

**Control de calidad en la adquisición de imágenes de tomografía cerebral y su relación con
la precisión diagnóstica**

Natalia Andrea Cuervo Aranguren

Mayra Alejandra Higuera Hernández

Claudia Marcela López Cardenal

Flor Ángela Otálora González

Pedro Pineda Angarita

Asesora

Vanessa Catherine Perea

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias de la Salud (ECISA)

Tecnología en Radiología e Imágenes Diagnosticas

Tunja

2024

Dedicatoria

El presente trabajo lo dedicamos primeramente a Dios, a nuestros padres, así como familiares que nos apoyaron en cada una de nuestras metas; y a nuestra tutora por su orientación y consejos valiosos, los cuales nos ayudaron a construir una investigación sólido y coherente.

Agradecimientos

El agradecimiento de este proyecto va dirigido primeramente a Dios, a nuestra familia y amigos por su inquebrantable apoyo, comprensión y ánimo durante este desafiante camino.

También agradecemos a nuestra tutora por su orientación experta, paciencia y apoyo constante a lo largo de este desafiante proceso. Sus conocimientos y dirección fueron fundamentales para el éxito de este proyecto y para nuestro desarrollo académico y profesional. Por último, pero no menos importante, queremos agradecer a todos aquellos que de una forma u otra contribuyeron con su tiempo, conocimientos y ánimo para hacer posible la realización de este proyecto.

Resumen

Este proyecto se centra en analizar los factores que afectan la calidad de las imágenes en la tomografía cerebral, con el objetivo de comprender su impacto en la precisión diagnóstica. A través de una investigación exhaustiva de la literatura especializada, se identificaron criterios claves de calidad y estrategias para mejorarla, destacando la importancia del sistema CaliRad. Se proponen recomendaciones prácticas, como la implementación de protocolos basados en la guía europea y medidas para minimizar factores internos y externos que puedan afectar la calidad de las imágenes.

Palabras clave: Tomografía computarizada cerebral, diagnóstico TAC cerebral, Radiología diagnóstica, neuroimágenes, optimización de protocolos.

Abstract

This project focuses on analyzing the factors that affect image quality in brain tomography, with the aim of understanding its impact on diagnostic accuracy. Through an exhaustive investigation of the specialized literature, key quality criteria and strategies for quality improvement were identified, highlighting the importance of the CaliRad system. Practical recommendations are proposed, such as the implementation of protocols based on European guidelines and measures to minimize internal and external factors that may affect image quality.

Keywords: Brain computed tomography, brain CT diagnosis, diagnostic radiology, neuroimaging, protocol optimization.

Tabla de Contenido

| | |
|--|----|
| Planteamiento del Problema..... | 8 |
| Justificación..... | 11 |
| Objetivos | 13 |
| Objetivo General | 13 |
| Objetivos Específicos | 13 |
| Marco Teórico..... | 14 |
| Tomografía Computarizada (TC)..... | 14 |
| Calidad de Imagen en Tomografía Computarizada (TC)..... | 17 |
| Parámetros de Calidad de Imagen..... | 17 |
| Factores que intervienen en el control de calidad de la imagen en Tc | 18 |
| CaliRad..... | 23 |
| Metodología | 27 |
| Desarrollo del Proyecto..... | 30 |
| Identificación de Factores | 30 |
| Interpretación de los Criterios de Calidad..... | 33 |
| Revisión que los Criterios Presentan Beneficio | 34 |
| Conclusión..... | 37 |
| Recomendaciones | 38 |
| Referencias | 39 |

Lista de Tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1 <i>Artículos y Estudios Encontrados en la Plataforma SciELO</i> | 30 |
| Tabla 2 <i>Artículos y Estudios Encontrados en la Plataforma Dialnet</i> | 31 |
| Tabla 3 <i>Artículos y Estudios Encontrados en la Plataforma Europe PubMed Central</i> | 31 |
| Tabla 4 <i>Artículos y Estudios Encontrados en Repositorios Institucionales y Otras</i> | 32 |

Planteamiento del Problema

La calidad de las imágenes obtenidas mediante tomografía cerebral es fundamental para un diagnóstico preciso y el tratamiento oportuno de enfermedades neurológicas. Esto es especialmente cierto a nivel mundial y en Colombia, donde la incidencia de patologías cerebrales sigue en aumento. En este contexto, la capacidad de obtener imágenes claras y precisas es más crucial que nunca. Según el ejercicio piloto de 2015 realizado por el Ministerio de Salud y Protección Social (2014) en el atlas de variaciones geográficas en salud de Colombia:

El total de TAC realizados en las EPS en los años 2013 y 2014 fue de 2.355.936 para una tasa de 37,5 TAC por cada 1.000 afiliados. Del total de las TAC realizadas durante los años 2013 y 2014, el 52,16% fueron en la cabeza, para un total de 1.228.828. Las tasas más altas se encontraron en Meta, Caquetá, Quindío, Bogotá, Boyacá y Risaralda mientras que Vaupés, Vichada, Guainía, Chocó Guaviare y Putumayo presentaron las tasas más bajas de uso. (p. 41)

Adicionalmente, la efectividad de la Tomografía Computarizada Corporal Total, según Ordoñez et al. (2020) resaltan la importancia de las tecnologías de imagen en un espectro más amplio de situaciones médicas. Este enfoque refuerza la necesidad de contar con herramientas precisas y rápidas para el diagnóstico en casos críticos, como los pacientes politraumatizados con inestabilidad hemodinámica. La Tomografía Computarizada Corporal Total se discute como un medio más accesible y primordial, no solo para patologías cerebrales sino también en el manejo integral del trauma, ampliando así su relevancia y aplicación en el contexto médico colombiano.

Estos datos y cifras destacan la importancia y la dependencia del sistema de salud en esta tecnología de imagen para la atención médica diagnóstica. Sin embargo, la falta de calidad en estas imágenes puede llevar a interpretaciones erróneas, diagnósticos inexactos. Esto, a su vez,

puede resultar en tratamientos inadecuados o innecesarios que afectan la calidad de vida del paciente y aumenten los costos para el sistema de salud; A pesar de los progresos significativos en el área, la valoración de la calidad de las imágenes todavía depende de criterios subjetivos o de métodos que no explotan completamente las posibilidades de las nuevas tecnologías.

Las técnicas y tecnologías actuales en la adquisición de imágenes de tomografía cerebral están en constante evolución, como lo explica Ramírez et al. (2008); Sin embargo, aún existen limitaciones significativas en la práctica clínica que afectan la calidad de las imágenes alcanzando resultados imprecisos, lo que puede afectar el diagnóstico y tratamiento de diversas condiciones neurológicas, comprometiendo así el pronóstico del paciente; esto incluye desde la calibración del equipo y la selección de parámetros de adquisición hasta los protocolos de postprocesamiento.

Finalmente resaltamos al igual que otros autores, que, a pesar de los avances en el campo de la tomografía computarizada, la evaluación de la calidad de imagen aún se basa en criterios subjetivos o en procedimientos que no aprovechan plenamente las capacidades de las tecnologías emergentes (Ramírez et al., 2008).

La investigación sobre el control de calidad en este ámbito no solo llenaría un vacío de conocimiento crítico, sino que también establecería un marco para la mejora continua en la precisión diagnóstica.

La implementación de una aplicación web como CaliRad, que evalúa los indicadores básicos de calidad de los exámenes de tomografía, representa un paso adelante en la estandarización de la calidad. Sin embargo, la evaluación de su impacto en la precisión diagnóstica y en la mejora de los resultados clínicos aún está por definirse. Al investigar cómo esta herramienta y otras técnicas pueden ser aplicadas efectivamente en el contexto clínico, se

puede avanzar significativamente en la optimización de la adquisición de imágenes de tomografía cerebral. Esta investigación documental, no solo contribuirá a la base de conocimientos existente, sino que también proporcionará una guía práctica para los profesionales de la salud en Colombia y en todo el mundo.

Asimismo, se destaca que abordar este problema y sus soluciones potenciales podría tener un impacto significativo en la práctica médica, mejorando la calidad del diagnóstico y tratamiento de enfermedades cerebrales; mediante el análisis detallado de las causas subyacentes que afectan la calidad de la imagen y la evaluación de nuevas estrategias para superar estas limitaciones, como el uso de CaliRad. Esta investigación tiene el potencial de aportar valiosamente al ámbito de la neuroimagen mediante la definición de directrices precisas y recomendaciones fundamentadas en la evidencia, se espera que este estudio promueva un cambio hacia prácticas más efectivas y seguras en la adquisición de imágenes de tomografía cerebral, beneficiando a pacientes y profesionales de la salud por igual.

Justificación

El diagnóstico preciso de enfermedades neurológicas depende en gran medida de la calidad de las imágenes obtenidas a través de la tomografía cerebral. Si estas imágenes presentan mala calidad debido a limitaciones de tomografía cerebral y desventajas técnicas, la confiabilidad del diagnóstico se ve comprometida, llevando a tratamientos inadecuados o la omisión de anomalías, posiblemente complicando el estado del paciente. Resulta fundamental analizar las desventajas asociadas con la exposición a radiación, artefactos por movimiento del paciente, y calidad limitada de las imágenes para reducir riesgos, mejorar la eficacia diagnóstica y brindar mejor atención a los pacientes.

La tomografía es la técnica de imagen más utilizada para la evaluación del traumatismo craneal agudo, útil en la detección rápida de lesiones neuroquirúrgicas. Su importancia se destaca en el manejo de condiciones urgentes como el ictus y traumas derivados de accidentes de tránsito, siendo cruciales la rapidez y la precisión diagnóstica.

La evolución tecnológica de la tomografía computarizada ha sido impresionante, pasando de exploraciones que duraban minutos a las actuales, que se completan en milisegundos, mejorando drásticamente la calidad de las imágenes. Según Ruiz et al. (2022) esta evolución ha llevado a una clasificación de los escáneres por generaciones, donde las dos primeras ya no se utilizan por su baja definición y largos tiempos de espera. Los escáneres de tercera a sexta generación y el avance hacia el TC helicoidal han optimizado los tiempos de exploración y la calidad diagnóstica, lo que demuestra la importancia de la tecnología de los equipos en la calidad de las imágenes. Este avance resalta la necesidad de evaluar y actualizar constantemente los criterios de calidad y las herramientas de evaluación, como CaliRad, para asegurar diagnósticos precisos y eficaces.

La importancia de garantizar la calidad de la imagen en la tomografía cerebral para brindar un adecuado diagnóstico y tratamiento a los pacientes fundamenta este control de calidad en la adquisición de la imagen, buscando mejorar la precisión y fiabilidad de los resultados radiológicos. Al identificar los factores que pueden afectar la calidad de imagen, se pueden implementar medidas preventivas y correctivas que optimicen el proceso de adquisición de imágenes en tomografía cerebral, beneficiando tanto a pacientes como al equipo médico.

Esta investigación responde a una motivación grupal por profundizar en cómo la evolución tecnológica y los avances en los criterios de calidad pueden contribuir significativamente a la práctica médica, enfocándose en mejorar la precisión diagnóstica y la atención al paciente en condiciones neuroquirúrgicas urgentes y otras patologías cerebrales.

Objetivos

Objetivo General

Analizar los factores que intervienen en el control de calidad en la adquisición de imágenes de tomografía cerebral

Objetivos Específicos

Investigar en la literatura los factores que intervienen en el control de calidad en la adquisición de imágenes de tomografía cerebral.

Identificar los principales criterios de calidad en la adquisición de la imagen en la tomografía cerebral

Analizar los factores, criterios y nuevas estrategias que intervienen en la calidad de la imagen de tomografía cerebral.

Marco Teórico

Tomografía Computarizada (TC)

La tomografía computarizada (TC) se ha transformado en una de las técnicas radiológicas más aprovechables en el diagnóstico clínico. Su entrada en el campo de la medicina fue en el año de 1971 y desde ese entonces ha registrado varios avances dando aparición a indicaciones nuevas en diferentes terrenos de la medicina. En este trabajo se revisan varios aspectos sobre el control de calidad en la adquisición de imágenes por tomografía cerebral, al igual que los diferentes caminos que fueron contribuyendo para su aplicación en el diagnóstico. En tal sentido, la idea, conocida con el apelativo de tomografía computarizada, ya había sido publicado por el físico Allan Cormack (1924-1998) en el año 1963; pero no tuvo mayor reconocimiento hasta que: “Sir Godfrey Hounsfield en el año 1972 mostro la posibilidad de reconstruir un corte trasversal del cuerpo humano partiendo de proyecciones radiográficas adquiridas desde diferentes posiciones” (Tiznado, 2014, p. 250).

La tomografía axial computarizada cambio al equipo convencional de radiología por detectores de radiación que giran alrededor del paciente dentro del Gantry durante la elaboración de un estudio.

Desde esta perspectiva, Hounsfield es la figura central ya que, tras arduos trabajos y en forma totalmente independiente de Cormack, desarrolló en 1967 para EMI lo que sería la mayor revolución en el campo del Diagnóstico por Imágenes desde que Röntgen descubriera los rayos X: la TAC, siglas de Tomografía Axial Computada (en inglés: *Computerized Axial Tomography-CAT*). (Ortega y Socolsky, 2012, p. 333)

La tomografía computarizada (TC) es especial al momento de dar un diagnóstico claro y conciso, así como llevar una supervisión en estudios de control en pacientes con diferentes tipos

de patologías, además se puede llevar un planeamiento respecto a los tratamientos como la radioterapia.

Con los primeros escáneres de uso clínico, tales como el “escáner - EMI”, que se introdujo en 1971, se adquirían los datos del cerebro en aproximadamente 4 minutos, dos secciones contiguas, y el tiempo de cálculo era de unos 7 minutos por imagen. (Calzado y Geleijns, 2010, p. 163)

Sucesivamente se fueron desarrollando escáneres aplicables los cuales tomaban imágenes de cualquier parte del cuerpo; al principio encontramos los escáneres axiales, los cuales tenían solo una fila de detectores, esto se dio en el año de 1976, luego de esto se evoluciono en los escáneres helicoidales o también llamados espirales, también se crearon equipos con múltiples filas de detectores, los cuales han dado un amplio análisis a diferentes patologías en la actualidad. La evolución de la técnica hasta los surgimientos actuales ha convertido a la tomografía en una modalidad de diagnóstico irremplazable, sin embargo, es importante contar con parámetros de calidad como el contraste de la imagen, la resolución espacial, el ruido de la imagen y los artefactos.

Para la evaluación de los parámetros de control de calidad de la imagen de forma estandarizada se utilizó el fantoma desarrollado por el American College of Radiology (ACR); el mismo es utilizado en sus programas de acreditación vinculados a la calidad de imagen clínica. (López et al., 2015, p. 1)

Los estudios de TC implican exposiciones con altos parámetros que resultan en una energía impartida mayor que en procedimientos convencionales por otra parte la introducción de TC helicoidal y la TC multiforme aumento los posibles rasgos a estudiar, redujo el tiempo de

cada prueba, mejoro la calidad de las imágenes y contribuyo a nuevas variaciones en la práctica (Ruiz et al., 2022).

La TC es una técnica medica que utiliza radiaciones X para obtener cortes o secciones de objetos anatómicos con fines diagnósticos, por lo tanto, es indispensable incrementar la precisión y exactitud de las estimaciones de sus parámetros imagenológicos (Ramírez et al., 2008).

Reportes recientes en los estados unidos señalan que la radiación percapita se ha duplicado en los últimos 30 años y la razón principal es el uso de TC, La radiografía, la fluoroscopia y la medicina nuclear. las dosis asociadas a TC varían entre 1 mSc y 14mSv, dependiendo del tipo de examen estos valores son comparables con las dosis anuales de radiación que recibe todo individuo debido a la radiación de fondo como la radiación cósmica que esta entre 1 mSv y 10 mSv. (Ruiz et al., 2022, p. 3)

El riesgo que proviene del uso de radiación ionizante durante la adquisición de imágenes para un individuo es muy bajo y en la mayoría de los casos el beneficio de un diagnóstico acertado y a tiempo justifica aún más su uso frecuente (Brooks y Miller, 2012). No obstante, es de interés disminuir las dosis de radiación particularmente en niños y adolescentes ya que si son escaneados múltiples veces durante su vida se puede acumular una dosis significativa de radiación ionizante que a su vez podría tener un mayor riesgo, por lo cual se debe valorar razonablemente la relación riesgo-beneficio en las imágenes para el diagnóstico médico (Frush, 2013).

La tomografía computarizada (TC), se enfrenta a un equilibrio delicado entre la calidad de la imagen y la cantidad de radiación ionizante utilizada. Cuando se reduce la dosis de radiación en la TC, se incrementa el ruido en las imágenes debido a la disminución de fotones

captados por los detectores del tomógrafo. Esta disminución en la relación señal a ruido puede resultar en la ocultación de detalles anatómicos y la reducción en la detección de lesiones con bajo contraste (Ramírez et al., 2011).

Es importante destacar que dosis muy bajas pueden agravar efectos no deseados, como artefactos, en las imágenes. Por lo tanto, para mantener un equilibrio adecuado, la TC se guía por el principio de utilizar las dosis más bajas de radiación que aún conserven la calidad necesaria en la imagen; esto se conoce en Inglés como ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*), tan bajo como sea razonablemente posible (International Commission on Radiological Protection, 2007).

Calidad de Imagen en Tomografía Computarizada (TC)

La precisión diagnóstica de la tomografía computarizada (TC) se apoya fuertemente en su capacidad para proporcionar imágenes de alta calidad. Este atributo la distingue de otras técnicas de imagen como la radiografía o la planigrafía, principalmente por su excepcional resolución de bajo contraste. Según Calzado y Geleijns (2010), esta resolución es crucial para detectar diferencias sutiles en la densidad de los tejidos, medida en Unidades Hounsfield (UH).

Parámetros de Calidad de Imagen

Resolución de Bajo Contraste. La habilidad para discernir estructuras con diferencias mínimas en señal depende en gran medida de minimizar el ruido de imagen. Calzado y Geleijns (2010) destacan que el ajuste de parámetros como la corriente del tubo (mA) o el grosor de corte puede mejorar la imagen a costa de aumentar la dosis de radiación al paciente.

La elección de la tensión del tubo, la filtración del haz y el algoritmo de reconstrucción son decisiones técnicas que afectan directamente esta resolución.

Resolución Espacial. La capacidad para observar detalles finos y contornos de objetos pequeños en la imagen se denomina resolución espacial. Aunque el tamaño del vóxel se considera un indicador de la resolución espacial, "el tamaño de vóxel debe interpretarse con cautela" (Calzado y Geleijns, 2010, p. 174), ya que un tamaño de vóxel reducido no siempre implica una mejor resolución. La geometría del escáner, el algoritmo de reconstrucción utilizado y el grosor del corte reconstruido son factores que limitan la resolución espacial.

Resolución Temporal. Es la capacidad de capturar de manera efectiva objetos en movimiento rápido, es crucial para evitar artefactos y borrosidad por movimiento. La adquisición rápida de datos, a través de una rotación veloz del tubo de rayos X, es fundamental para lograr una buena resolución temporal. Las técnicas de reconstrucción segmentada en TC cardíaco, o el uso de escáneres de TC de doble fuente, pueden optimizar aún más este parámetro, aunque actualmente no existen métodos sencillos para su medición en entornos clínicos (Calzado y Geleijns, 2010).

Estos parámetros de calidad de imagen destacan la complejidad y la necesidad de una gestión cuidadosa en la práctica de la TC para asegurar diagnósticos precisos y efectivos.

Factores que intervienen en el control de calidad de la imagen en Tc

La tomografía cerebral es una herramienta de diagnóstico importante en el campo de la neurología y la neurocirugía. La calidad de la imagen es crucial para obtener un diagnóstico preciso y evitar errores en el tratamiento. En este sentido, existen diversos factores que intervienen en el control de la calidad de la imagen de la tomografía cerebral.

En primer lugar, la relación señal-ruido es un indicador de la calidad de la imagen, ya que una relación alta indica una imagen de alta calidad, mientras que una relación baja indica una imagen de baja calidad; lo cual a su vez puede ser modificable. Para Calzado y Geleijns (2010)

como para muchos otros autores esta es la característica o factor más importante de los parámetros para una buena calidad de imagen que radica en que:

El ruido de la imagen es la principal limitación para la resolución de bajo contraste. El ruido de la imagen se puede disminuir, y de paso mejorar la calidad de imagen, a costa de la exposición del paciente, mediante un aumento de la corriente del tubo (mA), o bien incrementando el grosor de corte reconstruido, a costa de la resolución espacial. (Calzado y Geleijns, 2010, p. 175)

Los artefactos y artificios son errores que se producen durante la adquisición, el procesamiento o la interpretación de la imagen y pueden ser causados por diversos factores, como el movimiento del paciente, los implantes metálicos o el mal funcionamiento del equipo. (Camargo et al., 2023, p. 20)

La dosis de radiación es otro factor importante a considerar en el control de la calidad de la imagen, ya que la dosis de radiación debe mantenerse lo más baja posible y, al mismo tiempo, proporcionar una imagen de calidad diagnóstica. El proceso de reconstrucción también puede afectar la calidad de la imagen, y se pueden utilizar diferentes algoritmos de reconstrucción para optimizar la calidad de la imagen.

Además, los factores ambientales como la temperatura, la humedad y las interferencias electromagnéticas pueden afectar a la calidad de la imagen. Los cuerpos extraños y los metales en el cuerpo del paciente también pueden causar artefactos y artificios en la imagen. El mantenimiento y el estado del equipo son fundamentales para garantizar una calidad de imagen óptima, y el mantenimiento y la calibración regulares del equipo son necesarios (Ramírez et al., 2008).

El uso de medios de contraste puede mejorar la calidad de la imagen al aumentar el contraste entre diferentes tejidos. Sin embargo, el uso de medios de contraste también puede aumentar la dosis de radiación y el riesgo de reacciones adversas. Y por último, pero no menos importante los parámetros utilizados en la toma de imágenes, como la exposición a la radiación y los ajustes de reconstrucción, pueden influir significativamente en la calidad final de las imágenes tomográficas (Calzado y Geleijns, 2010).

Los parámetros de adquisición de la imagen, como el grosor y el intervalo de corte, el tiempo de rotación, la corriente del tubo, la tensión de voltaje, el pitch, la matriz, y el uso de contraste, entre otros. Los equipos de TC cerebral deben estar correctamente calibrados y alineados. Errores en la geometría pueden afectar la precisión de las mediciones y la localización de lesiones. Estos parámetros se ajustan de acuerdo a la región anatómica, el carácter de la afectación, el estado del paciente, y otros factores, con el objetivo de obtener una imagen de alta calidad con la menor cantidad de radiación posible. Estos deben ser consistentes y optimizados para cada tipo de estudio (por ejemplo, para una angiografía cerebral, la evaluación de hemorragias o tumores, todos utilizan protocolos que diferencian siempre en alguna manera. La elección inadecuada de parámetros puede afectar la calidad de la imagen (Llangarí, 2001).

La seguridad del paciente, aunque es un aspecto fundamental en la atención médica y en los procedimientos de diagnóstico por imágenes, no se considera un factor directo que intervenga en el control de calidad de la imagen en la tomografía cerebral. Sin embargo, en esta investigación lo agregamos como un factor indirecto de calidad ya que la humanización del servicio se pierde si no se recuerda al personal; este factor debe incluir el buen trato del personal asistencial de la sala de tomografía, que no solo incluye la información explicativa para los pacientes del procedimiento y la firma del consentimiento informado, la protección radiológica al

mismo o al acompañante en los casos que se requiera y una correcta movilización del paciente, entre otros; también se debe mantener un carácter humano para dar seguridad psicológica al paciente siempre que sea posible. Todo esto permitirá mejorar la cooperación y garantizar la seguridad física del paciente durante la adquisición del estudio, aumenta la prevención de caídas, facilita la administración adecuada de medios de contraste, y disminuye artefactos como el movimiento del paciente durante el examen (European Society of Radiology [ESR] y European Federation of Radiographer Societies [EFRS], 2019).

Todos estos factores interfieren juntos como un proceso complejo en el control de la calidad de la imagen de la tomografía cerebral que requiere su consideración, que junto con el cumplimiento de los estándares de calidad es fundamental para garantizar un diagnóstico preciso y un tratamiento adecuado.

Los Criterios de Calidad de la Imagen de la Tomografía Cerebral

Según los estudios proporcionados, son fundamentales para garantizar una imagen de calidad en la tomografía cerebral, permitiendo una correcta visualización de las estructuras anatómicas y facilitando un diagnóstico preciso. En el año 2000 la Comisión Europea se elaboró la famosa “Guía Europea de calidad para los exámenes de Tomografía Computada”: European Guidelines on Quality Criteria for Computed Tomography (2000) donde se dictaron requerimientos de imagen las que tomamos como una referencia importante para evaluar la calidad de los exámenes de Tomografía cerebral, resaltando los que consideramos más importantes como:

Visualización de cerebro entero, cerebelo entero, y base del cráneo entero.

Visualización de los vasos después de administración de medios de contraste intravenosos.

Reproducción visualmente nítida del borde entre sustancia gris y blanca.

Reproducción visualmente nítida de los ganglios basales.

Reproducción visualmente nítida de la delineación del sistema ventricular.

Reproducción visualmente nítida de la cisterna mesencefalica.

Reproducción visualmente nítida de los surcos cerebrales (espacio subaracnoideo).

Reproducción visualmente nítida de los grandes vasos y plexos coroideos tras la administración de contraste intravenoso.

Criterio para la dosis de radiación al paciente de CTDIW: altura de rutina: 60 mGy.

Criterio para la dosis de radiación al paciente de DLP: altura de rutina: 1050 mGy cm.

Estos criterios son esenciales para el diagnóstico y tratamiento de diversas afecciones neurológicas. La guía se utiliza ampliamente en Europa y ha sido adoptada por muchos hospitales y centros sanitarios para garantizar la calidad de las imágenes y la seguridad de los exámenes de TC, y tomada como referencia para artículos científicos fidedignos por lo cual es una base primordial de investigación (Rodríguez et al., 2006).

Los criterios representan la visualización de las principales estructuras del cerebro desde la base del cráneo hasta su vértice, la revisión detallada y exhaustiva de preferencia nítida de las otras estructuras más difíciles de definir en las primeras generaciones de la tomografía y por ultimo pero no menos importante los valores de referencia para las dosis recibidas por un paciente en una tomografía cerebral; estos valores se utilizan como referencia para optimizar la dosis de radiación en los exámenes de tomografía cerebral, con el objetivo de reducir la dosis tanto como sea posible manteniendo una buena calidad de imagen.

El CTDIW (Índice de Dosis de Tomografía Computarizada Ponderado) es una medida de la dosis de radiación recibida por el paciente durante un examen de tomografía, y el DLP

(Producto de Duración de la Dosis) es una medida de la dosis total de radiación recibida por el paciente durante el examen. Los valores de estos parámetros dependen de varios factores, como el tipo de equipo de tomografía, los parámetros de adquisición, el tamaño y la edad del paciente. Los valores expuestos son los sugeridos como límites más altos que puede recibir un paciente en el examen de tomografía de cerebro; sin embargo, es importante ajustar estos parámetros a las necesidades específicas de cada paciente y el examen para minimizar la dosis de radiación, (Rodríguez et al., 2006).

CaliRad

Con el rápido avance de las tecnologías de adquisición de imágenes médicas se ha hecho necesario el desarrollo de diversas aplicaciones de la rama biomédica; esto para minimizar errores, mejorar significativamente la calidad de adquisición de las imágenes y optimizar el flujo de trabajo, en este caso puntual en la variante de Tomografía Computarizada.

Históricamente las primeras tres generaciones de tomografía utilizaban detectores de rayos X tradicionales, que generalmente estaban basados en película radiográfica; luego apareció la tomografía computarizada que nació en la cuarta generación tomográfica con la introducción de la tomografía en espiral (o helicoidal) en 1989, inventada por Kalender y sus colaboradores. Lo que sucede en la tomografía computada es que cuando los rayos X salen del paciente, son captados por los detectores y transmitidos a una computadora (Ramírez et al., 2008).

La National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering (2022) explican el funcionamiento general de la TC sin usar el término "CaliRad" en donde cada vez que la fuente de rayos X completa toda una rotación, la computadora de TC utiliza técnicas matemáticas sofisticadas para construir un corte de imagen 2D del paciente. Cuando se completa todo un corte, se almacena la imagen, y la computadora puede desplegar las imágenes de los cortes en

formas individuales o amontonadas, para generar una imagen 3D del paciente que muestre el esqueleto, los órganos y los tejidos, así como cualquier anomalía que el médico esté tratando de identificar (Rojas, 2018).

Este tiene ventajas como la capacidad de rotar la imagen 3D en el espacio o ver los cortes en sucesión, haciendo más fácil encontrar el lugar exacto donde se puede localizar un problema; a esto se le llama “CaliRad” término en español como referencia de calidad, que ofrecen la posibilidad de combinar diferentes tipos de detectores digitales en un mismo sistema de rayos X, aumentando su versatilidad, y se refiere explícitamente a los sistemas de TC con detectores digitales, ya que los detectores digitales permitieron mejorar la calidad de la imagen, reduciendo la dosis de radiación y agilizando el proceso de adquisición de las imágenes en comparación con los sistemas analógicos tradicionales.

Por tanto, hay mayor eficiencia tanto en el procesamiento como en el post-procesamiento de la imagen gracias a su amplio rango dinámico, las imágenes digitales se obtienen de manera casi inmediata, las imágenes digitales pueden transferirse y visualizarse fácilmente entre los diferentes profesionales involucrados en el diagnóstico (National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering, 2022).

Los sistemas de CaliRad reducen espacio de almacenamiento ya que las imágenes digitales requieren mucho menos espacio de almacenamiento que las películas radiográficas tradicionales, y permite beneficiarse con la integración con otros programas como programas de MATLAB para generar mejores imágenes mediante el Importan, visualizan y analizan imágenes médicas en diferentes formatos y modalidades, como 3D (Porras, 2018).

Hoy en día es imprescindible la integración de los lenguaje de programación en la imagenología y el más conocido es MATLAB que al integrarse a la medicina imaginológica,

permite el surgimiento de los programas de MATLAB en la tomografía, que son aplicaciones y herramientas desarrolladas en el entorno de programación MATLAB que se utilizan para diversas tareas relacionadas con el procesamiento, análisis y visualización de imágenes como las médicas obtenidas mediante técnicas de tomografía computarizada (TC) (Porras, 2018).

Según Casado (2009) MATLAB es el nombre abreviado de “MATriz LABoratory; es un programa para realizar cálculos numéricos con vectores y matrices y por tanto se puede trabajar también con números escalares (tanto reales como complejos), con cadenas de caracteres y con otras estructuras de información más complejas” (p. 4), como los datos proporcionados por los detectores digitales.

Los sistemas de CaliRad y los programas de MATLAB tienen una relación estrecha en el campo de la tomografía, ya que MATLAB y sus herramientas especializadas, como el Medical Imaging Toolbox, se utilizan para el procesamiento, análisis y mejora de imágenes médicas obtenidas a través de sistemas de radiología computarizada, como los de CaliRad que se benefician de las capacidades de MATLAB para: “importar, visualizar y analizar imágenes médicas en diferentes formatos y modalidades, como 3D (IRM, TC), en tiempo real (ultrasonido, endoscopia) y multimodal (PET, SPECT)” (Mathworks, 2022, párr. 9)

Además, MATLAB se utiliza para desarrollar algoritmos de procesamiento de imágenes y modelos de inteligencia artificial para mejorar la calidad y precisión de las imágenes médicas. Facilitar la reconstrucción y formación de imágenes de alta calidad a partir de datos sin procesar, como señales de RF (ultrasonido) y rayos de proyección (TC), permitiendo prototipado rápido y validación de técnicas de imagen.

Finalmente, MATLAB cumple con normativas y estándares de la industria, como FDA/CE e IEC 62304, y durante el desarrollo de dispositivos médicos de gestión de imágenes (Bosch, 2020).

Importancia de CaliRad en la Evaluación de la Calidad de las Imágenes de TC

En la tomografía, al ser un estudio que requiere de mayor precisión por cada una de las secuencias y cortes que se realizan se hace de gran ayuda la implementación de los sistemas de radiología computarizada con detectores digitales que digitalizan el proceso de adquisición y manejo de imágenes radiológicas, lo que conlleva mejoras en eficiencia, dosis de radiación y calidad diagnóstica (Buscà et al., 2010); ya que las imágenes que se adquieren cumplen un papel fundamental para brindar un diagnóstico acertado a cada uno de los pacientes que pasan por el servicio de radiología, sean de baja, media o alta complejidad. Además, con innovación tecnológica actualmente a partir de metodologías como el *extreme programming* (XP) que son aplicaciones de desarrollo ágil de software junto a lenguajes de propósito como *el Lenguaje Unificado de Modelado* (UML), se pueden desarrollar prototipos en aplicaciones web (CaliRad) que evalúen la calidad de los exámenes de tomografía en el servicio; este avance tecnológico fortalece el termino CaliRad, el cual contribuye a mejorar el servicio prestado y proteger a pacientes, trabajadores y al público en general (Ruiz et al., 2022).

Metodología

La metodología adoptada en este proyecto se caracteriza por su enfoque minucioso y detallado, fundamentado en una investigación exhaustiva de la literatura especializada en tomografía cerebral. Siguiendo las directrices de Hernández et al. (2014) se llevó a cabo un proceso sistemático que abarcó varios pasos esenciales.

En primer lugar, se realizó una búsqueda exhaustiva en la literatura científica para identificar y comprender en profundidad los diversos factores que inciden en el control de calidad de las imágenes obtenidas mediante tomografía cerebral. Este proceso implicó la exploración de una amplia gama de estudios y artículos científicos, con el fin de obtener una visión integral de los aspectos técnicos, físicos y clínicos relacionados con la adquisición de imágenes de alta calidad en esta modalidad.

Una vez identificados los factores pertinentes, se procedió a interpretar los principales criterios de calidad establecidos en la literatura. Estos criterios, como la visualización completa del cerebro y los vasos sanguíneos, la reproducción nítida de los bordes entre sustancias cerebrales, la delineación clara del sistema ventricular, la resolución de bajo contraste y la relación señal-ruido, fueron analizados en detalle para comprender su importancia en el proceso diagnóstico y terapéutico. Se observó que la relación señal-ruido, en particular, es un indicador crucial de la calidad de la imagen, ya que una relación alta indica una imagen de alta calidad y una mejor precisión diagnóstica.

Posteriormente, se llevó a cabo una revisión exhaustiva para evaluar si los criterios planteados presentaban beneficios significativos en la práctica clínica. Se examinaron estudios previos y guías de calidad para determinar la efectividad y relevancia de estos criterios en la mejora de la precisión diagnóstica y el tratamiento de diversas afecciones neurológicas. Se

encontró que el cumplimiento de estos criterios no solo mejora la calidad de las imágenes, sino que también optimiza el proceso de toma de decisiones clínicas, lo que conduce a resultados más precisos y una mejor atención al paciente.

Luego, se procedió a identificar los factores que limitan el control de calidad en la adquisición de imágenes de tomografía cerebral. Se identificaron y analizaron diversos aspectos, como los artefactos relacionados con el movimiento del paciente, la presencia de materiales extraños, errores en la atenuación de los rayos X, endurecimiento del haz de rayos X, efectos de volumen parcial, ruido, mal funcionamiento de los detectores, entre otros. Estos factores fueron examinados en profundidad para comprender su impacto en la calidad de las imágenes y su relevancia en el proceso diagnóstico. Se observó que la identificación y mitigación de estos factores son cruciales para garantizar la obtención de imágenes de alta calidad y una interpretación precisa en el contexto clínico.

Finalmente, como grupo podemos destacar la importancia de la TC como un estudio de alto impacto, de gran precisión y de fácil acceso con diversos factores que generan múltiples beneficios a la vida de los pacientes que acceden a este servicio y a la medicina, ya que aporta claridad al diagnóstico que se dará a conocer. Gracias a los avances constantes de los equipos empleados en la rama de la medicina, las posibles desventajas que puede presentar la TC para ciertos estudios y protocolos se han ido minimizando, ya que al ser un medio diagnóstico de predilección se hace necesario de una precisión y exactitud en la toma de cada uno de los protocolos ya programados, que cada región anatómica se logre ver con claridad.

La TC cerebral es un estudio de apariencia sencillo, pero el mismo cuenta con estándares de calidad muy detallados y puntuales, ya que es una región anatómica que genera cierto conflicto debido a la complejidad de la misma, el contar con un equipo debidamente calibrado,

conocimiento de zonas anatómicas a observar y la pericia para la toma del mismo, minimizará la dosis de radiación a la que será sometido el paciente, lo cual se recalca con insistencia y que no debe perder importancia.

El control de calidad en radiología siempre será clave para denotar la excelencia en cada uno de los estudios que tenemos la oportunidad de adquirir, es ideal no pasar por alto ninguno de los ítems que se encuentre establecido, por más mínima que pueda parecer, desde los factores del equipo, la dosis de radiación empleada, los posibles objetos que puedan crear artefacto en la imagen y los factores ambientales del entorno al que se encuentra sometido.

Desarrollo del Proyecto

Identificación de Factores

Con el propósito de analizar todos los factores que intervienen en el control de calidad de las imágenes de tomografía cerebral, se identificaron mediante su búsqueda en una vasta bibliografía, y se seleccionó las referencias más acordes y centradas en el tema así:

Tabla 1

Artículos y Estudios Encontrados en la Plataforma SciELO

Base de Datos SciELO. Numero de Referencias: 5

- Brooks, D., y Miller, R. (2012). Análisis de la calidad diagnóstica de imágenes de tomografía computarizada procesadas con un filtro bilateral. *Imagen Diagnóstica*, 3(2), 50-55. <https://doi.org/10.1016/j.imadi.2012.10.005>
- Ordoñez, C., Parra, M., Guzmán, N., Orlas, C., y Serna, C. (2020). Tomografía Computarizada Corporal Total, herramienta segura, efectiva y eficiente en el paciente politraumatizado con inestabilidad hemodinámica. *Colombia Médica*, 51(4), 1-8. <https://n9.cl/x21ao>
- Ortega, M., y Socolsky, G. (2012). Godfrey Newbold: historia e impacto de la tomografía computada. *Revista argentina de radiología*, 76(4), 331-341. <https://n9.cl/jsjye>
- Ramírez, J., Arboleda, C., y McCollough, C. (2008). Tomografía computarizada por rayos X: fundamentos y actualidad. *Revista Ingeniería Biomédica*, 2(4), 54-66. <https://n9.cl/q564r>
- Ramírez, J., letcher, J., y McCollough, C. (2011). Reducción del ruido en imágenes de tomografía computarizada usando un filtro bilateral anisotrópico. *Revista Ingeniería Biomédica*, 4(7), 62–68. <https://doi.org/10.24050/19099762.n7.2010.87>

Nota. En la tabla se encuentran indicadas las referencias seleccionadas en esta investigación.

Tabla 2

Artículos y Estudios Encontrados en la Plataforma Dialnet

Base de Datos Dialnet. Numero de Referencias: 1

López, A., Blanco, D., Perera, J., y Nader, A. (2015). Evaluación de la calidad de imagen en Tomografía Computada en Uruguay. X Congreso Regional Latinoamericano IRPA de Protección y Seguridad Radiológica. “Radioprotección: Nuevos Desafíos para un Mundo en Evolución”: <https://n9.cl/y3030>

Nota. En la tabla se encuentran indicadas las referencias seleccionadas en esta investigación.

Tabla 3

Artículos y Estudios Encontrados en la Plataforma Europe PubMed Central

Base de Datos Europe PubMed Central. Numero de Referencias: 1

European Society of Radiology [ESR] y European Federation of Radiographer Societies [EFRS]. (2019). Patient Safety in Medical Imaging: a joint paper of the European Society of Radiology (ESR) and the European Federation of Radiographer Societies (EFRS). Insights into Imaging volume, 10(45), 1-17. <https://doi.org/10.1186/s13244-019-0721-y>

Nota. En la tabla se encuentran indicadas las referencias seleccionadas en esta investigación.

Tabla 4*Artículos y Estudios Encontrados en Repositorios Institucionales y Otras*

-
- Base de Datos Repositorios Institucionales y Otras. Numero de Referencias: 15
-
- Bosch, N. (2020). Desarrollo de una GUI en MATLAB que simula un escáner de Tomografía Computarizada para pocas proyecciones. [Tesis doctoral, Universitat Politècnica de València] Repositorio UPV: <https://n9.cl/5np8w>
- Buscà, J., Vigil, A., y Medina, R. (2010). Radiología digital en los servicios de radiodiagnóstico. Parámetros dosimétricos. *Imagen Diagnóstica*, 1(2), 70-72. [https://doi.org/10.1016/S2171-3669\(10\)70017-2](https://doi.org/10.1016/S2171-3669(10)70017-2)
- Calzado, A., y Geleijns, J. (2010). Computed Tomography. Evolution, technical principles and applications; Tomografía computarizada. Evolucion, principios tecnicos y aplicaciones. *Revista de física médica*, 11(3), 163-180. <https://revistadefisicamedica.es/index.php/rfm/article/view/115/115>
- Camargo, D., M Benavides, E., García, N., Rojas, S., y Agudelo, J. (2023). Artefactos y artificios en tomografía computada. [Trabajo de tecnología, Universidad Nacional Abierta y a Distancia] Repositorio UNAD: <https://repository.unad.edu.co/jspui/handle/10596/60195?mode=full>
- Casado, M. (2009). Manual básico de Matlab. Universidad Complutense de Madrid: <https://webs.ucm.es/centros/cont/descargas/documento11541.pdf>
- European Guidelines on Quality Criteria for Computed Tomography. (2000). European guidelines on quality criteria for computed tomography. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d229c9e1-a967-49de-b169-59ee68605f1a>
- Frush, D. (2013). Riesgos de la radiación imaginológica en niños. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 24(1), 21-26. [https://doi.org/10.1016/S0716-8640\(13\)70125-1](https://doi.org/10.1016/S0716-8640(13)70125-1)
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2014). Metodología de la investigación (6a ed.). McGrawHill Education.
- International Commission on Radiological Protection. (2007). The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. <https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20103>
-

-
- Llangarí, W. (2001). Guía para la selección, mantenimiento y control de calidad de un equipo de tomografía axial computarizada. [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional]
Repositorio EPN: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/8972>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2014). Estudios sectoriales. Atlas de Variaciones Geográficas en Salud de Colombia.
<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/PES/atlas-variaciones-geograficas-salud2.pdf>
- National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering. (2022). Tomografía Computarizada (TC). <https://www.nibib.nih.gov/espanol/temas-cientificos/tomograf%C3%ADa-computarizada-tc>
- Porras, J. (2018). Análisis de datos con MATLAB. [Tesis de pregrado, Universidad ECCI]
Repositorio ECCI: <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/1355>
- Tiznado, G. (2014). Cómo nace la tomografía. Revista Tamé, 3(8), 250-251.
https://www.uan.edu.mx/d/a/publicaciones/revista_tame/numero_8/Tam148-1.pdf
-

Nota. En la tabla se encuentran indicadas las referencias seleccionadas en esta investigación.

En estos documentos se desarrolla distintos factores para el control y cuidado de calidad de la imagen tomográfica, tomando en cuenta las normativas internacionales pertinentes, en especial de la Directrices europeas sobre criterios de calidad para la tomografía computarizada, la experiencia práctica adquirida en el uso diario de estos dispositivos, y así como las sugerencias y especificaciones de cada equipo.

Interpretación de los Criterios de Calidad

Para la interpretación de los principales criterios de calidad en la adquisición de la imagen en la tomografía cerebral, se realizó la búsqueda de varios artículos y recursos literarios. Durante el análisis de estos documentos, se descartaron aquellas referencias que no abordaban específicamente los criterios en tomografía cerebral. Esto se realizó tomando como punto de partida la “Guía Europea de calidad para los exámenes de Tomografía Computada”, European Guidelines on quality criteria for computed tomography (2000), elaborada por la Comisión Europea, donde se dictaron requerimientos de imagen que tomamos como una referencia importante para evaluar la calidad de los exámenes de Tomografía cerebral.

Revisión que los Criterios Presentan Beneficio

Para la optimización de la adquisición de imágenes de alta calidad en tomografía cerebral computada, se revisó que los factores que intervienen en el control de calidad son identificables por medio de los criterios de calidad en la adquisición de la imagen en la tomografía cerebral; y que la estos factores y criterios identificados presenten beneficios; para ello se llevó a cabo una revisión exhaustiva literaria para identificar beneficios significativos en la práctica clínica.

Para tal fin se identificó el aporte de la Guía Europea de calidad para los exámenes de Tomografía Computada permite el aseguramiento de la calidad de las imágenes de tomografía de cerebro, esto se logra analizando cada criterio mediante el análisis de los trabajos posteriores que basan en esta guía para la creación de protocolos y prácticas que ayudan a minimizar la aparición de artefactos y artificios en entornos clínicos imagenológicos.

En nuestro trabajo detallamos un proceso de investigación exhaustivo sobre el control de calidad de imágenes de tomografía cerebral. Comenzamos con revisión de la literatura científica con el propósito de identificar los elementos fundamentales que afectan la calidad de las imágenes en este tipo de tomografía. Enfatizamos en la importancia de la relación señal-ruido como un indicador crucial de calidad. Profundizamos en la relevancia de estos criterios en el proceso de diagnóstico y tratamiento, evidenciando que su cumplimiento contribuye a mejorar la

calidad de las imágenes y optimizar la toma de decisiones clínicas, lo que resulta en una atención más precisa hacia el paciente. Asimismo, analizamos los factores que limitan la calidad de las imágenes, los cuales se identifican en función de los criterios de calidad establecidos, tales como artefactos causados por el movimiento del paciente, presencia de materiales extraños y errores en la atenuación de rayos X, entre otros. Resaltamos la necesidad de identificar y mitigar estos factores con el fin de garantizar imágenes de alta calidad y una interpretación precisa en el contexto clínico.

Teniendo en cuenta la investigación que realizamos, podemos afirmar que no solamente mediante la identificación de los factores y la implementación de los criterios de calidad se puede mejorar la imagen en la tomografía cerebral, sino también mediante la aparición de sistemas como CaliRad. Estos sistemas ayudan a mejorar la calidad de la imagen en comparación con la radiología análoga tradicional. Esto se debe a que permiten optimizar las dosis de radiación para el paciente. Tanto en el procesamiento como en el post-procesamiento de la imagen, gracias a su amplio rango dinámico, las imágenes digitales se obtienen de manera casi inmediata, sin necesidad de revelado de película. Las imágenes digitales pueden transferirse y visualizarse fácilmente entre los diferentes profesionales involucrados en el diagnóstico. Ofrecen la posibilidad de combinar diferentes tipos de detectores digitales en un mismo sistema de rayos X, lo que aumenta su versatilidad. Los sistemas de CaliRad reducen el espacio de almacenamiento, ya que las imágenes digitales requieren mucho menos espacio de almacenamiento que las películas radiográficas tradicionales. Además, permiten beneficiarse con la integración con los programas de MATLAB.

A través de calirad podemos mejorar en la calidad de imagen, y acrecentar los criterios de calidad como optimizando la dosis de radiación al paciente, la mayor eficiencia en la

adquisición y transferencia de imágenes, y la integración con otros programas como MATLAB para generar mejores imágenes mediante el Importan, visualizan y analizan imágenes médicas en diferentes formatos y modalidades, como 3D.

Conclusión

Según la investigación realizada la tomografía computarizada consigna hoy en día un sin fin de utilidades medicas con gran acceso y confiabilidad de la medicina en general, además de contar con un tiempo útil para realizar estudios por imagen, así mismo, cuenta con varios indicadores de calidad, uno de ellos es el CaliRad el cual evalúa las condiciones de la imagen por tomografía axial computarizada (TAC), con el fin de mejorar las características en cuanto a procedimientos, técnicas y protocolos de tomografía evitando limitaciones referentes al contraste de la imagen, la resolución espacial, el ruido de la imagen y los artefactos, teniendo en cuenta que todos los parámetros nombrados proporcionan diferentes aspectos como la capacidad de distinguir estructuras de pequeño tamaño, cambios en la densidad, el aspecto y forma de identificar la imagen, lo que facilita su diagnóstico de forma precoz.

Recomendaciones

El aporte de la guía europea se basa en la creación de protocolos y prácticas que ayudan a minimizar la aparición de artefactos y artificios.

Podemos reducir los factores internos y externos que influyen en la realización de la Tomografía cerebral como son aretes, sujetadores de ganchos, pinzas de cabello. Dispositivos médicos implantables quirúrgicos compuestos o que tienen una mezcla con algún metal como prótesis e implantes dentales material de osteosíntesis para reducir artefactos metálicos.

Llevar a cabo calibraciones del escáner de acuerdo con, los protocolos prescritos por el fabricante como la calibración del aire adecuada permite la corrección de la señal registrada por cada elemento detector individual y las calibraciones de maniquí permiten corregir el efecto de endurecimiento del haz.

Control de la Temperatura y humedad de la sala que no afecten e interferencias electromagnéticas.

En relación con el paciente darles las indicaciones adecuadas para que no se mueva durante el procedimiento y mantenga una adecuada apnea durante la adquisición.

se busca hacer conocer cuanto exponemos al paciente en un estudio con la intención de mejorar día a día el protocolo a seguir, así mismo la dosificación y tener equilibrio en la emisión de la radiación con calidad de imagen en el estudio para así prevenir anomalías genéticas y patologías como el carcinoma.

Referencias

- Bosch, N. (2020). *Desarrollo de una GUI en MATLAB que simula un escáner de Tomografía Computarizada para pocas proyecciones*. [Tesis doctoral, Universitat Politècnica de València] Repositorio UPV: <https://n9.cl/5np8w>
- Brooks, D., y Miller, R. (2012). Análisis de la calidad diagnóstica de imágenes de tomografía computarizada procesadas con un filtro bilateral. *Imagen Diagnóstica*, 3(2), 50-55.
<https://doi.org/10.1016/j.imadi.2012.10.005>
- Buscà, J., Vigil, A., y Medina, R. (2010). Radiología digital en los servicios de radiodiagnóstico. Parámetros dosimétricos. *Imagen Diagnóstica*, 1(2), 70-72.
[https://doi.org/10.1016/S2171-3669\(10\)70017-2](https://doi.org/10.1016/S2171-3669(10)70017-2)
- Calzado, A., y Geleijns, J. (2010). Computed Tomography. Evolution, technical principles and applications; Tomografía computarizada. Evolucion, principios tecnicos y aplicaciones. *Revista de física médica*, 11(3), 163-180.
<https://revistadefisicamedica.es/index.php/rfm/article/view/115/115>
- Camargo, D., M Benavides, E., García, N., Rojas, S., y Agudelo, J. (2023). *Artefactos y artificios en tomografía computada*. [Trabajo de tecnología, Universidad Nacional Abierta y a Distancia] Repositorio UNAD:
<https://repository.unad.edu.co/jspui/handle/10596/60195?mode=full>
- Casado, M. (2009). *Manual básico de Matlab*. Universidad Complutense de Madrid:
<https://webs.ucm.es/centros/cont/descargas/documento11541.pdf>
- European Guidelines on Quality Criteria for Computed Tomography. (2000). European guidelines on quality criteria for computed tomography.

<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d229c9e1-a967-49de-b169-59ee68605f1a>

European Society of Radiology [ESR] y European Federation of Radiographer Societies [EFRS].

(2019). Patient Safety in Medical Imaging: a joint paper of the European Society of Radiology (ESR) and the European Federation of Radiographer Societies (EFRS).

Insights into Imaging volume, 10(45), 1-17. <https://doi.org/10.1186/s13244-019-0721-y>

Frush, D. (2013). Riesgos de la radiación imaginológica en niños. *Revista Médica Clínica Las Condes, 24(1), 21-26.* [https://doi.org/10.1016/S0716-8640\(13\)70125-1](https://doi.org/10.1016/S0716-8640(13)70125-1)

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6a ed.). McGrawHill Education.

International Commission on Radiological Protection. (2007). *The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection.*

<https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20103>

Llangarí, W. (2001). *Guía para la selección, mantenimiento y control de calidad de un equipo de tomografía axial computarizada.* [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional]

Repositorio EPN: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/8972>

López, A., Blanco, D., Perera, J., y Nader, A. (2015). *Evaluación de la calidad de imagen en Tomografía Computada en Uruguay.* X Congreso Regional Latinoamericano IRPA de Protección y Seguridad Radiológica. “Radioprotección: Nuevos Desafíos para un Mundo en Evolución”: <http://www.irpabuenosaires2015.org/archivos/tr-completos/irpa/lopezblanconadeREvaluacioncalidadimagenTC.pdf>

Mathworks. (2022). *MATLAB y Simulink para gestión de imágenes médicas.*

<https://la.mathworks.com/solutions/medical-devices/medical-imaging.html>

- Ministerio de Salud y Protección Social. (2014). *Estudios sectoriales. Atlas de Variaciones Geográficas en Salud de Colombia* .
<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/PES/atlas-variaciones-geograficas-salud2.pdf>
- National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering. (2022). *Tomografía Computarizada (TC)*. <https://www.nibib.nih.gov/espanol/temas-cientificos/tomograf%C3%ADa-computarizada-tc>
- Ordoñez, C., Parra, M., Mónica, A., Guzmán, N., Caicedo, Y., Orlas, C., y Serna, C. (2020). La Tomografía Computarizada Corporal Total es una herramienta segura, efectiva y eficiente en el paciente politraumatizado con inestabilidad hemodinámica. *Colombia Médica*, 51(4), 1-8. <https://doi.org/10.25100/cm.v51i4.4362>
- Ortega, M., y Socolsky, G. (2012). Godfrey Newbold Hounsfield: historia e impacto de la tomografía computada. *Revista argentina de radiología*, 76(4), 331-341.
<https://www.redalyc.org/pdf/3825/382538503009.pdf>
- Porras, J. (2018). *Análisis de datos con MATLAB*. [Tesis de pregrado, Universidad ECCI] Repositorio ECCI: <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/1355>
- Ramírez, J., Arboleda, C., y McCollough, C. (2008). Tomografía computarizada por rayos X: fundamentos y actualidad. *Revista Ingeniería Biomédica*, 2(4), 54-66.
<http://www.scielo.org.co/pdf/rinbi/v2n4/v2n4a08.pdf>
- Ramírez, J., letcher, J., y McCollough, C. (2011). Reducción del ruido en imágenes de tomografía computarizada usando un filtro bilateral anisotrópico. *Revista Ingeniería Biomédica*, 4(7), 62–68. <https://doi.org/10.24050/19099762.n7.2010.87>

Rodríguez, R., Calzado, A., Gómez, N., Arenas, A., Cuevas, A., García, B., y Turrero, A. (2006).

Evaluación de la calidad de los exámenes de tomografía computarizada de cerebro en la indicación de accidente cerebrovascular agudo. *Radiología*, 48(3), 147-154.

[https://doi.org/10.1016/S0033-8338\(06\)73145-9](https://doi.org/10.1016/S0033-8338(06)73145-9)

Rojas, A. (2018). *Introducción a la radiología*. <https://blogdeltecnicoradiologo.blogspot.com/>

Ruiz, D., Amaya, D., Cruz, D., Linares, M., y Reinoso, E. (2022). CALIRAD: prototipo para la evaluación de la calidad de imagen en tomografía. *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río*, 26(6), 1-18. <http://scielo.sld.cu/pdf/rpr/v26n6/1561-3194-rpr-26-06-e5669.pdf>

Tiznado, G. (2014). Cómo nace la tomografía. *Revista Tamé*, 3(8), 250-251.

https://www.uan.edu.mx/d/a/publicaciones/revista_tame/numero_8/Tam148-1.pdf