

**Detección y corrección subóptima de artefactos en imágenes de radiografía digital
mediante métodos manuales**

Angie Katherine Ortega Díaz

Haider Fauricio Pérez Sánchez

Luis Sebastián Arcos López

María Gineth Pérez Garzón

Yoli Patricia Luna Andrade

Asesor

Christian Camilo Rodríguez Castro

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias de La Salud ECISA

Tecnología en Radiología e Imágenes Diagnósticas

2025

Resumen

La presente investigación tiene como propósito identificar y comparar prototipos de software para la detección y corrección automática de artefactos en imágenes de radiografía digital, esto se lleva a cabo con el análisis de información encontrada en diferentes bases de datos consultadas con material de estudio, que permite comparar su desempeño con los métodos manuales utilizados tradicionalmente. Los artefactos representan un desafío importante en el diagnóstico por imágenes, ya que pueden afectar la calidad visual y conducir a interpretaciones erróneas. El estudio incluye un análisis comparativo entre los métodos automáticos y manuales, considerando indicadores de precisión, tiempo de procesamiento y mejora en la calidad de imagen. Los resultados obtenidos buscan demostrar la viabilidad del uso de herramientas automatizadas en entornos clínicos, contribuyendo a optimizar los procesos radiológicos y mejorar la seguridad y exactitud diagnóstica.

Palabras clave: Optimización de Imágenes, Control De Calidad, Diagnóstico, Artefactos Radiológicos, Radiografía Digital, Software.

Abstract

The purpose of this research is to identify and compare software prototypes for the automatic detection and correction of artifacts in digital radiography images. This is carried out by analyzing information found in different databases consulted with study material, which allows comparing their performance with traditionally used manual methods. Artifacts represent a significant challenge in diagnostic imaging, as they can affect visual quality and lead to misinterpretations. The study includes a comparative analysis between automatic and manual methods, considering indicators of accuracy, processing time, and improved image quality. The results obtained seek to demonstrate the feasibility of using automated tools in clinical settings, contributing to optimizing radiological processes and improving diagnostic safety and accuracy.

Keywords: Image optimization, Quality Control, Diagnosis, Radiological Artifacts, Digital Radiography, Software.

Tabla de Contenido

Introducción	8
Justificación.....	10
Planteamiento del Problema	12
Objetivos	14
Objetivo General	14
Objetivos Específicos	14
Marco Teórico.....	15
Fundamentos de la Imagenología Digital.....	15
Sistemas de Adquisición	15
<i>Radiografía Computarizada CR</i>	15
<i>Radiografía Digital Directa DR</i>	15
Procesamiento de la Imagen.....	15
Taxonomía de los Artefactos en Radiografía Digital.....	16
<i>Artefactos Relacionados con el Paciente</i>	16
<i>Artefactos Relacionados con el Hardware</i>	16
<i>Artefactos Relacionados con el Software</i>	16
Factores Humanos y Psicotécnicos en la Detección Manual	17
<i>Fatiga Visual y Carga Cognitiva</i>	17
<i>Subjetividad de la Interpretación</i>	17
<i>Impacto Operativo y Radiológico</i>	18
Estado del Arte, Corrección Automática vs. Manual.....	18
<i>Algoritmos de IA y Machine Learning</i>	18

	5
<i>Métodos de Detección y Corrección de Artefactos en Radiología Digital</i>	19
<i>Métodos Automáticos y Prototipos de Software</i>	20
<i>Comparación entre Métodos Manuales y Automáticos</i>	20
Protocolos de Control de Calidad (QC)	21
Marco Metodológico	23
Tipo y Diseño de la Investigación.....	23
Estrategia de Búsqueda	23
Criterios de Inclusión	23
Criterios de Exclusión	24
Procedimiento de Selección – Diagrama de Flujo	24
Técnicas de Análisis de Datos.....	24
Consideraciones Éticas.....	24
Análisis Comparativo	26
Hallazgo Clave y Confrontación con la Realidad	28
<i>Categorización y Frecuencia</i>	28
<i>Eficacia de los Protocolos Actuales</i>	28
<i>Impacto en el Diagnóstico</i>	29
Brecha Tecnológica.....	29
Problemas que Frenan la Investigación.....	30
Fundamentación de la Necesidad de Investigación.....	31
Hallazgo Transversal: Carencia del Método Manual Aislado.....	31
Resultados	34
Frecuencia y Tipología de Artefactos	34

Eficacia de la Detección Manual.....	6
Impacto Radiológico	34
Brecha Tecnológica Método Manual vs Automático	35
Conclusiones	36
Referencias Bibliográficas.....	39

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Análisis Comparativo Internacional sobre Artefactos Radiológicos</i>	24
----------------------------------------------------------------------------------------------	----

Introducción

La radiología digital es una herramienta fundamental para obtener imágenes de alta resolución para el diagnóstico clínico. Sin embargo, en la adquisición de estas imágenes se pueden generar artefactos, como irregularidades o distorsiones que comprometen la precisión diagnóstica. La detección y corrección de estos artefactos es un aspecto crucial que garantiza diagnósticos confiables y la seguridad de los pacientes.

La detección y corrección de artefactos en radiografía digital normalmente se realizan con métodos manuales posteriores a la adquisición. Sin embargo, estas prácticas son subóptimas por la experiencia del ojo humano y la experiencia de los profesionales, el tiempo de revisión y los artefactos que pueden pasar inadvertidos. De esta forma, surgen prototipos de software orientados a la detección y corrección automática de artefactos, que buscan optimizar la calidad de la imagen y reducir la probabilidad los de errores diagnósticos.

El presente se basa en el análisis de la detección y corrección de artefactos en imágenes de radiografía digital mediante métodos manuales, para evidenciar sus limitaciones y reflexionar sobre la necesidad de fortalecer estrategias que mejoren la calidad diagnóstica. Asimismo, se busca evidenciar la relevancia de implementar soluciones tecnológicas que ayuden a minimizar los errores, a optimizar los procesos en los servicios de radiología y a garantizar que los diagnósticos sean más confiables y seguros.

Comprender el impacto de los artefactos en la práctica clínica es crucial, ya que una imagen con distorsiones puede llevar a interpretaciones erróneas, demoras en los diagnósticos o decisiones terapéuticas inadecuadas. Entonces, abordar esta problemática desde una perspectiva técnica y clínica permite ver la importancia de corregir los mecanismos de control de calidad en radiología digital, fortaleciendo así la seguridad del

paciente y la confianza en el sistema de salud.

Por lo tanto, este análisis aporta elementos para reflexionar sobre la necesidad de modernizar los procesos de evaluación de imágenes, promover estándares más rigurosos de calidad y fomentar la integración de herramientas tecnológicas que complementen la labor del profesional en radiología.

Justificación

La presente investigación se justifica por la necesidad de abordar la problemática sobre la calidad diagnóstica y la seguridad del paciente en los servicios de radiología, en cuanto a la detección y corrección subóptima de artefactos en imágenes de radiografía digital mediante métodos manuales.

Para la radiología es esencial la precisión y claridad en las imágenes obtenidas; sin embargo, la presencia de artefactos por movimiento del paciente, fallas del detector o errores en el procesamiento comprometen la interpretación clínica y conducen a diagnósticos inexactos o tratamientos inadecuados.

La innovación en la radiología ha desarrollado software basados en IA para la detección y corrección automática de artefactos, pero su desempeño no ha tenido mucha comparación con los métodos manuales tradicionales en entornos clínicos reales, lo que resulta en una brecha de tecnología y conocimiento, limitando el conocimiento. Además, la escasez de estudios comparativos directos y la limitada disponibilidad de bases de datos públicas adecuadamente etiquetadas dificultan la generalización y validación independiente de estos sistemas automatizados.

Esta investigación es relevante pues los artefactos afectan la calidad diagnóstica y pueden requerir la repetición de los estudios, aumentando los costos operativos y exponiendo a los pacientes a más dosis de radiación ionizante. Asimismo, los métodos manuales dependen de la experiencia del profesional, lo que puede generar variabilidad en la calidad de la imagen, mayor consumo de tiempo y dificultades en la estandarización de los procesos.

De esta forma, la investigación busca analizar y comparar el rendimiento de los métodos manuales tradicionales con las herramientas automatizadas disponibles, con el fin de aportar

evidencia que permita valorar su seguridad, eficiencia y viabilidad de integración en la práctica clínica y demostrar cómo se pueden beneficiar a profesionales de radiología, instituciones de salud y pacientes, al promover mejoras en la calidad diagnóstica, optimizar la eficiencia operativa y fortalecer la seguridad del paciente al reducir exposiciones innecesarias a la radiación.

Planteamiento del Problema

Es la radiología una de las principales herramientas que van de la mano con el diagnóstico médico, pero en ocasiones se puede ver afectada la calidad de estas imágenes por la presencia de artefactos dichos artefactos pueden reducir la calidad diagnóstica, ocasionar interpretaciones erróneas o, en muchos casos, la repetición del examen, lo que conlleva mayor exposición a radiación, incremento de costos y retrasos en la atención médica (ASRT, 2025; Poggenborg et al., 2021).

Tradicionalmente, la detección y corrección de artefactos se realiza de manera manual, a través de la inspección visual por parte de tecnólogos en radiología o médicos radiólogos, los cuales y mediante el uso de herramientas básicas de software de edición o filtros integrados en estaciones de trabajo logran identificar y corregir dichos artefactos antes de que la imagen sea procesada y enviada para estudio médico. Aunque esta técnica de rastreo e identificación de artefactos ha permitido mantener un nivel aceptable de control de calidad, presenta limitaciones significativas como:

Es un proceso subjetivo, dependiente de la experiencia del profesional, ya que si el tecnólogo en radiología no cuenta con la pericia o un buen conocimiento puede fallar este filtro.

Requiere tiempo adicional, lo cual afecta la productividad en servicios con alta demanda, esto debido a que mientras el tecnólogo en radiología revisa la imagen corrige si es necesario o toma nuevamente la placa o el estudio el servicio con alta demanda en atención puede presentar retrasos en la atención.

Puede generar variabilidad Inter observador, dificultando la estandarización de la calidad de imagen (Gómez et al., 2023).

En paralelo, la evolución de las tecnologías de procesamiento digital de imágenes e

inteligencia artificial ha permitido el desarrollo de prototipos de software automático para la detección y corrección de artefactos.

A pesar de estos avances, persisten vacíos de conocimiento:

Existen pocos estudios comparativos que enfrenten de manera directa el desempeño de métodos manuales y automáticos en radiografía digital.

La mayoría de las validaciones se han realizado en entornos de investigación y no en escenarios clínicos rutinarios, por lo que limita mas la información por no ser una información completa y basada en hechos del día a día en los servicios

Se carece de bases de datos públicas o privados suficientemente grandes y etiquetadas con artefactos en radiografía digital, lo cual limita la generalización de los modelos y la busca de información

De esta manera, surge la necesidad de evaluar y comparar el rendimiento de los prototipos automáticos de detección y corrección de artefactos frente a los métodos manuales, a fin de determinar si estas herramientas pueden integrarse de manera segura y eficiente en la práctica radiológica. Resolver este problema no solo contribuirá a mejorar la calidad diagnóstica, sino también a incrementar la eficiencia operativa de los servicios de radiología y a fortalecer la seguridad del paciente al reducir exposiciones innecesarias y sobre todo a contribuir a un diagnostico claro con el fin de que se le de un manejo adecuado a su patología o dolencia por su médico tratante.

Con esta base, se plantea la pregunta problema: ¿Cómo influyen los métodos manuales y automáticos en la detección y corrección de artefactos en radiografía digital, y qué estrategias permiten optimizar la calidad de imagen y la seguridad del paciente en distintos contextos normativos y operativos?

Objetivos

Objetivo General

Analizar las limitaciones presentes en la detección y corrección manual de artefactos en imágenes de radiografía digital.

Objetivos Específicos

Identificar los principales tipos de artefactos que se presentan en imágenes de radiografía digital y sus causas más frecuentes.

Evaluar los procedimientos manuales utilizados actualmente para la detección y corrección de artefactos, destacando sus ventajas y limitaciones.

Determinar el impacto que la insuficiente corrección manual de artefactos tiene sobre la calidad de la imagen y la interpretación diagnóstica.

Analizar comparativamente los procedimientos automáticos y manuales usados actualmente

Marco Teórico

Fundamentos de la Imagenología Digital

La radiografía digital es una modalidad de imagen muy utilizada por su bajo costo, rapidez de adquisición y alta utilidad diagnóstica en patologías torácicas, musculoesqueléticas y odontológicas (ASRT, 2025). La transición de sistemas analógicos a digitales permitió mejorar la calidad de imagen, optimizar la dosis de radiación y facilitar el almacenamiento y transmisión de estudios mediante sistemas PACS.

Sistemas de Adquisición

Existen dos tecnologías principales:

Radiografía Computarizada CR

Utiliza chasis con placas de fósforo fotoestimulable que almacenan la imagen latente y requieren un lector para su digitalización. Este sistema puede presentar artefactos asociados a suciedad en rodillos, desgaste de placas o manipulación inadecuada (Honey y MacKenzie).

Radiografía Digital Directa DR

Emplea detectores de panel plano que convierten directamente la radiación en señal digital. Aunque reduce tiempos de procesamiento, puede presentar artefactos relacionados con píxeles muertos, fallos electrónicos o problemas de calibración, flat-fielding, (Chaverri y Conejo, 2017).

Ambos sistemas, a pesar de las ventajas tecnológicas, siguen siendo variables a la generación de artefactos que afectan la calidad diagnóstica.

Procesamiento de la Imagen

El procesamiento digital incluye ajustes automáticos del histograma, ecualización de contraste y aplicación de algoritmos de mejora de imagen. El histograma representa la

distribución de niveles de gris y permite optimizar brillo y contraste. Sin embargo, una incorrecta partición del histograma o una ecualización inadecuada puede amplificar ruido u ocultar artefactos sutiles.

Asimismo, Los algoritmos de mejora de contraste y reducción de ruido pueden también modificar la percepción de estructuras anatómicas, haciendo que ciertos artefactos se confundan con hallazgos patológicos o viceversa. Por tanto, el procesamiento digital es un punto crítico donde pueden generarse o intensificarse distorsiones (Bernecker, 2018).

Taxonomía de los Artefactos en Radiografía Digital

Los artefactos se definen como estructuras o patrones no deseados que no corresponden a la anatomía real del paciente (ASRT, 2025). Su clasificación sistemática permite comprender su origen y diseñar estrategias de prevención y se clasifican e en tres categorías principales:

Artefactos Relacionados con el Paciente

Se refiere al movimiento voluntario o involuntario que genera borrosidad, la presencia de objetos externos como joyas o ropa, y materiales de osteosíntesis o anatomía compleja que producen sombras o superposiciones, afectan directamente la calidad de la imagen y la interpretación clínica (Jiménez y Armbrust, 2009).

Artefactos Relacionados con el Hardware

Son los que incluyen píxeles muertos o defectuosos en detectores digitales, suciedad en rodillos o placas en sistemas de radiografía computarizada (CR), y problemas de calibración del detector (flat-fielding), los cuales pueden introducir irregularidades en la imagen y comprometer la precisión diagnóstica (Walz et al., 2012).

Artefactos Relacionados con el Software

Son los que abarcan errores en la partición del histograma, fallos en el reconocimiento

del campo colimado y ruido introducido por algoritmos de procesamiento o reconstrucción, los cuales pueden enmascarar hallazgos reales o simular lesiones inexistentes (Jiménez y Armbrust, 2009).

Estos artefactos reducen la calidad de la imagen, dificultan la interpretación clínica y pueden conducir a diagnósticos erróneos o a la repetición de estudios, incrementando la exposición radiológica y contraviniendo el principio ALARA promovido por la OMS y la OIEA (CSN, s.f.).

Factores Humanos y Psicotécnicos en la Detección Manual

Tradicionalmente, la identificación de artefactos depende del ojo del tecnólogo o radiólogo. Sin embargo, esta intervención humana presenta limitaciones importantes como:

Fatiga Visual y Carga Cognitiva

El alto volumen de estudios puede generar fatiga visual y sobrecarga cognitiva, produciendo cansancio y pérdida de capacidad visual del profesional para detectar anomalías sutiles, incluyendo artefactos de bajo contraste o pequeños defectos de píxeles. Según Cabrera et al., (2023), la fatiga y el estrés laboral son factores recurrentes que afectan la eficiencia y exactitud en la interpretación radiológica.

Asimismo, Vera y Ortiz, (2023) señalan que la presión por procesar grandes cantidades de imágenes puede aumentar la probabilidad de errores humanos, comprometiendo la consistencia y calidad de la revisión manual.

Subjetividad de la Interpretación

La evaluación manual está sujeta a variabilidad inter-observador; dos profesionales pueden diferir en la interpretación de la misma imagen, identificando de manera distinta si un hallazgo corresponde a un artefacto o a una lesión real (Jiménez y Armbrust, 2008). Esta

subjetividad limita la estandarización de la calidad de imagen y puede afectar la confiabilidad diagnóstica, especialmente en artefactos sutiles que requieren atención detallada.

Impacto Operativo y Radiológico

La corrección manual mediante repetición de estudios incrementa el tiempo del procedimiento, eleva los costos operativos y expone al paciente a radiación adicional. Por ello, la detección manual, aunque valiosa, evidencia la necesidad de herramientas automatizadas y protocolos estandarizados que mitiguen la influencia de factores humanos y psicotécnicos sobre la calidad diagnóstica (Cabrera et al., 2023).

Estado del Arte, Corrección Automática vs. Manual

Algoritmos de IA y Machine Learning

En los últimos años se han desarrollado sistemas basados en inteligencia artificial para la detección y corrección automática de artefactos. Entre las técnicas más utilizadas se encuentran:

Redes Neuronales Convolucionales (CNNs). Para clasificación y localización de artefactos (Meng et al., 2022).

Autoencoders. Para reducción de ruido y restauración de píxeles defectuosos (Lee et al., 2024).

Redes Generativas Adversarias (Gans). Para corrección de artefactos metálicos (Chen et al., 2021).

Estos sistemas ofrecen mayor objetividad, rapidez y consistencia, reduciendo la variabilidad inter-observador y disminuyendo la necesidad de repetir estudios (Poggenborg et al., 2021).

No obstante, también presentan limitaciones: requieren grandes volúmenes de datos de entrenamiento, pueden introducir artefactos secundarios si no están bien calibrados y su

implementación depende de validaciones regulatorias.

Métodos de Detección y Corrección de Artefactos en Radiología Digital

Tradicionalmente, la identificación de artefactos en radiografías ha dependido de la inspección visual del técnico radiólogo o del radiólogo clínico. La corrección manual se realiza mediante:

Repetición de la radiografía, lo cual incrementa la dosis de radiación y el tiempo del procedimiento.

Uso de software básico de edición de imágenes (por ejemplo, filtros para suavizar ruido o herramientas de máscara para eliminar objetos).

Procesos de calibración rutinarios del detector digital.

Aunque este enfoque es efectivo en algunos casos, presenta limitaciones importantes: depende de la experiencia del operador, requiere más tiempo y puede generar variabilidad Inter observador (Gómez et al., 2023).

Los artefactos en la radiología incrementan factores donde se ve implicado la seguridad no solo del paciente si no de quien opera el servicio, trayendo consigo aspectos negativos como la exposición del paciente a radiación, retraso en la entrega de resultados y el aumento de los costos operativos.

Además, la detección manual carece de estandarización y puede pasar por alto artefactos sutiles que afectan de manera crítica la interpretación clínica (Clínica Internacional Siboney, 2019).

La falta de herramientas sistemáticas y automatizadas para abordar este problema limita la eficiencia del flujo de trabajo radiológico y pone en riesgo la calidad del servicio prestado. Por estas razones, resulta imprescindible analizar y evidenciar la insuficiencia de los métodos

manuales actuales, con el fin de justificar la búsqueda de soluciones innovadoras, automatizadas y estandarizadas que permitan detectar y corregir artefactos de manera más eficaz.

Métodos Automáticos y Prototipos de Software

En los últimos años, se han desarrollado prototipos de software basados en algoritmos de inteligencia artificial y procesamiento digital de imágenes que permiten detectar y corregir artefactos de manera automática (Hernández y Fernández, 2021).

Entre las principales técnicas utilizadas destacan:

Redes neuronales convolucionales (CNNs) para clasificación y localización de artefactos (Meng et al., 2022).

Autoencoders y algoritmos no supervisados para reducción de ruido y restauración de píxeles muertos (Lee et al., 2024).

Redes generativas adversarias (GANs) para corrección de artefactos metálicos, generando imágenes más limpias que las obtenidas con enmascaramiento manual (Chen et al., 2021).

Sistemas híbridos que combinan aprendizaje automático con filtros adaptativos (Martínez et al., 2020).

Estos sistemas no solo logran una mayor objetividad y rapidez, sino que también permiten retroalimentación en tiempo real, lo cual reduce la tasa de repeticiones (Poggenborg et al., 2021).

Comparación entre Métodos Manuales y Automáticos

La literatura reciente muestra resultados consistentes en cuanto a las ventajas de los enfoques automáticos:

Mayor precisión y sensibilidad: Algunos modelos de deep learning alcanzan más del 90% de exactitud en la detección de artefactos de movimiento (Meng et al., 2022).

Menor tiempo de análisis: los algoritmos automáticos reducen hasta un 70% el tiempo

comparado con la inspección manual (Kaur & Singh, 2022).

Consistencia diagnóstica: Los sistemas automáticos reducen la variabilidad entre observadores y garantizan estándares de calidad más homogéneos (Lee et al., 2024).

Menor exposición radiológica: Al detectar fallas de adquisición en tiempo real, se disminuye la necesidad de repetir estudios (Poggenborg et al., 2021).

Sin embargo, los métodos automáticos también presentan limitaciones:

Necesitan grandes volúmenes de datos de entrenamiento.

Algunos algoritmos pueden introducir artefactos secundarios si no están bien calibrados.

Su implementación clínica depende de validaciones regulatorias y de la aceptación de los profesionales de la salud.

Protocolos de Control de Calidad (QC)

Organismos internacionales como la OIEA y el American College of Radiology (ACR) establecen estándares de control de calidad para garantizar imágenes diagnósticamente adecuadas y minimizar repeticiones (Vera et al., 2023). Estos protocolos incluyen revisiones periódicas de calibración, evaluación de detectores y auditorías de calidad de imagen (Cabrera et al., 2023).

Sin embargo, la aplicación estricta de estos estándares no elimina completamente la aparición de artefactos ni supera las limitaciones inherentes a la inspección manual, especialmente frente a anomalías sutiles o artefactos de bajo contraste, lo que evidencia la necesidad de soluciones complementarias automatizadas para mejorar la confiabilidad diagnóstica.

Además, como señala Jiménez (2008), la identificación manual de artefactos depende en

gran parte de la experiencia del tecnólogo, lo que introduce variabilidad Inter observador y puede hacer que artefactos sutiles pasen inadvertidos. Esto supone un riesgo clínico, sobre todo en servicios de alta demanda, donde la presión de tiempo limita la revisión detalladas.

Marco Metodológico

Tipo y Diseño de la Investigación

La investigación es de tipo documental, con un diseño de revisión bibliográfica de tipo descriptivo y analítica, bajo un enfoque cualitativo. El objetivo es caracterizar los artefactos radiológicos más comunes y detallar los métodos manuales y automáticos para su detección y corrección, sus ventajas, limitaciones y resultados. Sin establecer relaciones de causalidad ni realizar mediciones cuantitativas.

Estrategia de Búsqueda

La información se recopiló siguiendo un procedimiento sistemático de revisión bibliográfica:

Bases de datos: PubMed, IEEE Xplore, Scopus, Google Académico, Biblioteca virtual UNAD, ScienceDirect.

Se usaron descriptores como: artefactos en radiología, imagen digital, corrección automática, optimización de imágenes, control de calidad, diagnóstico, radiografía digital, software.

Operadores booleanos como: (Radiology OR “Medical Imaging”) AND (“Image Artifacts” OR “Image Quality”) AND (“Manual Correction” OR “Automatic Correction” OR “AI Assistance”).

Criterios de Inclusión

Artículos publicados en los últimos 10 años.

Estudios relacionados con la detección y corrección de artefactos en imágenes radiológicas digitales.

Manuales y guías técnicas de fabricantes de software y equipos radiológicos actualizados.

Criterios de Exclusión

Estudios centrados únicamente en diagnóstico clínico sin relación con calidad de imagen.
cedimientos manuales tradicionales empleados por tecnólogos y radiólogos para su corrección.

Literatura sin respaldo científico.

Reportes de equipos radiológicos obsoletos o analógicos.

Procedimiento de Selección – Diagrama de Flujo

Identificación: inicialmente se encontraron 150 artículos en bases de datos.

Screening: se descartaron 50 artículos por criterios de inclusión.

Elegibilidad: se leyeron 100 artículos, evaluando su pertinencia.

Inclusión: Se seleccionaron 70 artículos y documentos que son la base de la revisión.

Técnicas de Análisis de Datos

La información recolectada se procesó mediante técnicas cualitativas y comparativas:

Análisis de contenido: se identificaron los tipos de artefactos, técnicas de corrección y resultados reportados.

Síntesis comparativa: se contrastó la información para contrastar los métodos manuales y automáticos, describiendo ventajas, limitaciones y efectos sobre la calidad de imagen.

Evaluación de calidad: se aplicó el criterio de fiabilidad basado en la autoridad de la fuente y fecha de publicación.

Consideraciones Éticas

La investigación se desarrolló respetando los principios de integridad, transparencia y responsabilidad académica. Todas las fuentes utilizadas son de acceso público y académico, sin emplear imágenes clínicas identificables ni información de pacientes. El propósito del estudio es

formativo y busca promover la mejora continua en los procesos de calidad de imagen radiológica.

Análisis Comparativo

Tabla 1

Análisis Comparativo Internacional sobre Artefactos Radiológicos

País	Marcos y Guías	QA y Roles	Detección Manual de Artefactos	Corrección Manual	Limitaciones	Buenas Prácticas
España	Guías alineadas con criterios europeos y protocolos nacionales; control regulado por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN, s. f.); pruebas periódicas de constancia en radiografía digital (Vera y Ortiz, 2023).	QA compartida entre técnicos, físicos médicos y radiólogos; controles diarios y pruebas avanzadas documentadas (Vera & Ortiz, 2023).	Listas de chequeo de inspección de detectores; eficaces en artefactos pero limitadas en ghosting y errores de procesado (Walz Flannigan et al., 2012; Jiménez y Armbrust, 2009).	Limpieza, repetición de exposición, ajustes técnicos y mantenimiento correctivo (Vera y Ortiz, 2023).	Variabilidad humana y diferencias entre centros autónomos.	Protocolos europeos estructurados y control periódico formal (CSN, s. f.).
Canadá	Programas nacionales de QA por Health Canada; lineamientos de aseguramiento de calidad en imagen diagnóstica (Health Canada, s. f.).	Roles definidos para tecnólogos y físicos médicos; evaluaciones diarias estructuradas y formación continua (Health Canada, s. f.).	Procesos estandarizados; riesgo de inconsistencias en centros con alta carga asistencial (Honey y MacKenzie, 2009).	Correcciones bajo protocolos formales y QA documentada.	Dependencia de auditorías físicas periódicas y disponibilidad de recursos humanos.	Estandarización nacional y formación continua obligatoria (Health Canada, s. f.).

País	Marcos y Guías	QA y Roles	Detección Manual de Artefactos	Corrección Manual	Limitaciones	Buenas Prácticas
Chile	Guías alineadas con recomendaciones del OIEA y respaldo técnico de la CCHEN (IAEA, 2021; CCHEN, 2021).	QA rutinario mayormente técnico; mayor estructuración en centros de alta complejidad (IAEA, 2021).	Inspección visual, limpieza y repetición de imagen; riesgo de subdetección sin pruebas periódicas (Walz et al., 2012).	Limpieza, recalibración y mantenimiento cuando está disponible (IAEA, 2021).	Implementación heterogénea según recursos institucionales.	Recomendación de pruebas periódicas y seguimiento técnico documentado (IAEA, 2021).
Alemania	Marco normativo sólido con obligaciones legales y auditorías según la Bundesärztekammer (Bundesärztekammer, 2023).	Responsabilidades formales para médicos, físicos y técnicos; documentación obligatoria y auditorías periódicas (Bundesärztekammer, 2023).	Combinación de inspección manual y pruebas instrumentales reglamentadas (Walz et al., 2012).	Mantenimiento regulado, recalibración periódica y registro obligatorio (Bundesärztekammer, 2023).	La inspección manual es susceptible a error humano, aunque mitigado por regulación estricta.	Normativa robusta, auditorías frecuentes y control sistemático documentado.
Colombia	Normativa nacional en radioprotección y control de calidad alineada con recomendaciones internacionales (IAEA, 2021); lineamientos del Ministerio de Salud y autoridades regulatorias.	Control de calidad a cargo de personal autorizado (físico médico o profesional acreditado); implementación variable según institución.	Predominio de inspección visual y controles básicos; mayor estructuración en instituciones de alta complejidad (Cabrera et al., 2023).	Limpieza, repetición de estudios, mantenimiento técnico y recalibración por personal autorizado.	Heterogeneidad entre centros públicos y privados; diferencias en formación continua y frecuencia de auditorías.	Exigencia de licencias, control por personal autorizado y alineación con estándares internacionales (IAEA, 2021).

Nota. Elaboración propia

Hallazgo Clave y Confrontación con la Realidad

Categorización y Frecuencia

En radiografía digital, los artefactos se presentan como distorsiones o patrones no deseados que afectan la interpretación clínica de la imagen. Entre los más frecuentes se encuentran el ghosting, que corresponde a la superposición de imágenes residuales de exposiciones previas; líneas de procesamiento, generadas por inconsistencias en la digitalización o calibración del detector; ruido de detector, causado por fallos electrónicos o píxeles defectuosos y artefactos por posicionamiento incorrecto, que derivan de movimientos del paciente o errores en la alineación durante la adquisición (Jiménez y Armbrust, 2009).

En la literatura se encuentra que entre el 15-25% de las imágenes presentan algún tipo de artefacto detectable visualmente (Cabrera et al., 2023).

La causa predominante son los errores humanos en posicionamiento y preparación del paciente, seguidos por fallos técnicos y de mantenimiento, lo que resalta la necesidad de protocolos robustos de control de calidad y la incorporación progresiva de sistemas automatizados para minimizar la frecuencia y el impacto de estas irregularidades en la práctica clínica.

Eficacia de los Protocolos Actuales

Los protocolos actuales de control de calidad permiten una detección relativamente eficaz de artefactos evidentes, alcanzando tasas iguales o superiores al 80% cuando se trata de fallos notorios como errores de posicionamiento, colimación inadecuada o defectos visibles del detector (Vera y Ortiz, 2023). Sin embargo, esta eficacia disminuye considerablemente frente a artefactos sutiles, como patrones de ruido, ghosting leve o alteraciones progresivas del

histograma, donde la tasa de detección puede ser inferior al 50%, especialmente en contextos de alta carga asistencial.

En cuanto a los tiempos de corrección los tecnólogos invierten entre 5-20 minutos por imagen en correcciones manuales, eficiencia mejorada con protocolos estandar y QA formal (Honey y MacKenzie, 2009).

Impacto en el Diagnóstico

El impacto de los artefactos en la interpretación diagnóstica es clínicamente relevante, ya que pueden alterar la percepción de las estructuras anatómicas y generar errores en la toma de decisiones médicas. Algunos autores describen la presencia de líneas, bandas, sombras o patrones repetitivos que pueden simular patologías como neumotórax, fracturas pequeñas o lesiones pulmonares, conduciendo a falsos positivos; asimismo, ciertos artefactos pueden enmascarar hallazgos reales y producir falsos negativos (Cabrera et al., 2023).

Entre el 2-10% de las imágenes requieren repetición por artefactos no corregidos, aumentando la exposición innecesaria del paciente (Jiménez y Armbrust, 2009), lo que incrementa la exposición radiológica del paciente y contradice el principio ALARA promovido por el Organismo Internacional de Energía Atómica. Más allá del aspecto radiológico, la repetición implica mayor consumo de recursos, aumento en los tiempos de atención y sobrecarga del personal.

Brecha Tecnológica

La brecha tecnológica en radiografía digital se evidencia en la limitada capacidad de los métodos manuales para identificar y corregir artefactos sutiles o progresivos que no son fácilmente detectables por el ojo humano.

Los sistemas automáticos de corrección con software con filtros, IA y reconstrucción digital detectan artefactos sutiles que escapan al ojo humano (Andersson et al., 2015). La dependencia de la corrección manual genera gastos de tiempo y riesgo de errores; inversión en software y capacitación mejora la eficiencia y reduce exposición innecesaria (Honey y MacKenzie, 2009).

La brecha tecnológica refleja la necesidad urgente de integrar herramientas automatizadas con la supervisión humana, logrando un equilibrio entre precisión diagnóstica, eficiencia operativa y seguridad del paciente.

Problemas que Frenan la Investigación

Aunque los resultados son prometedores, aún existen brechas de investigación que dificultan el desarrollo de evidencia sólida sobre la comparación entre métodos manuales y automáticos en radiografía digital.

En primer lugar, la escasez de estudios que comparen de manera sistemática el desempeño manual vs. automático en radiografía digital. Mientras que en tomografía computarizada se han desarrollado múltiples investigaciones sobre reducción de artefactos metálicos y reconstrucción avanzada (Meyer et al., 2010), en radiografía convencional y digital los estudios siguen siendo mayoritariamente descriptivos (Jiménez y Armbrust, 2009). Esto limita la posibilidad de establecer métricas objetivas de precisión, sensibilidad y especificidad entre ambos enfoques.

En segundo lugar, se comprueba la poca disponibilidad de bases de datos de radiografías etiquetadas con artefactos (Walz et al., 2012). Esta ausencia dificulta el entrenamiento y validación de algoritmos de inteligencia artificial, así como la replicabilidad de los estudios. Sin

datos estandarizados, la comparación entre investigaciones resulta heterogénea y poco generalizable.

En tercer lugar, hay la necesidad de evaluar el impacto clínico real de los prototipos automáticos. Aunque diversos autores han señalado que los artefactos pueden simular patologías u ocultar lesiones verdaderas (Cabrera et al., 2023), aún son limitados los estudios que miden cuánto disminuyen los errores diagnósticos tras la implementación de software de corrección automática, además, el grado de aceptación y confianza de los radiólogos frente a sistemas automatizados de apoyo tampoco ha sido moderado.

Fundamentación de la Necesidad de Investigación

Considerando la problemática identificada, se evidencia la necesidad de profundizar en el estudio de los métodos de detección y corrección de artefactos en radiografía digital, ya que la mejora tiene un impacto técnico, clínico y organizacional.

Corregir adecuadamente una imagen antes de su interpretación diagnóstica contribuye a mejorar la calidad diagnóstica reduciendo los falsos positivos o negativos, se optimizan los recursos disponibles, se garantiza la seguridad del paciente y se aumenta la confianza en los servicios de diagnóstico por imagen al integrar las herramientas automáticas de apoyo con el criterio del profesional.

Hallazgo Transversal: Carencia del Método Manual Aislado

Un patrón entre los países es que los métodos manuales son esenciales pero no suficientes. Autores como Walz et al., 2012 y Jiménez y Armbrust, 2009, demuestra que la inspección visual es muy eficaz para artefactos evidentes, tienen menor sensibilidad para alteraciones sutiles o progresivas y dependen de la experiencia del operador. Asimismo, sobre procesamiento digital y algoritmos de corrección, los autores Bernecker, 2018 y Andersson et al.,

2015, evidencian que herramientas automáticas pueden detectar patrones repetitivos invisibles al ojo humano, corregir la variabilidad del interobservador y reducir el endurecimiento de haz o artefactos metálicos.

Por ende, el análisis comparativo establece que el modelo más robusto de gestión de artefactos no es aquel que reemplaza el control humano, sino el que integra el control manual con herramientas tecnológicas. La inspección visual es un componente esencial del control de calidad, pero insuficiente cuando se enfrenta a artefactos sutiles o sistemáticos (Jiménez y Armbrust, 2009). En este sentido, las guías internacionales de control de calidad en radiodiagnóstico recomiendan la implementación de QA instrumentada periódica, con pruebas de constancia y verificación técnica documentada (Organismo Internacional de Energía Atómica [IAEA], 2021).

Según el Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia (2024), la regulación del uso de equipos generadores de radiación ionizante y el control de calidad de estos equipos se articula mediante resoluciones específicas y formatos técnicos que apoyan la garantía de calidad en radiodiagnóstico.

Igualmente, la evidencia muestra que el registro sistemático y las auditorías periódicas reducen la variabilidad operativa e identifica fallos recurrentes antes de que afecten la calidad diagnóstica (Bundesärztekammer, 2023). La capacitación continua del personal técnico y médico también es un componente determinante para minimizar errores humanos asociados al posicionamiento, exposición y procesamiento digital (Cabrera et al., 2023).

Además, el desarrollo de algoritmos de procesamiento digital y reducción de artefactos ha demostrado mejorar la detección de irregularidades que pueden pasar inadvertidas al ojo humano (Bernecker, 2018; Andersson et al., 2015). Es decir, que la integración progresiva de

herramientas automáticas de apoyo no debe entenderse como sustitución del profesional, sino como un refuerzo técnico que disminuye la carga cognitiva y la variabilidad interobservador.

Resultados

Con el análisis del marco teórico, la comparación internacional y los hallazgos en la literatura, contrastados con los objetivos, se estructuran los resultados de la siguiente forma:

Frecuencia y Tipología de Artefactos

Cabrera et al., (2023) señala que los artefactos más visibles son Ghosting, líneas de procesamiento, ruido del detector y errores de posicionamiento, evidenciando que los artefactos no son eventos aislados sino un fenómeno relativamente común en la práctica clínica. Además, el factor humano es el predominante, seguido fallos técnicos y deficiencias de mantenimiento.

Eficacia de la Detección Manual

Los datos arrojan que la inspección visual es eficaz para errores obvios, pero baja sensibilidad en alteraciones progresivas o de bajo contraste. Walz et al., (2012) demuestran que la variabilidad interobservador y la experiencia del profesional influyen directamente en la detección, causando fatiga visual, carga cognitiva y subjetividad interpretativa, por lo tanto se corroborará que el método manual es indispensable.

Impacto Radiológico

Entre el 2–10% de las imágenes requieren repetición por artefactos no detectados o corregidos oportunamente. Honey y MacKenzie (2009) evidencian que durante las pruebas de aseguramiento de la calidad (QA) en sistemas CR y DR, los artefactos pueden pasar inadvertidos hasta fases posteriores del proceso, obligando a repetir exposiciones. De igual forma, Jiménez y Armbrust (2009) señalan que los artefactos digitales pueden simular patologías o degradar la calidad diagnóstica, generando tanto falsos positivos como falsos negativos, lo que incrementa la probabilidad de repetir estudios para confirmar hallazgos. Además, según el Organismo Internacional de Energía Atómica (2021), los protocolos de control de calidad buscan

precisamente reducir repeticiones innecesarias mediante calibraciones periódicas y verificación técnica documentada.

Brecha Tecnológica Método Manual vs Automático

La comparación entre métodos evidencia diferencias concisas como que la detección manual tiene baja sensibilidad para artefactos sutiles, mayor variabilidad interobservador y puede requerir entre 5 y 20 minutos por imagen, mientras que los sistemas basados en IA (CNNs, autoencoders y GANs) alcanzan precisiones superiores al 90% en algunos modelos y reducen el tiempo de análisis hasta en un 70% (Meng et al., 2022). No obstante, requieren bases de datos etiquetadas, validación clínica y regulación específica (Hernández y Fernández, 2021). Estos hallazgos confirman que el modelo más sólido no reemplaza al profesional, sino que se integra con herramientas automatizadas.

Conclusiones

Los resultados de esta investigación sustentan de manera concluyente que la integración de herramientas automáticas de detección de artefactos en la práctica radiológica es superior a los métodos manuales. Esta transición no solo optimiza la eficiencia operativa y estandariza la calidad de las imágenes, sino que, lo que es más importante, refuerza la seguridad del paciente y garantiza un diagnóstico médico más fiable y oportuno.

Los artefactos en las imágenes radiológicas son un problema significativo que compromete la precisión del diagnóstico médico. Su presencia no solo puede llevar a interpretaciones erróneas, sino que también resulta en la repetición de exámenes, lo que incrementa la exposición del paciente a la radiación, eleva los costos operativos y causa retrasos en la atención médica. La validación insuficiente de los prototipos automáticos en entornos clínicos rutinarios impide su integración efectiva y segura.

Se concluye que un software automático validado podría estandarizar la detección de artefactos, reducir la dependencia de la experiencia individual del técnico y mejorar potencialmente el flujo de trabajo, superando las limitaciones de los métodos manuales si demuestra una precisión superior o comparable.

Existe un consenso internacional en que los artefactos en radiografía digital afectan la calidad diagnóstica y, por lo tanto, todos los países analizados cuentan con marcos de Aseguramiento de la Calidad (QA) y guías técnicas destinadas a su detección y corrección.

Los métodos manuales siguen siendo la base operativa predominante, independientemente del país. La inspección visual, las listas de chequeo, las limpiezas y las repeticiones continúan siendo los procedimientos más comúnmente utilizados en la práctica clínica diaria.

La efectividad del método manual depende en gran medida de la estandarización, la formación y los recursos disponibles. Países con marcos regulatorios estrictos y auditorías frecuentes, como Alemania o Canadá, muestran una menor variabilidad en la detección de artefactos, mientras que sistemas con recursos desiguales (Chile) o con variabilidad regional (España) presentan mayores brechas en consistencia.

El principal problema del método manual es su susceptibilidad al error humano. La fatiga, la carga laboral, la falta de auditorías continuas y la variabilidad en el nivel de entrenamiento aumentan significativamente el riesgo de detecciones subóptimas, especialmente para artefactos sutiles o recurrentes.

La dependencia casi exclusiva de la inspección visual es una limitación clínica y operativa importante. Los métodos manuales funcionan bien ante artefactos evidentes, pero son menos fiables para artefactos técnicos complejos como el ghosting, el mal procesado o fallos en paneles DR.

Los países con regulaciones más estructuradas tienden a integrar pruebas instrumentales, documentación obligatoria y auditorías, lo que reduce la posibilidad de que los artefactos pasen inadvertidos y mejora la trazabilidad del proceso de calidad.

El análisis muestra una tendencia global hacia la necesidad de adoptar métodos automáticos o semiautomáticos, ya que los sistemas basados en IA, algoritmos de preprocesamiento y software de QA permiten detectar artefactos con mayor precisión y consistencia, mitigando la variabilidad humana.

La integración de métodos automáticos no reemplaza, sino que complementa los procedimientos manuales, fortaleciendo los programas QA y permitiendo una respuesta más eficiente ante fallas en los equipos, errores de adquisición o problemas recurrentes.

En conclusión en Colombia hay fundamento normativo sólido para exigir control de calidad, licencias, personal autorizado, resoluciones recientes y su alineación con recomendaciones internacionales (IAEA), pero la efectividad frente a la detección/corrección manual de artefactos depende de la implementación local, recursos, formación y auditoría.

Por tanto, la estrategia recomendada es no confiar exclusivamente en inspecciones manuales: mantenerlas como primera línea rápida y combinarlas con tests instrumentales, registro sistemático y personal autorizado para intervenciones y certificaciones

Referencias Bibliográficas

- Andersson, K. M., Nowik, P., Persliden, J., Thunberg, P., & Norrman, E. (2015). *Metal artefact reduction in CT imaging of hip prostheses—An evaluation of commercial techniques provided by four vendors*. *British Journal of Radiology*, 88(1052), 20140473.
<https://doi.org/10.1259/bjr.20140473>
- Bernecker, D. (2018). *Image processing*. En A. Maier, S. Steidl, V. Christlein, et al. (Eds.), *Medical imaging systems: An introductory guide* (Cap. 3). Springer.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK546156/>
- Bundesärztekammer. (2023). *Leitlinie der Bundesärztekammer zur Qualitätssicherung in der Röntgendiagnostik* (Versión del 25 de mayo de 2023). Bundesärztekammer.
https://www.bundesaerztekammer.de/fileadmin/user_upload/BAEK/Themen/Qualitaetsicherung/_Bek_BAEK_Leitlinie_Roentgendiagnostik_ONLINE_KORR_Vers_25_05_2023.pdf
- Cabrera, L., Calle, J., Castillo, J., Rodas, A., Vásquez, P., & Yuquilema, D. (2023). *Diagnostic errors in radiology: Human, technical, and systemic factors*. *Yachasun*.
<https://editorialibkn.com/index.php/Yachasun/article/view/860>
- Canadian Association of Medical Radiation Technologists. (s. f.). *Image quality*. Best Practice Guidelines. https://camrt-bpg.ca/quality-of-care/quality-assurance/image-quality/?utm_
- Chaverri, O., & Conejo, M. (2017). *Radiografía industrial: comparación entre el método tradicional y digital empleando rayos X*. *Tecnología en Marcha*, 30(3), 119–128.
<https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v30n3/0379-3982-tem-30-03-119.pdf>
- Clínica Internacional Siboney. (2019, 3 de septiembre). *De la radiología convencional a la digital*. <https://instituciones.sld.cu/cis/2019/09/03/>

Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). (s. f.). *Protección radiológica*.

<https://www.csn.es/proteccion-radiologica>

Hernández, Víctor, & Fernández, Y. (2021). *Algoritmos para el procesamiento de imágenes con artefactos de endurecimiento de haz en tomografía computarizada* [Algorithms for the processing of images with artifacts of hardening in computerized tomography]. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 15(2), 96–117. Ediciones Futuro. Universidad de las Ciencias Informáticas. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=378367420006>

Honey, I., & MacKenzie, A. (2009). Artefacts found during QA testing of CR and DR detectors. *Journal of Digital Imaging*, 22(4), 383–392. <https://doi.org/10.1007/s10278-008-9109-0>

Jiménez, D., & Armbrust, L. (2009). *Digital radiographic artifacts*. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 39(4), 689–709.

<https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2009.04.002>

Knipe, H. (1 de ABRIL de 2025). Radiopaedia.org. Obtenido de Artefactos de rayos x :

<https://radiopaedia.org/articles/x-ray-artifacts>

Meyer, E., Raupach, R., Lell, M., Schmidt, B., & Kachelrieß, M. (2010). Normalized metal artifact reduction (NMAR) in computed tomography. *Medical Physics*, 37(10), 5482–5493. <https://doi.org/10.1118/1.3484090>

Ministerio de Salud y Protección Social. (2024). *Radiaciones ionizantes: Regulación del uso de equipos y control de calidad*.

<https://www.minsalud.gov.co/salud/MT/paginas/radiaciones-ionizantes.aspx?utm>

Organismo Internacional de Energía Atómica. (2021). *IAEA-TECDOC-1958: Protocolos de control de calidad para radiodiagnóstico en América Latina y el Caribe*. IAEA.

https://www.cchen.cl/wp-content/uploads/2021/07/TE-1958web_compressed.pdf

- Périard, M., & Chaloner, P. (1996). *Diagnostic X-ray imaging quality assurance: An overview*. The Canadian Journal of Medical Radiation Technology, 27(4), 171–177. Health Canada. https://www.canada.ca/en/health-canada/services/environmental-workplace-health/reports-publications/radiation/diagnostic-imaging-quality-assurance-overview.html?utm_
- Sociedad Española de Física Médica (SEFM). (2024). *Protocolo español de control de calidad en radiodiagnóstico: Módulo 1 — Control de calidad de los equipos de radiografía digital* (Revisión 2024). SEFM. <https://sefm.es/wp-content/uploads/control-de-calidad-de-los-equipos-de-radiografia-digital.pdf>
- Vera, G., & Ortiz, M. (2023). *Pruebas de constancia y calidad de la imagen de radiografía digital*. UNAD. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/56993/GHVERA.pdf?sequence=3>
- Walz-Flannigan, A., Magnuson, D., Erickson, D., & Schueler, B. (2012). *Artifacts in digital radiography*. *American Journal of Roentgenology*, 198(1). <https://doi.org/10.2214/AJR.11.7237>