

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA SALUD
LICENCIATURA EN RADIOLOGÍA E IMÁGENES



**CAUSAS DE REPETICIÓN DE LOS ESTUDIOS RADIOLÓGICOS EN
RADIOLOGÍA DIGITAL EN EL HOSPITAL NACIONAL ROSALES DE SAN
SALVADOR EN EL PERIODO DE ENERO A JUNIO 2025.**

PRESENTADO POR:

ALFARO JACOBO, JOSELINE XIOMARA

MARROQUÍN MEJÍA, RUTH YANETH

RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ, TATIANA DEL TRANSÍTO

PARA OPTAR AL GRADO DE:

LICENCIATURA EN RADIOLOGÍA E IMÁGENES

ASESOR:

LICENCIADO CARLOS EDUARDO ARIAS MEJÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA “DR. FABIO CASTILLO FIGUEROA”, EL SALVADOR,
OCTUBRE 2025

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD

RECTOR

MSc. Juan Rosa Quintanilla.

VICERRECTORA ACADÉMICA

Dr. Evelyn Beatriz Farfán.

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

MSc. Roger Armando Arias Alvarado.

SECRETARIO GENERAL

Lic. Pedro Rosalío Escobar Castaneda

FACULTAD DE MEDICINA

DECANO

Dr. Saúl Díaz Peña.

VICEDECANO

Lic. Franklin Arnulfo Méndez Duran.

SECRETARIO

Msp. Roberto Carlos Hernández Marroquín.

DIRECTORA DE ESCUELA DE CIENCIA DE LA SALUD

Msp. Mónica Raquel Ventura de Ramos

DIRECTORA DE LA CARRERA DE RADIOLOGÍA E IMÁGENES

Licda. Mabel patricia Najarro Chávez.

Agradecimiento para el Hospital

Queremos expresamos nuestro más sincero agradecimiento al **Hospital Nacional Rosales de San Salvador** por brindarnos el apoyo y las facilidades necesarias para llevar a cabo este estudio. La colaboración recibida del personal del Servicio de Radiología fue fundamental para analizar y comprender las causas de repetición en los estudios radiológicos digitales realizados entre enero y junio de 2025.

Agradecemos profundamente al equipo técnico, administrativo y profesional que nos acompañó durante el proceso, proporcionando información, orientación y un ambiente de trabajo favorable. Su compromiso con la mejora continua y la calidad del servicio contribuyó de manera significativa al desarrollo de esta investigación.

Reconocemos también el valioso rol que desempeño el Hospital Nacional Rosales en la atención médica del país. Gracias a la dedicación de todos sus colaboradores, fue posible obtener resultados que aportan a la optimización de los recursos institucionales y al fortalecimiento de la seguridad del paciente. Siendo así este trabajo de investigación el ultimo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios por permitirme llegar hasta el final, por ayudarme y darme fuerza a lo largo del camino.

También le agradezco a nuestro asesor Lic. Carlos Eduardo Arias por ayudarnos y guiarnos en nuestro trabajo de grado.

También quiero agradecer y dedicar este logro:

A mis padres **Luis Alfaro y Elizabeth de Alfaro** por el esfuerzo que hicieron, por el apoyo incondicional que me dieron.

A la **familia Jacobo** que siempre estuvo apoyándome y dándome fuerzas para poder seguir adelante. A **Mis Tías** que me ayudaron en todo momento, a **Mis Abuelos** que me daban palabras de aliento en todo momento, inyectándome así fuerzas para seguir.

A mi amigo el **Lic. Carlos Hernández** por también ayudarme en este trabajo de grado facilitándonos información, por apoyarme y animarme a seguir adelante.

A mi compañero **Favio Molina** por su amistad y apoyo para poder seguir adelante.

A **mis compañeras** de grupo por el apoyo y a la ayuda que me dieron para poder seguir adelante y así lograr culminar con éxito nuestro trabajo.

A la jefa del departamento de radiología hospital Rosales **Lic. Marta Yanira Navarro Battle** por permitirnos realizar el trabajo en las instalaciones.

Joseline Xiomara Alfaro Jacobo

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por darme la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para llegar hasta aquí. Su guía y presencia me acompañaron durante todo este proceso, permitiéndome culminar con éxito este trabajo de investigación.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al **Lic. Carlos Eduardo Arias Mejía**, mi asesor de tesis, por su orientación, paciencia y dedicación. Sus consejos, exigencia académica y compromiso fueron fundamentales para alcanzar este logro.

Agradezco profundamente al **Lic. Rafael Paz Narváez** por su apoyo incondicional, por compartir generosamente su conocimiento, sus consejos y su tiempo. Su acompañamiento constante fue de gran valor para mí a lo largo de este camino.

También quiero dar gracias a mis familiares, cuyo amor me sostuvo en los momentos más difíciles.

Dedico este logro con todo mi corazón a mi madre, **Esmeralda Hernández**. Por su amor, entrega y ejemplo. Aunque ya no esté físicamente conmigo, su fuerza y esperanza me acompañaron en cada paso. Esta tesis es un homenaje a todo lo que me dio. Gracias mamá.

A mi hermano, Ernesto Rodríguez gracias por estar siempre para mí, por tu apoyo incondicional y, especialmente, por brindarme una mano cuando más lo necesitaba. Tu ayuda fue clave para que pudiera continuar y no darme por vencido.

Deseo expresar mi sincero agradecimiento a la **familia Gutiérrez Girón**, quien me brindó su apoyo incondicional en los momentos en que más lo necesité.

Finalmente, agradezco a mis compañeros de tesis con quienes compartí no solo el trabajo académico, sino también momentos de aprendizaje, desafíos superados y logros compartidos. Todo eso lo llevaré conmigo con gratitud.

Tatiana del tránsito Rodríguez Hernández

Agradezco, en primer lugar, a Dios Padre, por haberme concedido salud, sabiduría, paciencia y fortaleza a lo largo de este camino. Sin su guía y cuidado, nada de esto habría sido posible.

A mis padres, por ser mi sostén incondicional, por su amor, sus palabras de aliento y su presencia constante, incluso en los momentos más difíciles.

A la empresa que me dio la oportunidad de trabajar mientras estudiaba, aunque mi labor allí no estuvo vinculada directamente con mi carrera, ese empleo fue fundamental para sostenerme económicamente los últimos 5 años y así poder continuar mi formación universitaria. Agradezco especialmente a mis jefes, por su comprensión y por brindarme flexibilidad horaria necesaria para no afectar mis estudios. Gracias, porque a través de esa experiencia también forje carácter, disciplina y resiliencia valores que me permitieron avanzar con mayor estabilidad y autonomía.

A mis compañeras de tesis, por los momentos compartidos, el apoyo mutuo y el aprendizaje que enriquecieron esta etapa.

A nuestro asesor de tesis, Carlos Eduardo Arias Mejía Por su orientación, paciencia y apoyo durante todo el desarrollo de la investigación.

Y a mí misma, por no rendirme. Por resistir una rutina exigente, por levantarme cada día con determinación, y por seguir adelante incluso cuando el cansancio quiso detenerme. Hoy celebro este logro con gratitud, orgullo y humildad.

Ruth Yaneth Marroquín Mejía

ÍNDICE

RESUMEN	11
INTRODUCCIÓN	13
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	15
1.2 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	16
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	17
1.4 VIABILIDAD Y FACTIBILIDAD	18
1.5. OBJETIVOS	19
1.5.1 OBJETIVO GENERAL	19
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	20
2.1 GLOSARIO DE TÉRMINO	21
2.2 ANTECEDENTES HISTÓRICOS.....	23
Errores en las repeticiones de los estudios radiográficos	30
1. Errores humanos	30
2. Errores del equipo	31
CAPÍTULO III OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	33
3.1 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	34
CAPÍTULO IV DISEÑO METODOLÓGICO	38
4.1. TIPO DE ESTUDIO.....	39
4.2. UNIVERSO Y MUESTRA.....	39
4.3. MÉTODO; RECURSOS.....	39
4.4 TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS	40
4.5 CONSIDERACIONES ÉTICAS.....	40
4.6 PLAN DE TABULACIÓN DE LA INFORMACIÓN	41
4.7 PLAN DE ANÁLISIS DE RESULTADOS	42
CAPÍTULO V	43
PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	43
CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
CONCLUSIONES	53
RECOMENDACIONES	55

ANEXOS 56

ANEXO 1 57

ANEXO 2. INSTRUMENTO 61

ANEXO 3 62

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES 62

ANEXO 4 64

PRESUPUESTO 64

ANEXO 5: FORMATO DE INFORME DE LUGAR Y FECHA DE DEFENSA..... 65

Referencias Bibliográficas 66

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en el Hospital Nacional Rosales de San Salvador entre enero y junio de 2025, con el propósito de identificar las Causas de repetición de estudios radiológicos en radiología digital. La radiología digital ha sustituido en gran medida a la convencional debido a su rapidez, calidad de imagen y menor impacto ambiental; sin embargo, la repetición de estudios sigue siendo un problema que implica mayor exposición del paciente a radiación, retrasos diagnósticos, desgaste de equipos y costos adicionales.

Se planteó como objetivo general determinar los factores que originan repeticiones en este tipo de estudios, clasificándolos en errores humanos y fallas de equipo. La investigación se justificó por su relevancia en la seguridad del paciente, la optimización de recursos y la mejora de la calidad del servicio radiológico.

El estudio es de tipo descriptivo, utilizando revisión de bases de datos del hospital. La muestra correspondió a los estudios radiológicos realizados en el mismo periodo, analizados mediante frecuencias absolutas, relativas y tasas de repetición. Se aplicaron principios éticos de confidencialidad, consentimiento y beneficencia.

En conclusión, La investigación muestran que la repetición de estudios radiológicos en el Hospital Nacional Rosales se debe principalmente a factores humanos, seguidos por aspectos técnicos del equipo. La tasa global de repetición fue de 2.03 %, considerada aceptable según estándares internacionales. Sin embargo, se identifican oportunidades de mejora en la formación del personal, la comunicación con los pacientes y el mantenimiento tecnológico. Fortalecer estos aspectos contribuiría a reducir repeticiones innecesarias, optimizar recursos institucionales y garantizar una mayor calidad en la atención y en el diagnóstico por imagen.

Palabras claves: Radiología digital, repetición, errores humanos, errores técnicos, diagnóstico.

ABSTRACT

This research was conducted at the National Rosales Hospital in San Salvador between January and June 2025, with the purpose of identifying the causes of repeated radiological studies in digital radiology. Digital radiology has largely replaced conventional methods due to its speed, image quality, and lower environmental impact; however, the repetition of studies remains a problem that results in greater patient exposure to radiation, diagnostic delays, equipment wear, and additional costs.

The general objective was to determine the factors that lead to repetitions in this type of study, classifying them as either human errors or equipment failures. The research was justified by its relevance to patient safety, resource optimization, and the improvement of radiology service quality.

This is a descriptive study that used a review of the hospital's database. The sample included the radiological studies performed during the period, analyzed through absolute and relative frequencies and repetition rates. Ethical principles of confidentiality, consent, and beneficence were applied.

In conclusion, Research shows that the repetition of radiological studies at the National Rosales Hospital is mainly due to human factors, followed by technical aspects of the equipment. The overall repetition rate was 2.03%, which is considered acceptable according to international standards. However, opportunities for improvement were identified in staff training, patient communication, and technological maintenance. Strengthening these areas would help reduce unnecessary repetitions, optimize institutional resources, and ensure higher quality in care and diagnostic imaging.

Keywords: Digital radiology, repetition, human errors, technical errors, diagnosis.

INTRODUCCIÓN

La radiología digital evoluciona en el campo del diagnóstico por imagen, ya que permite realizar una gran variedad de estudios, desde radiografías simples hasta exploraciones más complejas. Las radiografías son procesadas con diferentes herramientas de software, lo que permite obtener información adicional y mejora la precisión. Sin embargo, la repetición de estudios continúa siendo un problema que afecta la eficiencia, debido a una mayor exposición a la dosis de radiación y a los costos adicionales, especialmente en hospitales con alta demanda de pacientes. Esta investigación tuvo como propósito conocer la causa de repetición de estudios de radiografía digital. El desarrollo de la investigación se organizó y se expone en los siguientes capítulos:

En el CAPÍTULO I, se incluye el planteamiento del problema, el cual se desglosó en la situación problemática que describe la situación actual de los factores que pudieron haber causado una repetición de imágenes, y el enunciado del problema que formuló una pregunta útil como guía para el desarrollo de la investigación. Incluye también los objetivos generales y específicos, con los que se pretendió alcanzar y orientar el proceso de investigación, justificando la importancia de esta.

En el CAPÍTULO II, se presenta el marco conceptual y teórico que describió la clasificación de los diferentes factores que causaron repetición de estudios, y sus posibles soluciones mediante la utilización del conocimiento teórico.

En el CAPÍTULO III, se describen las variables, su concepto y operacionalización, señalando los indicadores y los valores que tomaron.

En el CAPÍTULO IV, se explica el diseño metodológico, considerando el tipo de estudio, el área de estudio, la población, los métodos, técnicas e instrumentos para la recolección de datos, así como el procesamiento de los datos obtenidos.

En el CAPÍTULO V, se presentan los resultados del análisis de las variables y los datos producidos en la investigación.

El CAPÍTULO VI expone las conclusiones del estudio y propone recomendaciones para mejorar procesos, capacitar al personal y optimizar el servicio.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO

DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

La radiología digital vino a sustituir a la radiología convencional principalmente por sus ventajas en términos de calidad de imagen, rapidez, almacenamiento y accesibilidad. En la radiología convencional se utilizan placas de películas radiográficas que requerían un proceso químico para obtener las imágenes, lo cual era más lento y menos eficiente.

Con la radiología digital, las imágenes se capturan mediante detectores electrónicos que convierten los rayos X en señales digitales. Esto permite una visualización instantánea de las imágenes, lo que facilita el análisis. También, las imágenes pueden ser almacenadas, enviadas y compartidas de manera más eficiente.

Estos cambios innovaron la obtención de los estudios radiológicos, facilitando mucho la atención al paciente. Algunos centros de atención y hospitales se encontraban en el proceso de cambiar la Radiología Convencional (CR) a la Radiología Digital (DR), principalmente porque los insumos de la radiología convencional dejaron de comercializarse. Debido a esto, tuvieron que ir actualizando los equipos para poder seguir brindando atención a los pacientes que lo necesitaban.

1.2 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

La radiología digital tiene muchas más ventajas al momento de hacer un diagnóstico y es mucho más rápida, por lo cual sustituye a la radiología convencional, ya que esta utilizaba químicos para obtener la imagen y resultaba mucho más difícil el almacenamiento de los estudios, además de que los desechos químicos contaminaban al medio ambiente.

Gracias a estas ventajas, en el departamento de radiología del Hospital Nacional Rosales se decidió, remodelar o adaptar los equipos para convertirlos en equipos de radiología digital, lo que hizo más eficiente el diagnóstico.

A pesar de los avances que ofrece la radiología digital y sus muchas ventajas, en el departamento de radiología persiste el problema de las repeticiones de estudios radiológicos.

Cabe recalcar que no se trata de un simple problema estético o de diagnóstico; el repetir constantemente radiografías repercute en la salud del paciente al ser expuesto a dosis innecesarias de radiación, y afecta de manera económica al departamento de radiología del Hospital Nacional Rosales.

Por lo descrito anteriormente, el grupo investigador plantea la siguiente interrogante:

¿Cuáles son las causas de repetición de los estudios radiológicos en radiología digital en el Hospital Nacional Rosales de San Salvador, durante el periodo de enero a junio 2025?

1.3 JUSTIFICACIÓN

La presente investigación es importante para el ámbito de la radiología digital, con especial énfasis en el Hospital Nacional Rosales de San Salvador, debido a que se enfocó en identificar y analizar las causas que originan la repetición de estudios radiológicos.

Se buscó identificar las causas para reducir las repeticiones innecesarias. De esta manera, de implementarse dichas medidas se logrará reducir los niveles de exposición a radiación, lo cual tendrá un impacto directo en la seguridad tanto de los pacientes como del personal dentro del departamento de radiología. Debido a esto, por medio de una intervención adecuada, se puede establecer un proceso de retroalimentación que ayudaría a la mejora continua en los procedimientos radiológicos. Además, se podría implementar soluciones efectivas que puede contribuir a la reducción de los tiempos de espera, lo que beneficiaría a los pacientes al agilizar el proceso de diagnóstico y, por ende, su tratamiento. Este factor también podría incidir en una mayor satisfacción del paciente, al optimizar su experiencia dentro del sistema de salud del hospital.

Otro aspecto relevante de esta investigación es el impacto sobre los costos operativos del departamento de radiología. Al minimizar las repeticiones de estudios, se podría generar un ahorro en los recursos materiales y humanos, lo que permitiría mejorar la eficiencia económica del hospital. Los pacientes se favorecerían de esta investigación, ya que, al mejorar la repetición de estudios, recibirían una atención de calidad y un mejor diagnóstico. Asimismo, el Hospital Nacional Rosales se apoyaría al contar con información valiosa para la mejora de sus procesos de servicios económicos y éticos en el departamento de radiología.

Finalmente, la investigación beneficia de manera indirecta a los estudiantes que realizaron sus prácticas de la Carrera de Radiología e Imágenes. Igualmente, los resultados de este estudio sirven como material de apoyo para futuras investigaciones sobre el tema, contribuyendo al conocimiento y mejora continua en el campo de la radiología.

1.4 VIABILIDAD Y FACTIBILIDAD

1.4.1 VIABILIDAD

La investigación fue completamente viable y se llevó a cabo durante el periodo de enero a junio de 2025. Se contó con los recursos económicos necesarios para la ejecución del estudio, los cuales fueron asumidos por el grupo investigador. Asimismo, se dispone de los recursos materiales y tecnológicos necesarios para llevar a cabo dicha investigación de manera efectiva. En cuanto a la información necesaria, se tuvo acceso a fuentes relevantes, tales como libros, artículos académicos, materiales en línea y revistas especializadas, que permitieron abordar los factores que influyen en la repetición de estudios de radiología. Además, se cuenta con el permiso por parte de la jefatura del Hospital Nacional Rosales, lo que facilitó el acceso a los datos y la colaboración con el personal. El equipo de investigación también contó con el apoyo de licenciados para la recolección y análisis de la información.

1.4.2. FACTIBILIDAD

La investigación fue factible y pudo ser ejecutada. En primer lugar, el acceso al Hospital Nacional Rosales de San Salvador se aseguró, ya que se obtuvo el permiso correspondiente de la jefatura de dicho hospital, lo que permitió realizar la recolección de datos sin inconvenientes. Además, se dispuso de los recursos materiales y humanos necesarios para llevarla a cabo. El grupo investigador se capacitó para asegurar la correcta ejecución del estudio, además de demostrar un alto nivel de compromiso y la organización necesaria. Asimismo, se contó con la guía de un asesor altamente capacitado en el tema, lo que proporcionó el apoyo necesario para orientar al grupo y lograr ejecutar la investigación. Finalmente, los plazos establecidos para la investigación —que abarcaron desde marzo hasta julio de 2025— fueron realistas y permitieron un desarrollo adecuado de las distintas etapas del estudio, desde la recolección de datos hasta el análisis y la redacción final del informe.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar las causas que inciden en la repetición de estudios radiológicos en radiología digital en el Hospital Nacional Rosales de San Salvador en el periodo de enero a junio 2025.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los aspectos humanos que podrían incidir en la repetición de estudios en radiología digital.
- Identificar los factores de equipo que podrían incidir en la repetición de estudios en radiología digital.
- Conocer las frecuencias de repetición de los estudios radiológicos.
- Evaluar la tasa de repetición de estudios en radiología digital a través del análisis de registro.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 GLOSARIO DE TÉRMINO

Artefacto

Distorsión, error o anomalía visual presente en una imagen médica que no corresponde a ninguna estructura anatómica real. Puede deberse a factores técnicos, movimiento del paciente o interferencias en el equipo.

Colimación

Proceso mediante el cual se limita el haz de rayos X a una región específica del cuerpo, con el fin de reducir la exposición innecesaria a la radiación y mejorar la calidad de la imagen.

Detectores

Dispositivos electrónicos que capturan imágenes generadas por rayos X, sustituyendo a la película radiográfica tradicional. Transforman la radiación en señales digitales para su procesamiento y visualización.

Factores técnicos

Parámetros de exposición seleccionados durante un estudio radiológico, como el kilovoltaje (kV), miliamperaje (mA) y tiempo de exposición, que influyen tanto en la calidad de la imagen como en la dosis de radiación que recibe el paciente.

Indicación médica

Justificación clínica basada en síntomas, signos o hallazgos que motiva la solicitud de un estudio de imágenes. Garantiza que el procedimiento sea pertinente y con beneficios diagnósticos o terapéuticos esperados.

Radiología

Especialidad médica que emplea diversas técnicas de imagen —como rayos X, ultrasonido, tomografía computarizada (TC), resonancia magnética (RM) y medicina nuclear— para diagnosticar y, en algunos casos, tratar enfermedades y lesiones.

Rayos X

Radiación electromagnética de alta energía capaz de atravesar tejidos del cuerpo humano. Se utiliza ampliamente en medicina para generar imágenes internas, especialmente de estructuras óseas y órganos.

Radiografía computarizada (CR)

Sistema de obtención de imágenes radiográficas que emplea detectores especiales y procesamiento digital para reemplazar el uso de películas convencionales, permitiendo almacenamiento, edición y análisis computarizado de las imágenes.

Detectores digitales planos (FDP)

Tecnología avanzada en radiología digital. Estos dispositivos capturan directamente las imágenes de rayos X mediante una matriz de sensores que transforman la radiación en señales eléctricas, generando imágenes digitales de alta resolución en tiempo real.

Comprender el lenguaje técnico propio de la radiología es esencial para una práctica médica segura, eficiente y orientada al diagnóstico preciso. Este glosario pretende ser una herramienta útil para reforzar ese conocimiento, promoviendo el uso adecuado de las tecnologías de imagen y contribuyendo a una atención clínica de mayor calidad y fundamentación científica.

2.2 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Como antecedentes históricos refiere a lo detallado en NUBIX en el año 2025:

“La radiología ha transformado la medicina desde su descubrimiento a finales del siglo XIX. Con el tiempo, las tecnologías radiológicas han evolucionado significativamente, desde los rayos X iniciales hasta las imágenes digitales que se obtienen actualmente, mejorando tanto la precisión como la seguridad” (NUBIX 2025) ⁽¹⁾.

Según la American Physical Society, en su libro This Month in Physics History cuenta que:

El 8 de noviembre de 1895 el físico alemán Wilhelm Conrad Röntgen hizo un hallazgo accidental al trabajar con tubos de vacío: observó que una pantalla recubierta de material fluorescente se iluminaba cuando el tubo de rayos catódicos era activado, incluso estando envuelto en una caja opaca. En ese momento, no existía una explicación científica para ese fenómeno. Posteriormente, Röntgen llamó a estas radiaciones “rayos X” debido al origen desconocido de las mismas ⁽²⁾.

Primeras aplicaciones médicas:

Roentgen fue el primero en tomar una imagen utilizando rayos X, la famosa radiografía de la mano de su esposa, Anna Bertha. A raíz de este descubrimiento, en 1896, los rayos X comenzaron a usarse en la medicina, inicialmente para detectar fracturas óseas, lo que marcó el inicio de la radiología médica.

Desarrollo temprano:

La tecnología de rayos X avanzó rápidamente en las décadas siguientes. Se mejoraron los tubos de rayos X, y los dispositivos de imagen se volvieron más accesibles para hospitales y clínicas.

Evolución hacia la Radiología Digital:

En sus primeras décadas, la radiología utilizaba películas fotográficas tradicionales para capturar imágenes de rayos X, lo que involucraba un proceso manual largo y complejo, incluyendo el revelado y la interpretación visual. La imagen obtenida era en blanco y negro, y los rayos X eran impresos sobre placas o películas para su análisis. A finales del siglo

XX, la radiología comenzó a experimentar una transformación importante y se comenzaron a reemplazar las placas de película por detectores digitales. Esto permitió: reducir la dosis de radiación, obtener imágenes más nítidas, almacenar y compartir imágenes de inmediato.

A partir de 1987, se desarrollaron los primeros detectores digitales planos (FDP), que permitieron la captura directa de imágenes de rayos X sin necesidad de película. Estos sistemas permitieron una mayor precisión y rapidez en la obtención de las imágenes.

Los sistemas (CR) imágenes de radiografía computarizada, introducidos en los 90, permitieron digitalizar las radiografías tradicionales. Se utilizaban placas fosforadas que almacenaban la información de la imagen y luego se procesaban digitalmente.

Radiología digital moderna (2000s en adelante):

Según NUBIX, *“hoy en día las radiografías digitales son comunes en la mayoría de los centros médicos, se integran con tecnologías como TAC y RM, y permiten compartir resultados de forma instantánea, lo cual favorece la colaboración entre profesionales y la reducción de tiempos de atención clínica.”* (NUBIX2025) ⁽¹⁾,

Transición hacia la radiología digital:

Surge de la necesidad de mejorar la eficiencia, la calidad de imagen y la gestión de datos impulsó el desarrollo de la radiología digital. La radiología computarizada, fue un paso intermedio, utilizando placas de fósforo reutilizable en lugar de película. Posteriormente surge, la radiología digital directa (DR) con detectores planos que convierten directamente los rayos x en señales eléctricas.

Radiología digital:

Es el conjunto de técnicas para obtener imágenes radiológicas escaneadas en formato digital. Se clasifica en (a) Sistemas de radiografía computarizada, basados en fósforos fotoestimulables (CR) Y (b) Sistemas de radiografía directa, basados en paneles planos (DR). ⁽³⁾, p. 21, 23

Digitalizadores de radiografía (CR).

El principio de funcionamiento de un equipo CR está basado en un dispositivo emisor de láser que hace un barrido a la pantalla de fósforo, la cual ha sido trasladada manualmente del equipo de rayos X al equipo CR.

Cuando los electrones de la pantalla de fósforo absorben la energía del láser, emiten fotones de luz y retornan a su estado de energía original. Esta luz es recogida por una guía de luz de fibra óptica y transmitida a un arreglo de tubos fotomultiplicadores, los cuales convierten la señal luminosa en energía eléctrica analógica, que es amplificada y convertida a señal digital, para almacenarse finalmente en la computadora (estación de trabajo). ⁽³⁾, p. 29

Radiología con paneles de sensores planos (DR)

La obtención de imágenes radiológicas con paneles planos (flat panels), llamada en ocasiones radiografía directa, aunque con una cierta ambigüedad en la terminología, supone un proceso digital desde la captura inicial. No utiliza ningún paso intermedio de revelado, lectura láser ni nada por el estilo.

La imagen se obtiene directamente a partir de la interacción de los rayos X con un detector de características avanzadas. Los resultados de dicha interacción se transforman, inmediatamente, en señales eléctricas mediante una matriz activa de transistores de película delgada (TFT's) que cubre toda la superficie del detector. Es decir, no hay ningún proceso externo al propio panel plano entre la interacción de la radiación y la obtención de una imagen en formato digital.

En lo que, a la estructura y propiedades del detector propiamente dicho, existen dos soluciones tecnológicas principales, cada una de ellas con las lógicas variantes en función del fabricante, que se disputan el mercado actual. Son las basadas en:

- a) Detectores de selenio (llamadas de detección directa)
- b) Detectores de silicio (llamadas de detección indirecta)

Paneles de selenio (detección directa)

Este tipo de dispositivos emplean un detector constituido por una capa de selenio amorfo, material que presenta propiedades muy peculiares cuando interacciona con los rayos X. Efectivamente, la absorción de la energía de éstos da lugar a la aparición de pares electrón hueco, es decir, de parejas de cargas negativas y positivas.

Si entre la parte frontal y la posterior de la capa se establece un campo eléctrico de intensidad suficiente, tales cargas migran al electrodo correspondiente. Uno de los electrodos, el posterior, se constituye en electrodo recolector de cargas y se le acopla la matriz de TFT's antes citada. Cada uno de los elementos de esa matriz actúa como un medidor de la carga recogida justamente sobre él, que es esencialmente proporcional a la cantidad de radiación que ha incidido en esa pequeña área del detector.

Los paneles planos basados en el selenio amorfo son la forma más directa de captura digital de imagen que se utiliza en la práctica actual. Efectivamente, la interacción de los rayos X da lugar a la aparición local de cargas eléctricas, que son inmediatamente medidas también de forma local. Además, se suele argumentar, el propio campo eléctrico encargado de recoger la carga, y su propia distribución, garantiza que dichas cargas no se difunden lateralmente, lo que contribuye a la nitidez de la imagen y a un incremento de la resolución espacial. La limitación clásica que se atribuye a los detectores de selenio es una cierta remanencia de la imagen previamente adquirida, asociada a la persistencia de cargas eléctricas residuales una vez leído el detector. Esa remanencia plantea algunas dificultades para la obtención de imágenes dinámicas y exige aplicar técnicas de borrado de la imagen previa algo más complejas que con otros materiales.

Paneles de silicio (detección indirecta)

Los paneles de silicio amorfo utilizan como detector una lámina fluorescente, de yoduro de cesio (CsI), de sales de tierras raras o de otro material equivalente. Este tipo de materiales, bien conocidos por su empleo en intensificadores de imagen, en pantallas de refuerzo y en otras aplicaciones, emiten luz con gran eficiencia al absorber radiación de rayos X.

Por detrás del detector en sí se coloca una capa de silicio amorfo fotoconductor, cuya misión es transformar la luz producida en la lámina fluorescente en cargas eléctricas. Tales cargas, del mismo modo que en el panel de selenio, son medidas localmente por cada uno de los TFT que constituyen la matriz electrónica activa, dando lugar a un valor, esencialmente proporcional a la cantidad de radiación incidente

Los paneles de silicio amorfo no producen carga eléctrica directamente a partir de la interacción de los rayos X con el detector, sino que utilizan una fase intermedia en la que la energía absorbida en dicha interacción se transforma en luz y, luego, ésta en carga. Por ello suelen describirse como de detección indirecta. Evidentemente, ambos procesos tienen lugar dentro del propio panel y son prácticamente instantáneos, de modo que para el usuario resultan en muchos aspectos equivalentes. Según Vega Villedas et al. (2016), *“La radiología digital ha transformado el diagnóstico por imágenes al hacer el proceso más rápido, preciso y eficiente. Aunque existen dos métodos (CR y DR), la radiología directa destaca por ofrecer imágenes en tiempo real y mayor calidad, gracias a sus detectores avanzados. Esta tecnología mejora notablemente la atención al paciente y optimiza el trabajo clínico.”*⁽³⁾ (pp. 39–41)

Ventajas de la radiología digital

Entre las principales ventajas de la radiografía digital destacan la disminución de las radiaciones adquiridas, la reducción de residuos, la rapidez en la generación de imágenes, la mejora en la seguridad del paciente y la optimización de procesos clínicos, lo cual incrementa tanto la calidad diagnóstica como la satisfacción profesional

- a) Disminución de las radiaciones adquiridas: Las dosis de referencia son los niveles administrados a los pacientes en la exposición al radiodiagnóstico médico, que no deben sobrepasarse y pueden ser utilizados como indicadores en los procesos de optimización radiológica. La posibilidad de ajustar digitalmente la imagen permite dar menor radiación al paciente y corregir errores de exposición.

- b) Disminución de residuos: Antes era necesario revelar la lámina al usar productos químicos; en la actualidad la imagen llega al especialista de manera digital.
- c) Mejora del almacenamiento de los informes: Se evita la pérdida o deterioro de los datos al ser almacenados directamente en las computadoras. La red informática dispone de varios sistemas de seguridad para asegurar que no exista pérdida de información.
- d) Rapidez en la generación de la imagen: Es prácticamente instantánea, lo que economiza tiempo de revelado; además, permite correcciones en la postura y en los parámetros del examen en tiempo real. El paciente puede ser diagnosticado por el médico en el mismo momento que se le realiza el examen, sin necesidad de esperar a que le lleguen los estudios por otras vías.
- e) Aumento de la seguridad del paciente: A mejor resolución del sensor, mayor poder de discriminación. Con más informaciones contenidas en las imágenes, los sistemas automatizados con inteligencia artificial podrán auxiliar con mayor precisión el diagnóstico y aumentarán la eficacia y la asertividad para el tratamiento.
- f) Aumento de la satisfacción de los profesionales: Es un proceso de mayor rapidez y fluidez, se evitan largas filas y esperas innecesarias, disminuye el exceso de pacientes. Esta nueva modalidad también contribuye a la optimización de procesos clínicos. Al integrar esta tecnología con el historial clínico electrónico, es posible realizar una nueva planificación clínica y elaborar procedimientos innovadores que aumentarán la satisfacción de los especialistas.
- g) Disponibilidad de información: Siempre estará disponible para el profesional todo el historial radiológico del paciente, proporciona un mejor estudio y diagnóstico de la enfermedad.
- h) Aumento de la calidad del examen: La calidad de la imagen es mucho mayor gracias a las herramientas de visualización.
- i) Reducción de costos: Se observan beneficios económicos por ser un proceso que no usa reactivos químicos, sala de revelado ni mano de obra. Además, se pueden convertir en digitales los equipos convencionales a través de la adquisición del sensor; este se conecta a una computadora que realice la lectura de los datos y se genera la imagen sin que sea necesaria la compra de un nuevo equipo. Según Machado Acuña, Salas Blanco y Rivero Pons (2023), *“La radiología digital*

presenta múltiples ventajas: reduce la radiación y los residuos, agiliza la obtención y almacenamiento de imágenes, mejora la seguridad del paciente y optimiza los procesos clínicos”⁽⁴⁾

Desventajas de la radiología digital:

Aunque la radiografía digital ofrece importantes beneficios técnicos y clínicos, también presenta algunas limitaciones que deben considerarse. Entre las principales desventajas se encuentran su alto costo, la dependencia tecnológica, la posibilidad de alteración de las imágenes y ciertos requerimientos operativos y de almacenamiento.

En primer lugar, los equipos de rayos X digitales, los sensores y sus componentes son más costosos y requieren manipulación cuidadosa. Además, el sistema depende de la infraestructura tecnológica y de una adecuada capacidad de almacenamiento digital; la pérdida o daño de archivos constituye un riesgo potencial.

Otro aspecto crítico es la vulnerabilidad a la manipulación de imágenes, lo que ha suscitado dudas sobre su validez como evidencia en contextos legales. A ello se suma la menor flexibilidad y transportabilidad de algunos equipos digitales en comparación con los convencionales, así como la necesidad de espacio de almacenamiento virtual que permita conservar los estudios durante tiempo prolongado.

Estas limitaciones, señaladas por Machado Acuña et al. (4), no invalidan los avances de la radiología digital, pero sí subrayan la importancia de su implementación responsable y el fortalecimiento de la capacitación técnica y ética del personal de salud.

La radiología digital tiene algunas desventajas, entre ellas su costo, la dependencia de la tecnología y la posibilidad de modificar las imágenes.

- a) Costo: La radiología digital es más cara que la radiología convencional. Los dispositivos de rayos X digitales son costosos. Los sensores y sus cables son costosos y deben ser manipulados con cuidado.
- b) Dependencia de la tecnología: La radiología digital depende de la tecnología y de la disponibilidad de almacenamiento. La pérdida de archivos guardados es una desventaja.

- c) **Modificación de imágenes:** Las radiografías digitales pueden ser adulteradas para actos ilícitos. Se duda del uso de las radiografías digitales como prueba en conflictos judiciales.
- d) **Flexibilidad y transportabilidad:** Los instrumentos de rayos X digitales son menos flexibles y transportables que los tradicionales.
- e) **Requisitos de almacenamiento:** La radiología digital requiere de espacio de almacenamiento virtual, para guardar las imágenes, ya que la memoria de las computadoras se llena y muchas veces se tienen que eliminar estudios pasando unos meses.

Errores en las repeticiones de los estudios radiográficos

Las repeticiones de estudios radiográficos pueden dividirse en dos grupos principales:

(1) errores humanos y (2) errores del equipo.

1. Errores humanos

1.1. Movimiento del paciente

En numerosas ocasiones, los pacientes no cumplen correctamente las indicaciones, lo que provoca errores por movimiento y genera una de las causas más frecuentes de repetición de estudios. Existen dos tipos de movimientos:

- **Movimientos voluntarios:** como mover las manos, los pies o el cuerpo completo. *(Ver imagen en anexo 1 a)*
- **Movimientos involuntarios:** como los latidos cardíacos o temblores de extremidades asociados a enfermedades. *(Ver imagen en anexo 1 b)*

1.2. Mala colimación

Este error ocurre cuando el profesional reduce demasiado el campo radiográfico, cortando estructuras anatómicas de interés o dejando fuera la zona patológica. Según Tsalafoutas (2018), *“muchas veces al momento de colimar se hace con mucha reducción y se cortan las estructuras anatómicas de interés; o bien, al revisar la imagen se descubre que la patología o fractura está más arriba, por lo tanto, el licenciado debe volver a repetir la imagen abarcando un poco más”*⁽⁵⁾. *(Ver imagen en anexo 1 c)*

1.3. Técnica inadecuada para la densidad del paciente

Frecuentemente se aplican valores técnicos inadecuados respecto a la densidad corporal del paciente. Una técnica demasiado alta genera imágenes sobreexpuestas (“muy penetradas”), mientras que una técnica baja produce imágenes subexpuestas (“poco penetradas”). Este error no siempre puede corregirse mediante los filtros del equipo, por lo que el estudio debe repetirse. *(Ver imagen en anexo 1 d)*

1.4. Error en la indicación médica

Este tipo de error es más común de lo que parece. Según Gancedo y Vítolo (2009), ***“hay casos donde la indicación médica señala una estructura, pero al momento de realizar el estudio resulta ser otra la región anatómica afectada, lo que obliga a repetir la toma sobre el área correcta”*** ⁽⁶⁾. *(Ver imagen en anexo 1 e)*

1.5. Artefactos

Los artefactos pueden deberse a distintas causas.

Según Bell (2018), un artefacto se refiere a elementos visibles en una imagen que no están presentes en la realidad, sino que aparecen debido a una peculiaridad de la modalidad empleada. ***“El término artefacto también describe hallazgos generados por elementos externos al paciente como ropa, cables de monitor cardíaco o partes del cuerpo del cuidador que pueden oscurecer o distorsionar la imagen”*** ⁽⁷⁾. *(Ver imagen en anexo 1 f)*

Por otro lado, los artefactos postquirúrgicos ***“son distorsiones o errores en las imágenes que no corresponden a la anatomía real del paciente, sino que derivan de la presencia de implantes, fragmentos metálicos o cambios en los tejidos debidos a cirugías, como platinas, prótesis o tutores”*** (Walz-Flannigan et al., 2011) ⁽⁸⁾. *(Ver imagen en anexo 1 g)*

2. Errores del equipo

2.1. Problemas de exposición

Pueden presentarse dos situaciones:

- **Subexposición**, cuando la cantidad de radiación es insuficiente, lo que genera imágenes de baja calidad y con falta de detalle. *(ver imagen de anexo 1 h)*

- **Sobreexposición**, cuando la radiación es excesiva, produciendo saturación de la imagen y dificultad para interpretar los resultados. ⁽⁹⁾ *(Ver imagen en anexo 1 i)*

2.2. Fallas del flat panel

- **Defectos en la matriz del detector:** aparecen artefactos o líneas por fallas en los transistores de película fina (TFT). Se requiere revisión o reparación del detector. *(Ver imagen en anexo 1 j)*
- **Retardo del detector:** un retraso en la lectura puede causar artefactos en imágenes en movimiento. Se corrige ajustando los parámetros o mediante procesamiento digital. *(Ver imagen en anexo 1 k)*

2.3. Ruido en la imagen

El ruido puede deberse a interferencia electrónica del detector o a baja señal durante la adquisición. Se corrige ajustando parámetros y aplicando técnicas de reducción de ruido.

De Redacción (2020) ⁽⁹⁾ *(Ver imagen en anexo 1 l)*

CAPÍTULO III

OPERACIONALIZACIÓN

DE VARIABLES

3.1 OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

OBJETIVO ESPECIFICO 1	VARIABLE	DEFINICIONES		INDICADORES	VALORES
		CONCEPTUAL	OPERACIONAL		
Identificar los aspectos humanos que podrían incidir en la repetición de estudios en radiología digital.	Aspectos humanos en radiología digital.	Se entiende por aspectos humanos a los factores individuales, conductuales y psicosociales asociados al personal de salud y a los pacientes que, de forma directa o indirecta, pueden influir en la necesidad de repetir un estudio radiológico digital	Se refiere a las condiciones humanas del personal de radiología que puedan afectar la calidad de los estudios radiológicos, generando la necesidad de repetirlos.	Movimiento del paciente	SI, NO
				Movimiento voluntario	SI, NO
				Movimiento involuntario	SI, NO
				Mala colimación	SI, NO
				Técnica inadecuada	SI, NO
				Error de indicación	SI, NO
				Artefacto	SI, NO
				Elementos del paciente	
Intervenciones quirúrgicas	SI, NO				

OBJETIVO ESPECÍFICO 2	VARIABLE	DEFINICIONES		INDICADORES	VALORES
		CONCEPTUAL	OPERACIONAL		
Identificar los factores de equipo que podrían incidir en la repetición de estudios en radiología digital	Factores técnicos	Conjunto de elementos relacionados con el manejo de los equipos radiológicos y técnicos	Factores relacionados con el funcionamiento del equipo, que pueden afectar la calidad de una imagen.	Problemas de exposición	SI, NO
				Por error de Flat Panel -Defectos de la matriz del detector. -Retardo del detector.	SI, NO
				Ruido en la imagen	SI, NO

OBJETIVO ESPECIFICO 3	VARIABLE	DEFINICIONES		INDICADORES	VALORES
		CONCEPTUAL	OPERACIONAL		
Conocer las frecuencias de repetición de los estudios radiológicos	Frecuencias de repeticiones de los estudios radiológicos.	La frecuencia se refiere a un valor o a una categoría dentro de un conjunto de datos frecuencia absoluta y frecuencia relativa	Frecuencia con la que se repiten los estudios radiológicos por diferentes factores.	Frecuencia absoluta	$Ff = (f \text{ o } n)$
				Frecuencia relativa	$Fr = f/N*100$

OBJETIVO ESPECIFICO 4	VARIABLE	DEFINICIONES		INDICADORES	VALORES
		CONCEPTUAL	OPERACIONAL		
Evaluar la tasa de repetición de estudios en radiología digital a través del análisis de registro.	Tasa de repetición de estudios.	Es la proporción de estudios radiológicos que deben repetirse debido a errores técnicos, humanos o de procedimiento	Es el porcentaje de exámenes repetidos registrado en un periodo determinado, basado en los datos consignados en los informes o registros del servicio de radiología.	Tasa de repetición	$TR = N. R / N.E * 100$

CAPÍTULO IV

DISEÑO

METODOLÓGICO

4.1. TIPO DE ESTUDIO

El presente trabajo de investigación corresponde a un estudio de tipo descriptivo ya que se fundamenta en la recolección y análisis de datos numéricos pretende identificar las causas de repetición, la frecuencia y tasa de repetición de los estudios radiológicos de enero a junio del 2025.

4.2. UNIVERSO Y MUESTRA

Universo: Pacientes, Personal y Equipo del Departamentos de radiología a nivel nacional.

Muestra: Pacientes, Personal y Equipo del Departamento de radiología del Hospital Nacional Rosales.

4.3. MÉTODO; RECURSOS

Métodos:

Revisión de información de base de datos, de la sal de rayos X de Emergencia.

Recursos:

Recursos Humanos

- Los miembros del equipo investigador:
- ✓ Joseline Xiomara Alfaro Jacobo
- ✓ Ruth Yaneth Marroquín Mejía
- ✓ Tatiana del Tránsito Rodríguez Hernández
- Licenciado asesor de tesis: Lic. Carlos Eduardo Arias Mejía

Recursos tecnológicos

- Computadora
- Internet
- Celulares

Recursos materiales

- Páginas de papel bond (registro de datos)
- Lapiceros

- Folder

Recursos económicos

- \$100 para gastos de materiales

4.4 TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS

Técnicas

Registro de información de base de datos de la sala de rayos X de emergencia.

Instrumentos

Guía de registro

Procedimiento para la recolección de los datos

Se gestionó con anticipación la autorización y permisos correspondientes ante las jefaturas del Departamento de Radiología del Hospital Nacional Rosales, específicamente de la sala de rayos X de emergencia, con el fin de llevar a cabo la recolección de datos de nuestra investigación. Tomando en cuenta que los datos recolectados responden a los objetivos planteados en la investigación.

4.5 CONSIDERACIONES ÉTICAS

Para llevar a cabo esta investigación, se gestionaron los permisos necesarios, así como la autorización de la jefatura del Departamento de Radiología del Hospital Nacional Rosales. Asimismo, se contó con el consentimiento y la colaboración del personal que participo en el estudio. Se observó cuidadosamente los principios bioéticos de no maleficencia y beneficencia. El principio de no maleficencia se garantizó con el manejo anónimo de los datos encontrados con el fin de evitar todo daño psicológico o profesional hacia los participantes, minimizando cualquier riesgo derivado del estudio.

En cuanto al principio de beneficencia, la investigación busca generar aportes significativos que puedan traducirse en mejoras prácticas en el ámbito radiológico y en el bienestar general del personal involucrado. Además, se garantizó la confidencialidad de los datos obtenidos, por lo que no se publicará ninguna información que permita la identificación de los participantes.

4.6 PLAN DE TABULACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Una vez finalizado el proceso de recolección de datos, el equipo investigador procedió a la organización, limpieza y tabulación sistemática de la información, utilizando Microsoft Excel como herramienta principal. La tabulación se basó en un análisis de registros institucionales, centrado en la revisión estructurada de los datos almacenados en los sistemas de información radiológica del hospital (RIS/PACS). Cada examen radiológico fue registrado como una unidad de análisis individual, asignándole una fila específica dentro de una hoja de cálculo. Las causas de repetición fueron clasificadas en categorías predefinidas, derivadas de la literatura y del marco teórico, tales como: Movimiento del paciente, Error de indicación médica, Otras causas no clasificadas previamente

A partir de esta clasificación, se procedió al cálculo de la frecuencia absoluta (f_i) de cada causa, definida como el número total de veces que dicha causa aparece entre los estudios repetidos. La fórmula utilizada fue:

f_i = Número de veces que aparece la causa i

Este indicador permitió establecer un ranking de prevalencia de las causas que inciden en la repetición de estudios, apoyando la identificación de áreas críticas de mejora.

Posteriormente, se calculó la frecuencia relativa, definida como la proporción que representa cada causa respecto al total de causas registradas.

$Fr = (f_i / n) \times 100$

Es decir:

- **Frecuencia absoluta (fi):** cuantas veces aparece un dato o categoría.
 - **El total de datos (n):** la suma de todas las frecuencias absolutas
 - Todo esos multiplicado por 100
- Además, se calcula la tasa de repetición de estudios radiológicos, como un indicador sintético del impacto global del fenómeno.

$$\text{Tasa de repetición (\%)} = \left(\frac{\text{Número de estudios repetidos}}{\text{Número total de estudios realizados}} \right) \times 100$$

4.7 PLAN DE ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis de los resultados se desarrolló en una fase secuencial y estructurada, orientada a identificar las causas más frecuentes de repetición de estudios radiológicos, su distribución y su posible asociación con variables operativas.

En una primera etapa, se procedió a la sistematización de los datos mediante la elaboración de tablas de frecuencia absoluta y relativa, que permitió describir la distribución de las variables principales.

A continuación, se generaron representaciones gráficas (diagramas de barras, gráficos circulares y de columnas) utilizando Microsoft Excel, con el fin de facilitar la visualización y comprensión de los patrones observados.

Cada una de las variables incluidas en la guía de recolección fueron analizadas de forma individual. Posteriormente, se identificaron relaciones relevantes entre las causas de repetición y otros factores de contexto, como modalidad de imagen o tipo de error reportado, siempre dentro de los límites del enfoque descriptivo del estudio.

Finalmente, los resultados obtenidos son contrastados con el marco teórico y los antecedentes empíricos previamente revisados, a fin de interpretar los hallazgos en clave explicativa, identificar tendencias relevantes y proponer recomendaciones dirigidas a la mejora de la calidad diagnóstica en el servicio de radiología.

CAPÍTULO V

PRESENTACIÓN Y

ANÁLISIS DE

RESULTADOS

4.1 Resultados y análisis de la repetición de estudios en radiología digital a través del análisis de registros.

El presente capítulo expone los resultados obtenidos en la investigación titulada “Causas de repetición de los estudios radiológicos en radiología digital en el Hospital Nacional Rosales de San Salvador durante el periodo de enero a junio de 2025”

El análisis se estructura conforme a los objetivos específicos planteados, presentando en primer lugar los hallazgos relacionados con los factores humanos, seguidos por los factores de equipo, la frecuencia general de repetición y, finalmente, la tasa global.

El propósito de esta organización es ofrecer una interpretación coherente que permita determinar las principales causas que inciden en la repetición de estudios radiológicos y su relación con la calidad diagnóstica en el servicio.

4.2 Aspectos humanos que podrían incidir en la repetición de estudios en radiología digital

Los resultados revelan que los errores humanos constituyen la principal causa de repetición en los estudios radiológicos. Entre los factores más relevantes se encuentran los movimientos del paciente durante la exposición, la mala colimación, el uso inadecuado de la técnica radiográfica, y la presencia de artefactos personales o quirúrgicos.

Formula de la frecuencia absoluta:

f_i = Número de veces que aparece la causa i

Formula de la frecuencia relativa:

$$Fr = (f_i / n) \times 100$$

Tabla 1. Frecuencia y tasa de repetición de errores humanos

Tipo de error humano	Frecuencia de repetición	Tasa de repetición (%)
Movimiento voluntario	64	0.39%
Movimiento involuntario	63	0.39%
Mala colimación	53	0.33%
Mal uso de la técnica	25	0.15%
Artefactos de pacientes	15	0.09%
Artefactos quirúrgicos	14	0.09%
Error de indicación médica	19	0.12%
Total	251	1.53%

Análisis:

El movimiento del paciente, tanto voluntario como involuntario, fue la principal causa de repetición. Estas situaciones se asocian a la falta de colaboración del paciente o a limitaciones fisiológicas y neurológicas que impiden mantener la inmovilidad durante el procedimiento.

La mala colimación y el uso inadecuado de la técnica reflejan la necesidad de reforzar la formación técnica y el control de calidad en la práctica radiológica.

En menor medida, los artefactos de pacientes y quirúrgicos evidencian la influencia de factores externos o clínicos que afectan la imagen final.

En conjunto, los errores humanos representaron una tasa total de repetición de 1.53 %, lo cual, aunque dentro de los parámetros aceptables, sugiere la conveniencia de implementar protocolos de capacitación y comunicación más rigurosos entre personal técnico y pacientes.

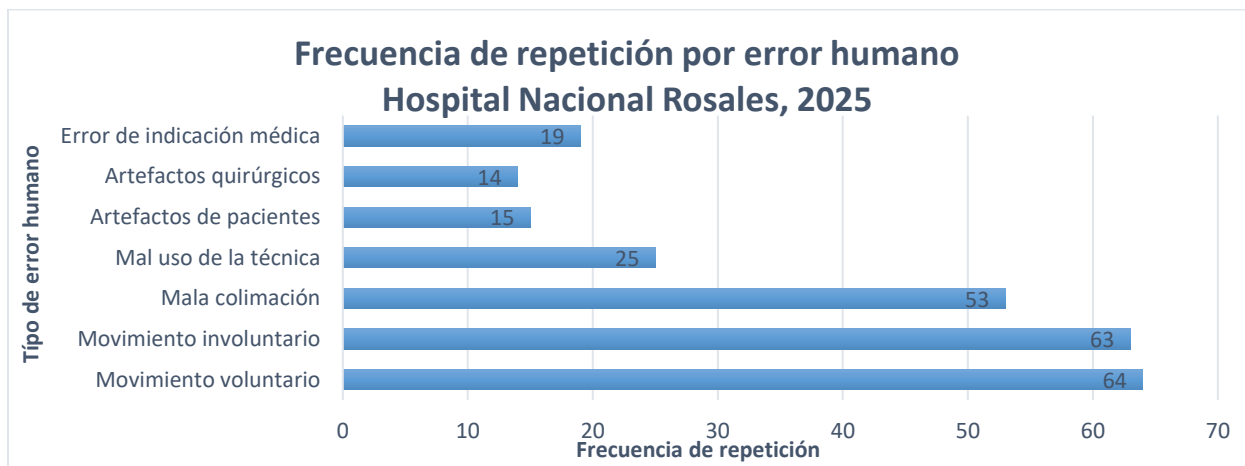


Gráfico 1: Frecuencia de repetición de los factores humanos (Datos obtenidos a partir del presente estudio)

4.2.1 Factores de equipo que podrían incidir en la repetición de estudios en radiología digital

Los errores técnicos de equipo se registraron en menor proporción. Los principales factores identificados fueron los problemas de exposición, los defectos en el detector digital y el ruido en las imágenes obtenidas.

Formula de la frecuencia absoluta:

fi = Número de veces que aparece la causa i

Formula de la frecuencia relativa:

Fr = (fi / n) × 100

Tabla 2. Frecuencia y tasa de repetición por errores de equipo

Tipo de error de equipo	Frecuencia de repetición	Tasa de repetición (%)
Problemas de exposición	29	0.18%
Defectos de detector	29	0.18%
Ruido en la imagen	24	0.15%
Total	82	0.50%

Análisis: Los problemas de exposición y los defectos de detector se asocian a calibraciones inadecuadas, fallos de mantenimiento o desgaste tecnológico del equipo radiológico.

El ruido en la imagen está vinculado a configuraciones de exposición subóptimas o a limitaciones en la sensibilidad del detector. Estos resultados evidencian la importancia del mantenimiento preventivo periódico, la actualización tecnológica y la revisión constante de parámetros de exposición para garantizar la calidad de las imágenes y reducir la necesidad de repetir estudios.

La tasa de repetición por factores de equipo, de 0.50 %, se considera baja y refleja un desempeño adecuado del sistema tecnológico del Hospital Nacional Rosales.

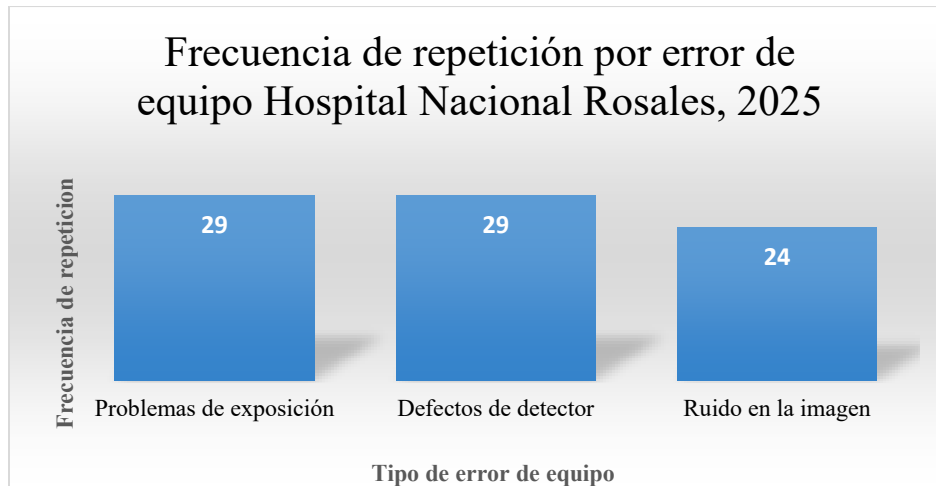


Gráfico 2: Frecuencia de repetición de los factores de equipo (Datos obtenidos a partir del presente estudio)

4.2.2 Frecuencias de repetición de los estudios radiológicos

El total de estudios realizados durante el periodo de análisis fue de 16,353, de los cuales 333 debieron repetirse por diversas causas, equivalentes a una tasa general del 2.03 %.

Tabla 3. Frecuencia general de repetición de estudios radiológicos

Causa de repetición	Frecuencia general	Frecuencia en porcentaje
Errores humanos	251	75.38%
Errores de equipo	82	24.62%
Total general	333	100%

Análisis:

Los resultados muestran que los errores humanos son responsables del 75.38 % del total de repeticiones, mientras que los errores de equipo representan el 24.62 %.

Aunque el número total de repeticiones es bajo en relación con la cantidad de estudios realizados, se identifican áreas de mejora en los procedimientos de control de calidad, calibración y atención al paciente.

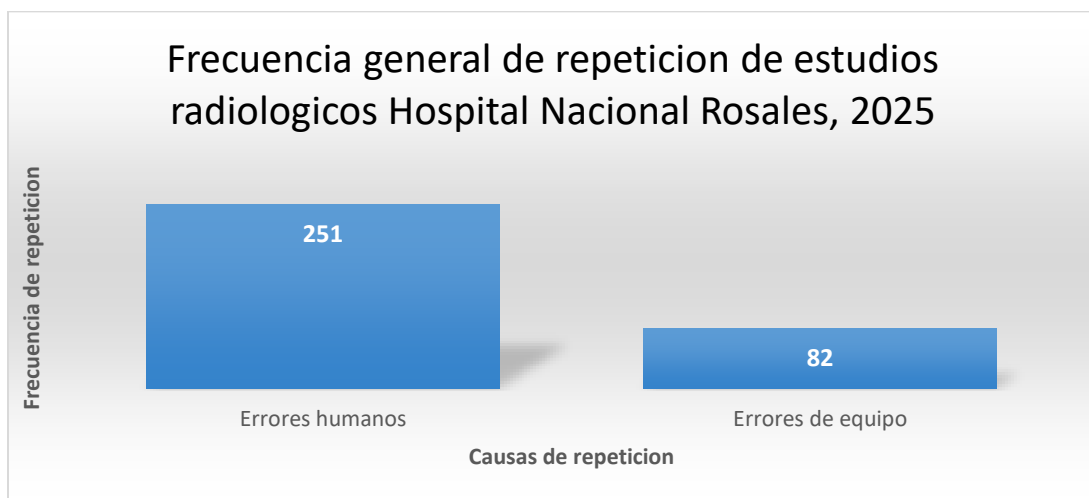


Gráfico 3: Frecuencia General de repetición de los estudios radiológicos (Datos obtenidos a partir del presente estudio)

4.2.3 Tasa de repetición de estudios en radiología digital a través del análisis de registro

Tabla 4. Tasa de repetición general según tipo de causa

Categoría	N° de estudios repetidos	Tasa de repetición (%)
Errores humanos	251	1.53%
Errores de equipo	82	0.50%
Tasa global	333	2.03%

Análisis:

La tasa global del 2.03 % se encuentra dentro del rango considerado aceptable (inferior al 5 %). No obstante, el predominio de los errores humanos sobre los técnicos sugiere la conveniencia de fortalecer las competencias técnicas y comunicacionales del personal radiólogo.

Asimismo, mantener un registro sistemático de las causas de repetición permitirá establecer estrategias de mejora continua y reducir costos asociados a la repetición de procedimientos.

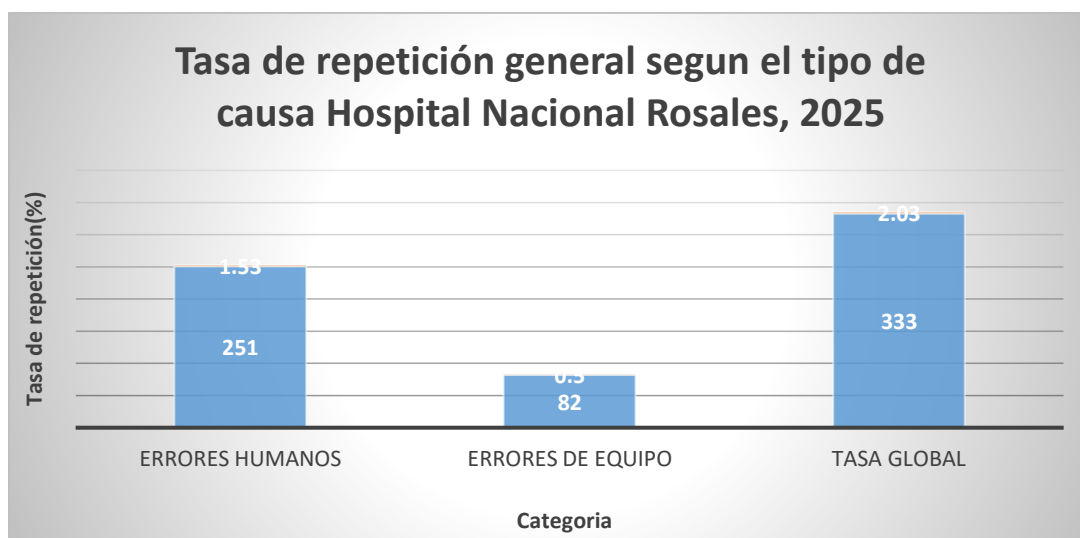


Gráfico 4: Tasa de repetición general de los estudios radiológicos (Datos obtenidos a partir del presente estudio)

4.3 Análisis general de los resultados

Los resultados de la investigación permiten determinar que las causas que inciden en la repetición de estudios radiológicos se concentran principalmente en el factor humano, seguido del factor técnico.

El análisis integral evidencia que la interacción entre la pericia del personal, el manejo del paciente y la calidad del equipo determinan la eficiencia del diagnóstico por imagen. El movimiento del paciente y los errores técnicos de ejecución son los factores más relevantes, mientras que los defectos de equipo reflejan la necesidad de un mantenimiento regular.

Con una tasa global de repetición del 2.03 %, el Hospital Nacional Rosales mantiene un nivel de desempeño favorable respecto a los estándares internacionales.

Sin embargo, la implementación de programas de formación continua, protocolos de revisión técnica y estrategias de comunicación con pacientes podría contribuir a reducir aún más las repeticiones y optimizar el uso de recursos institucionales.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Del análisis hecho y los datos obtenidos, el grupo investigador puede concluir para este estudio lo siguiente:

Se comprobó que los factores humanos son la principal causa de repetición. Los movimientos voluntarios e involuntarios del paciente, la mala colimación y los errores de técnica representan las fallas más recurrentes. Estos aspectos se relacionan con deficiencias en la comunicación técnico-paciente y con la necesidad de reforzar la formación técnica y ética del personal radiológico.

Los errores de equipo, aunque menos frecuentes, se vinculan con problemas de calibración, desgaste de componentes y configuraciones inadecuadas del sistema digital. Esto evidencia la importancia del mantenimiento preventivo periódico, la actualización tecnológica y la verificación rutinaria de los parámetros de exposición.

Así mismo, de un total de 16,353 estudios realizados, se repitieron 333 (2.03 %). La proporción muestra que el servicio mantiene estándares aceptables de desempeño, aunque con márgenes de mejora principalmente en la gestión del factor humano.

Por lo tanto, la tasa de repetición total (2.03 %) se encuentra dentro del rango aceptable, pero la predominancia de los errores humanos sobre los técnicos subraya la necesidad de intervenciones educativas y organizacionales que reduzcan la incidencia de repeticiones y consoliden la cultura de control de calidad.

CONCLUSIÓN GENERAL

La investigación realizada en el Hospital Nacional Rosales durante el periodo de enero a junio de 2025 permitió determinar las causas principales que inciden en la repetición de estudios radiológicos digitales, evidenciando que, pese a los avances tecnológicos de la radiología digital, persisten factores humanos y técnicos que afectan la calidad diagnóstica y la eficiencia del servicio.

Los resultados muestran que los errores humanos constituyen el 75.38 % de las repeticiones, destacando el movimiento del paciente, la mala colimación y el uso inadecuado de la técnica radiográfica como los principales factores. Los errores de equipo representan el 24.62 %, asociados a problemas de exposición, defectos del detector y ruido en la imagen.

La tasa global de repetición (2.03 %) se encuentra dentro de los límites aceptables internacionalmente (menores al 5 %), según la Agencia Internacional de las Energías Atómicas, la cual establece que menos del 5% dice que la institución tiene uno objetivo meta, lo que refleja un desempeño técnico adecuado; sin embargo, las causas identificadas indican oportunidades de mejora en la capacitación del personal técnico, la comunicación con los pacientes y el mantenimiento preventivo de los equipos.

En términos institucionales, la repetición de estudios implica mayor exposición del paciente a radiación, incremento en costos operativos, desgaste tecnológico y retrasos en la atención, por lo que la aplicación sistemática de controles de calidad, protocolos de verificación y programas de formación continua constituye una estrategia esencial para optimizar los recursos y garantizar la seguridad del paciente.

En síntesis, la investigación contribuye con una base de evidencia empírica que puede servir como punto de partida para diseñar políticas hospitalarias de mejora continua, fortalecer la cultura de calidad en radiología digital y consolidar el compromiso institucional con la seguridad y eficiencia diagnóstica.

RECOMENDACIONES





1. Capacitación continua del personal técnico: Implementar talleres periódicos sobre posicionamiento, colimación, control de exposición y manejo de pacientes, con énfasis en la reducción de errores humanos y la comunicación efectiva en el entorno clínico.
2. Estandarización de parámetros técnicos: Elaborar protocolos institucionales para la selección de valores de exposición (kVp y mAs) y la verificación de centrado, ajustados a los diferentes tipos de estudio y características del paciente.
3. Prevención de artefactos y control previo al estudio: Establecer una rutina obligatoria de revisión del historial clínico y de retiro de objetos metálicos (joyas, cierres, prótesis, implantes), minimizando la aparición de artefactos en la imagen diagnóstica.
4. Mantenimiento y calibración de equipos: Programar revisiones técnicas y mantenimiento preventivo mensual o trimestral, incluyendo pruebas de rendimiento y verificación de detectores digitales, para garantizar la estabilidad operativa del sistema radiológico.
5. Gestión documental y control de calidad: Implementar un registro digital sistemático de las causas de repetición, con seguimiento estadístico y análisis trimestral, que sirva de insumo para la toma de decisiones gerenciales y la mejora continua.
6. Enfoque en la seguridad del paciente: Promover una cultura institucional orientada a minimizar la exposición innecesaria a radiación, priorizando el principio ALARA (“As Low As Reasonably Achievable”) en todas las prácticas radiológicas.

Todo esto para poder bajar el 2.03% de la tasa de repetición, ya que según la Agencia Internacional de Energías Atómicas dice que si esta por debajo del 2%, la institución esta en un muy buen controla de calidad.



ANEXOS

ANEXO 1

IMÁGENES DE ALGUNA DE LAS CAUSAS DE LA REPETICIÓN DE ESTUDIO.

IMAGEN	CAUSA DE REPETICIÓN
	<p>a).</p> <p>Imágenes de pacientes que se movieron voluntariamente al momento de realizarle el estudio</p>
	<p>b).¹</p> <p>Imágenes de pacientes que se movieron voluntariamente al momento de realizarle el estudio</p>
	<p>b)²</p> <p>Imágenes de paciente que se movió involuntariamente al momento de realizarle el estudio</p>
	<p>c)</p> <p>Imágenes que muestra un uso de una mala colimación</p>

	<p>g)¹ Imágenes que muestra artefactos quirúrgicos que se extienden de la estructura anatómica que el medico ha indicado y se debe abarcar más</p>
	<p>g)² Imágenes que muestra artefactos quirúrgicos que se extienden de la estructura anatómica que el medico ha indicado y se debe abarcar más</p>
	<p>h) Imagen que muestra un problema de subexposición</p>
	<p>i) Imagen que muestra un problema de exposición creando una sobreexposición a un costado de la imagen</p>
	<p>j) Imagen que muestra un problema de artefactos por problema de la matriz del detector</p>

 An X-ray image of a human leg, showing the tibia and fibula. The image is very dark and blurry, with a significant lag or delay in the detector, making the details difficult to discern. A software interface is visible at the bottom of the image.	<p>K) Imagen que muestra un retardo del detector</p>
 An X-ray image of a human leg, showing the tibia and fibula. The image is very noisy and grainy, with a significant amount of random noise throughout, making the details difficult to discern. A software interface is visible at the bottom of the image.	<p>I) Imagen ruidosa</p>

ANEXO 2. INSTRUMENTO



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA SALUD
LICENCIATURA EN RADIOLOGÍA E IMÁGENES**



TEMA: CAUSAS DE REPETICIÓN DE LOS ESTUDIOS RADIOLOGICOS EN RADIOLOGÍA DIGITAL EN EL HOSPITAL NACIONAL ROSALES DE SAN SALVADOR EN EL PERIODO DE ENERO A JUNIO 2025.

Movimientos Voluntarios	Movimientos Involuntarios	Mala Colimación	Mal uso de Técnica	Artefacto de Pacientes	Artefactos Quirúrgicos	Problemas de Exposición	Defectos de Detector	Ruido en la Imagen

ANEXO 3
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividades	Mes	Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre						
	Semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
Asignación de asesores para tesis.																																								
Presentación de propuesta para tesis.																																								
Inicio etapa I: protocolo de investigación.																																								
1ra asesoría para la elaboración del capítulo I.																																								
Capítulo I																																								
Planteamiento del problema.																																								
Situación problemática.																																								
Enunciado del problema.																																								
Justificación.																																								
Objetivos.																																								
Asesoría para la elaboración del capítulo II.																																								
Capítulo II																																								
Marco teórico																																								
Presentación del capítulo III. Operacionalización de variables																																								

ANEXO 4
PRESUPUESTO

TIPOS DE GASTOS	CANTIDAD	COSTO TOTAL
VIÁTICOS		
Transporte	30 pasajes	\$12
Alimentación	10 desayunos y 10 almuerzos	\$40
PAPELERÍA		
Anillado	3 anillados	\$18
Cuaderno de apuntes	1 cuaderno	\$1.50
TECNOLÓGICO		
Laptop	1 dispositivo	
Internet	3 paquetes	\$10
Memoria USB	1 unidad	\$12
DEFENSA		
Refrigerio	6 refrigerio	\$36
Recuerdos y logística	3 recuerdos	\$19.50
Decoración y manteles		\$18
TOTAL		\$167

ANEXO 5: FORMATO DE INFORME DE LUGAR Y FECHA DE DEFENSA



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA SALUD
LICENCIATURA EN RADIOLOGÍA E IMÁGENES



Ciudad Universitaria 5 de noviembre del 2025

Licda. Mabel Patricia Najarro Chávez

Coordina de procesos de Grado

Carrera de Radiología e Imágenes

Presente.

Por este medio hacemos de su conocimiento que el día lunes 17 de noviembre del presente año se realizara la defensa de tesis con el tema denominado: **Causas de repetición de los estudios radiológicos en radiología digital en el Hospital Nacional Rosales de San Salvador en el periodo de enero a junio 2025.**, en el horario de 2:00pm a 4:00pm en la sala de sesiones del primer nivel del edificio DR. Arnulfo Herrera.

Atentamente

F. _____

Joseline Xiomara Alfaro Jacobo AJ20006

F. _____

Ruth Yaneth Marroquín Mejía

F. _____

Tatiana del Tránsito Rodríguez Hernández

Referencias Bibliográficas

1. **NUBIX.** *Evolución histórica de las radiografías: desde rayos X hasta imágenes digitales* [Internet]. México: NUBIX; 2025 [citado 2 oct 2025]. Disponible en: <https://nubix.cloud/tecnologia-medica/evolucion-historica-de-las-radiografias-desde-rayos-x-hasta-imagenes-digitales>
2. **American Physical Society.** *November 8, 1895: Röntgen's Discovery of X-Rays* [Internet]. APS News; 2001 nov [citado 2 oct 2025]. Disponible en: <https://www.aps.org/apsnews/2001/11/1895-roentgens-discovery-xrays>
3. **Vega Villedas SA, Reales OM, Espinoza Ramos LO.** *Proceso de edición en la digitalización de la imagen radiográfica en los departamentos de radiología e imágenes de la red pública hospitalaria metropolitana en el periodo comprendido de febrero a julio de 2016* [Internet]. San Salvador: Universidad de El Salvador, Facultad de Medicina, Escuela de Tecnología Médica; 2016 [citado 2 oct 2025]. Disponible en: <https://repositorio.ues.edu.sv/server/api/core/bitstreams/1d8c0be9-a076-4b0b-8363-3673b469236e/content>
4. **Machado Acuña F, Salas Blanco R, Rivero Pons BE.** *Consideraciones teóricas sobre la radiografía digital como medio diagnóstico* [Internet]. *MEDISAN.* 2023; 27(4): e4256 [citado 2 oct 2025]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192023000400011
5. **Siemens Healthineers.** *10 things to consider in repeat X-ray imaging* [Internet]. Erlangen: Siemens Healthineers; 2020 [citado 2 oct 2025]. Disponible en: <https://www.medical-professionals.com/en/10-things-to-consider-in-repeat-xray-imaging/>
6. **Gancedo N, Vítolo L.** *Repetición de radiografías: causas y consecuencias en la práctica clínica* [Internet]. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires; 2009 [citado 2 oct 2025]. Disponible en: <https://repositorio.uba.ar/handle/123456789>
7. **Bell DJ.** *Artifacts in radiography* [Internet]. Radiopaedia; 2018 [citado 2 oct 2025]. Disponible en: <https://radiopaedia.org/articles/artefacts-in-radiography>
8. **Walz-Flannigan A, Riesterer O, et al.** *Surgical and metallic artifacts in radiographic imaging* [Internet]. *Radiographics.* 2011 [citado 2 oct 2025]. Disponible en: <https://pubs.rsna.org/doi/full/10.1148/rg.311105159>
9. **Redacción Siemens Healthineers.** *Technical factors influencing image exposure and quality* [Internet]. Erlangen: Siemens Healthineers; 2020 [citado 2 oct 2025]. Disponible en: <https://www.medical-professionals.com/en>