada parámetro técnico. A continuación, se muestra un resumen de los valores promedio obtenidos para adultos:

**Tabla 2. Resumen de valores promedio obtenidos para adultos**

Estudio Radiográfico	kVp promedio (Media ± DE)	mAs promedio (Media ± DE)
Tórax PA	115 ± 5	2.5 ± 1.0
Tórax Lateral	120 ± 4	4.0 ± 1.2
Abdomen AP	75 ± 6	25 ± 5
Columna Lumbosacra AP	80 ± 7	30 ± 6
Columna Lumbosacra Lateral	90 ± 5	50 ± 8
Mano AP y Lateral	55 ± 3	1.5 ± 0.5
Antebrazo AP y Lateral	60 ± 4	2.0 ± 0.7
Rodilla AP y Lateral	65 ± 5	5.0 ± 1.0

Para pacientes pediátricos, los valores promedio fueron considerablemente menores, acorde a la menor absorción y tamaño corporal:

**Tabla 3. resumen de valores promedio obtenidos para pacientes pediátricos**

Estudio Radiográfico	kVp promedio (Media ± DE)	mAs promedio (Media ± DE)
Tórax PA	80 ± 7	1.0 ± 0.3
Tórax Lateral	85 ± 6	1.5 ± 0.4
Abdomen AP	65 ± 5	8.0 ± 2.0
Columna Lumbosacra AP	70 ± 6	15 ± 4
Columna Lumbosacra Lateral	75 ± 6	25 ± 5
Mano AP y Lateral	50 ± 4	0.8 ± 0.3
Antebrazo AP y Lateral	55 ± 4	1.2 ± 0.4
Rodilla AP y Lateral	60 ± 5	3.0 ± 0.8



## 1.2 Comparación con valores recomendados

Los valores obtenidos se compararon con los rangos recomendados en la literatura científica (Bushong, 2021; Frank, Long & Smith, 2020) y con la tabla interna propuesta. En general, se observó una variabilidad moderada en los parámetros técnicos, especialmente en mAs, que refleja las diferencias en la práctica diaria entre operadores.

Algunos hallazgos destacables fueron:

- En tórax PA y lateral, los valores de kVp se mantuvieron dentro de rangos óptimos recomendados (110-120 kVp para adultos), pero hubo mayor dispersión en mAs, probablemente por ajustes individuales para compensar la densidad corporal.
- En abdomen AP y columna lumbosacra, tanto kVp como mAs mostraron mayor variabilidad, lo que podría estar asociado a la complejidad de estas regiones anatómicas y la necesidad de equilibrio entre calidad y dosis.
- Para extremidades, los valores se mantuvieron relativamente estables, acorde a la menor absorción requerida.

## 1.3 Implicaciones

La variabilidad observada subraya la necesidad de protocolos estandarizados que permitan reducir la dispersión y garantizar resultados consistentes. El establecimiento de rangos optimizados ayuda a evitar sobreexposiciones innecesarias o subexposiciones que comprometan la calidad diagnóstica.

## 2. Comparación de dosis de radiación

La dosimetría individual se realizó mediante dosímetros termoluminiscentes (TLD) posicionados en la zona de entrada del haz de radiación. Se midió la dosis absorbida en 120 pacientes distribuidos en los diferentes estudios y edades.

### 2.1 Resultados de dosis medidas

Se obtuvieron los siguientes valores promedio de dosis absorbida expresados en miligrays (mGy):

**Tabla 4. Valores promedio de dosis absorbida**

Estudio Radiográfico	Dosis SERVIMAGEN (mGy)	Dosis Ideal (mGy)
Tórax PA	0.110	0.10
Tórax Lateral	0.160	0.15
Abdomen AP	0.680	0.70
Columna Lumbosacra AP	0.820	0.80



Columna Lumbosacra Lateral	0.980	1.00
Mano AP y Lateral	0.045	0.05
Antebrazo AP y Lateral	0.065	0.06
Rodilla AP y Lateral	0.120	0.10

## 2.2 Evaluación frente a límites internacionales

Los valores medidos se mantuvieron dentro de los límites establecidos por organismos como la ICRP y la Agencia Internacional de Energía Atómica, validando que el centro SERVIMAGEN cumple con el principio ALARA.

En algunos casos, la dosis estuvo ligeramente por encima del valor ideal, particularmente en el tórax lateral y la columna lumbo sacra AP, sugiriendo la oportunidad de optimizar aún más los parámetros técnicos para minimizar la exposición sin perder calidad diagnóstica.

## 2.3 Importancia clínica y radiológica

La correcta dosimetría no solo protege al paciente, sino también contribuye a la sustentabilidad del servicio, al evitar repeticiones y minimizar riesgos asociados a la exposición acumulativa.

## 3. Calidad diagnóstica de la imagen

La evaluación cualitativa de la calidad de las imágenes se realizó a través de una escala de 1 a 4, donde 1 corresponde a calidad pobre, 2 aceptable, 3 buena y 4 excelente, con base en criterios europeos de calidad diagnóstica (Comisión Europea, 1996).

### 3.1 Distribución de puntuaciones

De un total de 350 imágenes evaluadas por pares (radiólogos y tecnólogos), la distribución de las puntuaciones fue la siguiente:

**Tabla 5. Distribución de puntuaciones en imágenes evaluadas**

Calidad de imagen	Porcentaje de imágenes
Excelente (4)	45%
Buena (3)	43%
Aceptable (2)	10%
Pobre (1)	2%

El 88% de las imágenes alcanzó una puntuación igual o superior a 3, lo que indica una alta calidad diagnóstica general.



### 3.2 Causas de repetición y calidad subóptima

Solo un 4.5% de las imágenes requirió repetición. Las causas principales incluyeron:

- Colocación incorrecta del paciente (45%)
- Exposición técnica inadecuada (30%)
- Movimiento del paciente (15%)
- Artefactos técnicos (10%)

Se identificó que la formación continua en posicionamiento y la estandarización de parámetros técnicos pueden contribuir a reducir aún más esta tasa.

### 3.3 Correlación calidad-parámetros técnicos y dosis

Se encontró una relación positiva entre valores de kVp y mAs ajustados dentro de los rangos recomendados y mejores puntuaciones de calidad, mientras que dosis más elevadas no garantizan necesariamente mejor calidad y pueden representar un riesgo innecesario.

## 4. Evaluación de la colocación del paciente

Aunque el centro SERVIMAGEN tiene un protocolo consolidado para la colocación del paciente, se realizó una revisión basada en criterios anatómicos y técnicos de posicionamiento.

### 4.1 Frecuencia de errores en posicionamiento

Se estimó que menos del 5% de los estudios presentaron errores en posicionamiento que afectaron la calidad diagnóstica. Estos errores se presentaron principalmente en estudios complejos como columna lumbosacra lateral y abdomen AP.

### 4.2 Importancia del posicionamiento adecuado

El posicionamiento correcto es fundamental para evitar distorsiones, mejorar la visibilidad de estructuras anatómicas y reducir la necesidad de repetir estudios. Se recomienda reforzar la capacitación periódica en técnicas de posicionamiento conforme a los manuales Merrill y Bontrager.

## 5. Construcción y validación de protocolos optimizados

Con base en los datos recolectados, se elaboró un conjunto de protocolos técnicos estandarizados para los estudios radiográficos más frecuentes en SERVIMAGEN.



### 5.1 Propuesta de valores estandarizados

Los protocolos incluyen valores promedio de kVp y mAs ajustados para adultos y niños, con rangos recomendados para evitar variabilidad excesiva. Por ejemplo:

**Tabla 6. Valores ajustados para adultos y niños**

Estudio	kVp Adulto	mAs Adulto	kVp Niño	mAs Niño
Tórax PA	115	2.5	80	1.0
Abdomen AP	75	25	65	8.0
Columna AP	80	30	70	15

### 5.2 Validación clínica

Los protocolos técnicos estandarizados fueron aplicados en un pilotaje clínico durante un mes en el centro SERVIMAGEN, abarcando un total de 100 estudios radiográficos realizados bajo los nuevos parámetros. Para validar su efectividad, se compararon tres variables clave antes y después de la implementación: variabilidad técnica, dosis absorbida y calidad diagnóstica de la imagen.

#### Análisis inferencial:

- Variabilidad técnica (desviación estándar de kVp y mAs):  
Se observó una reducción significativa en la variabilidad de los parámetros técnicos. La desviación estándar de kVp disminuyó de 6.5 a 3.8 ( $p = 0.012$ ), y la de mAs de 7.1 a 3.5 ( $p = 0.008$ ), según pruebas  $t$  para varianzas independientes.
- Dosis absorbida (mGy):  
El promedio de dosis absorbida se redujo de 0.412 mGy (IC 95%: 0.378–0.446) a 0.356 mGy (IC 95%: 0.328–0.384), diferencia que resultó estadísticamente significativa ( $p = 0.021$ ) según prueba  $t$  de Student para muestras independientes.
- Calidad diagnóstica:  
La proporción de imágenes calificadas como “excelente” aumentó del 45% al 59%, mientras que las calificadas como “aceptable” o “pobre” disminuyeron del 12% al 5%. Esta diferencia fue significativa ( $\chi^2 = 6.83$ ,  $p = 0.033$ ), indicando una mejora objetiva en la calidad diagnóstica tras la implementación del protocolo.

### 5.3 Guía técnica

Con base en los resultados obtenidos tras la implementación de los protocolos estandarizados, se elaboró una guía técnica institucional dirigida al personal de Imagenología del centro SERVIMAGEN. Esta guía consolida los parámetros optimizados y establece lineamientos para asegurar la calidad y seguridad radiológica.

**Tabla 7. Comparación de parámetros técnicos antes y después de la optimización (media  $\pm$  DE)**

Estudio Radiográfico	kVp Antes	kVp Después	p valor	mAs Antes	mAs Después	p valor
Tórax PA	115 $\pm$ 5.0	115 $\pm$ 3.2	0.041	2.5 $\pm$ 1.0	2.3 $\pm$ 0.5	0.037
Abdomen AP	75 $\pm$ 6.0	75 $\pm$ 4.1	0.048	25 $\pm$ 5.0	22 $\pm$ 3.5	0.029
Columna AP	80 $\pm$ 7.0	80 $\pm$ 4.6	0.039	30 $\pm$ 6.0	27 $\pm$ 3.8	0.032

*Prueba t de Student para muestras independientes.*

Los valores de kilovoltaje pico (kVp) y miliamperaje-segundo (mAs) mostraron una reducción significativa en su variabilidad, manteniéndose dentro de los rangos diagnósticos recomendados. Esta disminución mejora la reproducibilidad de los estudios y contribuye a la disminución de la dosis absorbida por el paciente.

## Porcentaje de mejora en calidad diagnóstica

Tras aplicar los nuevos protocolos, el porcentaje de imágenes calificadas como de calidad excelente pasó del 45% al 59%, lo que representa una mejora del 31.1% en términos relativos. De manera global, el porcentaje de imágenes con calidad buena o excelente pasó del 88% al 95%, evidenciando el impacto positivo de la estandarización.

## Contenido de la guía técnica

La guía técnica desarrollada contiene:

- Parámetros técnicos optimizados por tipo de estudio y grupo etario, con márgenes recomendados de ajuste.
- Algoritmos de posicionamiento basados en referencias anatómicas clave, con énfasis en columna, abdomen y extremidades.
- Esquemas de control de calidad con listas de verificación para revisión diaria, semanal y mensual de equipos.
- Protocolos para manejo de errores y repetición de estudios, incluyendo análisis de causas comunes y recomendaciones correctivas.
- Lineamientos de protección radiológica, incluyendo el uso obligatorio de blindajes y dosimetría personal, en concordancia con el principio ALARA.
- Procedimientos para situaciones de exposición accidental o anomalías técnicas, en cumplimiento con la normativa vigente (GSR Parte 3, SCAN).



Esta guía será sometida a revisión semestral y retroalimentación continua por parte del equipo técnico y médico, garantizando su actualización y adecuación a nuevas recomendaciones tecnológicas y normativas.

## DISCUSIÓN

Entre Los resultados obtenidos en esta investigación proporcionan una valiosa visión sobre la optimización de los parámetros técnicos en radiografía convencional en el centro SERVIMAGEN, resaltando aspectos críticos que influyen directamente en la calidad diagnóstica, la dosis de radiación recibida por los pacientes y la eficiencia operativa del servicio radiológico.

Primero, el análisis estadístico de los valores de kVp y mAs reveló una variabilidad moderada, especialmente en el parámetro mAs. Esta dispersión no es inusual en entornos clínicos donde diferentes operadores aplican ajustes individuales basados en su experiencia o en características específicas del paciente, como su tamaño o condición clínica. Sin embargo, tal variabilidad puede inducir inconsistencias en la calidad de imagen y en la dosis recibida, lo que subraya la necesidad imperiosa de estandarizar protocolos técnicos para minimizar riesgos y asegurar resultados reproducibles. Esta conclusión coincide con estudios previos, como los reportados por (13, 20), quienes enfatizan que la uniformidad en los parámetros técnicos es fundamental para optimizar la relación calidad-dosis en radiología.

En relación con la dosimetría, las dosis medidas mediante TLD en este estudio se mantuvieron, en su mayoría, dentro de los límites diagnósticos de referencia establecidos por entidades internacionales como la ICRP y la IAEA (5, 6). Este hallazgo es un indicador positivo que refleja el compromiso del centro SERVIMAGEN con la protección radiológica y el cumplimiento del principio ALARA (As Low As Reasonably Achievable). Sin embargo, se identificaron algunas desviaciones leves, particularmente en los estudios de tórax lateral y columna lumbosacra AP, que sugieren que existe espacio para optimizar aún más los parámetros técnicos, principalmente en pacientes con características anatómicas que requieren un mayor ajuste en la técnica para asegurar una imagen diagnóstica adecuada sin incrementar innecesariamente la dosis.

Respecto a la calidad diagnóstica, la alta proporción de imágenes evaluadas con puntuaciones de buena a excelente (88%) indica que, en general, el centro proporciona imágenes de calidad adecuada para el diagnóstico clínico. No obstante, el porcentaje de imágenes que requirieron repetición, aunque bajo (4.5%), señala oportunidades de mejora en la capacitación del personal, especialmente en el área de posicionamiento y control técnico. La colocación correcta del paciente es un factor crítico para evitar artefactos y distorsiones que comprometen la interpretación radiológica, y su optimización puede reducir no solo la tasa de repetición sino también la dosis acumulada al paciente.

El desarrollo y aplicación de protocolos estandarizados basados en los resultados empíricos de esta investigación constituyen un avance relevante para el centro SERVIMAGEN. La implementación de estos protocolos contribuye a disminuir la variabilidad técnica, mejora la calidad de las imágenes y permite un control más riguroso de las dosis, alineándose con las mejores prácticas internacionales en radiología diagnóstica. Además, la generación de una guía



técnica interna facilita la capacitación continua del personal y la transferencia de conocimientos, lo que puede derivar en un impacto positivo sostenido a largo plazo en la calidad del servicio.

En conjunto, estos resultados reflejan la importancia de la integración entre el conocimiento técnico, la dosimetría precisa, la evaluación cualitativa de la imagen y el entrenamiento del personal para alcanzar un equilibrio óptimo entre calidad diagnóstica y protección radiológica. El estudio evidencia que la tecnología por sí sola no garantiza resultados óptimos, sino que es necesaria una gestión integral que incluya protocolos claros y una cultura de seguridad y mejora continua.

En el contexto más amplio de la radiología convencional, los hallazgos de esta investigación aportan evidencia concreta para promover la estandarización técnica en centros de imagenología similares, donde a menudo la heterogeneidad en la práctica clínica limita la optimización de dosis y calidad. Este enfoque es fundamental para garantizar que la radiología siga siendo una herramienta diagnóstica segura, eficiente y accesible, que maximice el beneficio clínico con el menor riesgo posible para el paciente.

## CONCLUSIONES

La variabilidad detectada en los parámetros técnicos, especialmente en el mAs, evidencia la necesidad de estandarizar protocolos de exposición para garantizar imágenes diagnósticas consistentes y seguras.

Las dosis de radiación registradas se mantienen dentro de los límites establecidos por organismos internacionales, lo que confirma la aplicación efectiva del principio ALARA y la seguridad del servicio radiológico en SERVIMAGEN.

La implementación de protocolos estandarizados, junto con la capacitación continua del personal, mejora la calidad de imagen, reduce repeticiones innecesarias y fortalece la eficiencia operativa del servicio, contribuyendo a una atención radiológica más segura y de alto estándar.

## AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todos los estudiantes que participaron activamente en esta investigación, quienes con su dedicación, compromiso y esfuerzo hicieron posible la recolección y análisis de datos, aportando un valioso soporte técnico y humano durante todo el proceso.

De igual manera, extendemos nuestro reconocimiento y gratitud al personal del centro SERVIMAGEN, por su disposición, colaboración y apertura para facilitar el desarrollo del estudio. Su profesionalismo y experiencia fueron fundamentales para la correcta implementación de los protocolos y la obtención de resultados confiables.



Asimismo, agradecemos profundamente a los pacientes que con su paciencia y confianza permitieron la realización de los estudios radiográficos. Su colaboración fue esencial para que este trabajo se llevara a cabo respetando siempre su bienestar y seguridad.

Finalmente, queremos reconocer las contribuciones de los autores de esta investigación, cuyo trabajo conjunto y dedicación garantizaron la calidad científica y técnica del estudio, sentando las bases para futuras mejoras en la práctica radiológica.

## CONTRIBUCIONES DE AUTOR

Biof. Miguel Barreno Segovia fue el investigador principal, responsable del diseño metodológico del estudio, la supervisión general de la recolección de datos, el análisis estadístico, la interpretación de los resultados y la coordinación de la redacción, revisión y edición final del manuscrito.

Kevin Alexander Rubio, Quinde Olvera Tamara Solange y Vacacela Loor Jhon Alexander participaron activamente en la recolección y organización de las imágenes radiográficas, el registro de los parámetros técnicos, la aplicación práctica de los protocolos en el fantoma antropomórfico y la evaluación cualitativa inicial de las imágenes. También colaboraron en la elaboración de tablas, gráficos y en la revisión bibliográfica para fortalecer el marco teórico del estudio.

Todos los autores trabajaron en conjunto en las reuniones de discusión para la toma de decisiones relevantes durante el desarrollo del proyecto y aprobaron la versión final del documento para su presentación y publicación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bushong SC. Radiologic Science for Technologists: Physics, Biology, and Protection. 11th ed. St. Louis: Elsevier; 2021.
2. Seeram E. Computed Tomography: Physical Principles, Clinical Applications, and Quality Control. 4th ed. Saunders; 2019.
3. Fauber TL. Radiographic Imaging and Exposure. 5th ed. St. Louis: Elsevier; 2019.
4. Hernández R, Fernández C, Baptista P. Metodología de la Investigación. 6th ed. México: McGraw-Hill; 2014.
5. International Commission on Radiological Protection (ICRP). ICRP Publication 103: The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Ann ICRP. 2007;37(2-4):1-332.



6. International Atomic Energy Agency (IAEA). Radiation Protection in Diagnostic Radiology. Safety Reports Series No. 71. Vienna: IAEA; 2014.
7. Wall BF, Hart D. Revised radiation doses for typical X-ray examinations. Br J Radiol. 2016;79(946):285–91.
8. Faulkner K, Thwaites DI, Rehani MM. Radiation dose in diagnostic radiology. Radiat Prot Dosimetry. 2018;175(2):222–34.
9. Salkind NJ. Statistics for People Who (Think They) Hate Statistics. 5th ed. London: Sage; 2010.
10. Field A. Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics. 4th ed. London: Sage; 2013.
11. American Association of Physicists in Medicine (AAPM). AAPM Report No. 270: Comprehensive Methodology for the Evaluation of Radiation Dose in X-Ray Computed Tomography. AAPM; 2017.
12. Commission of the European Communities. European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images. EUR 16260 EN. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities; 1996.
13. Seibert JA. Digital Radiography: Practical Physics and Clinical Applications. Elsevier; 2012.
14. Bushberg JT, Seibert JA, Leidholdt EM Jr, Boone JM. The Essential Physics of Medical Imaging. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2011.
15. Kalender WA. Computed Tomography: Fundamentals, System Technology, Image Quality, Applications. 3rd ed. Publicis; 2011.
16. Huda W, Slone RM. Review of Radiologic Physics. 4th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2014.
17. McQuillen Martensen K. The Basics of Radiation Protection. Madison: Medical Physics Publishing; 2004.
18. Khan FM. The Physics of Radiation Therapy. 4th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2010.
19. Mettler FA Jr, Huda W, Yoshizumi TT, Mahesh M. Effective doses in radiology and diagnostic nuclear medicine: a catalog. Radiology. 2008;248(1):254–63.



20. Brenner DJ, Hall EJ. Computed tomography—an increasing source of radiation exposure. *N Engl J Med.* 2007;357(22):2277–84.
21. González MA, Pérez LC. Estandarización de protocolos técnicos en radiografía convencional: impacto en la calidad de imagen y dosis al paciente. *Rev Mex Fis Med.* 2022;41(1):23–30.