

## **Pruebas de Constancia y Calidad de la Imagen de Radiografía Digital**

Gerson Horacio Vera Patiño

María Cristina Ortiz Hernández

Asesor

Luis Fernando Gómez

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias de la Salud – ECISA

Tecnología en Radiología e Imágenes Diagnosticas

2023

## **Dedicatoria**

Este trabajo es el resultado de un gran esfuerzo y dedicación que hemos realizado con mi compañera Cristina. Juntos hemos superado los obstáculos y los desafíos que se nos presentaron, y hemos logrado cumplir con nuestro objetivo. Queremos dedicar este trabajo a todos los técnicos radiólogos en formación y ya formados, que con su labor contribuyen al bienestar y la salud de las personas. Además, queremos expresar que ha sido una dicha y un gran gusto sumergirnos en esta disciplina y explorar cada aspecto de ella. Hacer este trabajo ha sido una experiencia divertida y enriquecedora que nos ha permitido crecer tanto personal como profesionalmente.

## **Agradecimientos**

En primer lugar, queremos expresar nuestro profundo agradecimiento a Dios y a nuestras madres, quienes nos han dado la vida, la fe y un amor incondicional que nos ha acompañado en todo momento. Sus palabras de aliento y su apoyo han sido fundamentales en nuestro camino.

También deseamos agradecer a nuestro tutor, Luis Fernando Gómez, por su invaluable acompañamiento, orientación y valiosos consejos que nos han permitido mejorar nuestro trabajo.

Su experiencia y conocimientos han sido fundamentales para el desarrollo de este proyecto. A todos los lectores interesados en nuestro trabajo, les agradecemos por su atención y por tomar el tiempo para sumergirse en nuestras ideas. Sus comentarios y sugerencias son muy valiosos para nosotros, y los recibiremos con gratitud y apertura.

Por último, nos gustaría agradecerlos mutuamente. Cristina, tu apoyo constante, tu confianza en nuestras habilidades y tu amistad han sido un verdadero regalo durante todo este proceso. Ha sido un honor trabajar contigo y aprender juntas en este camino.

## Resumen

Este documento es un análisis detallado sobre las pruebas de constancia en la radiografía digital y su relación con la calidad de la imagen. Se discuten los criterios de calidad de la imagen de radiografía digital y cómo las pruebas de constancia intervienen en su cumplimiento. Además, se mencionan varias fuentes literarias que se utilizaron para llevar a cabo el análisis y comparación de literatura, incluyendo estudios, libros, guías, protocolos, manuales y artículos publicados sobre pruebas de constancia en radiografía digital y su impacto en la calidad de la imagen. También se destaca el rol del técnico radiólogo en la realización adecuada de estas pruebas y en la garantía de la calidad de las imágenes radiográficas. Se discute la normatividad relacionada con la calidad de la imagen de radiografía digital y se mencionan los avances en la calidad de la imagen de radiografía digital, incluyendo el uso de técnicas de aprendizaje profundo y la optimización de los parámetros de calidad.

Para la elaboración de este documento se empleó la metodología cualitativa de Sampieri sexta edición del 2014,

**Palabras clave:** Pruebas de constancia, calidad de imagen, radiografía digital, técnicos radiólogos, normatividad, capacitación, avances.

### **Abstract**

This document is a detailed analysis of constancy tests in digital radiography and their relationship with image quality. The criteria for digital radiography image quality are discussed, as well as how constancy tests contribute to their fulfillment. Additionally, various literary sources are mentioned that were used to carry out the analysis and comparison of literature, including studies, books, guides, protocols, manuals, and articles published on constancy tests in digital radiography and their impact on image quality. The role of the radiologic technician in the proper execution of these tests and in ensuring the quality of radiographic images is also highlighted. The regulations related to digital radiography image quality are discussed, and advances in digital radiography image quality are mentioned, including the use of deep learning techniques and the optimization of quality parameters.

For the elaboration of this document, the qualitative methodology of Sampieri sixth edition of 2014 was employed

**Keywords:** Tests of constancy, image quality, digital radiography, radiology technicians, regulations, training, advances.

## Tabla de Contenido

Introducción .....	10
Planteamiento del Problema.....	11
Objetivos .....	12
Objetivo General.....	12
Objetivos Específicos .....	12
Justificación .....	13
Marco Teórico.....	14
Pruebas de Constancia.....	14
Objetivos .....	14
Tipos de Pruebas de Constancia en Radiografía Digital .....	15
Radiografía Digital CCD y CR: Definición y Características .....	15
Radiografía CCD .....	17
Radiografía Digital Indirecta o CR (Radiografía Computarizada).....	18
Calidad de Imagen en Radiografía Digital: Criterio, Limitaciones y Factores.....	19
Normativas de Calidad en Radiografía Digital.....	21
Papel de los Técnicos Radiólogos en la Realización de Pruebas de Constancia .....	22
Capacitación y Formación de los Técnicos Radiólogos en la Realización de Pruebas de Constancia .....	23
Estrategias para la Mejora de la Calidad de Imagen en Radiografía Digital. ....	24

## Investigaciones Recientes Sobre la Importancia de las Pruebas de Constancia en Radiografía

Digital. ....	25
Metodología .....	27
Desarrollo del Proyecto.....	29
Artefactos: Pruebas de Intervienen en la Calidad de la Imagen .....	35
Prueba de Casetes, Placas, Chasis y Bucky .....	35
Artefactos que Afectan la Resolución por no Uniformidad de la Imagen .....	40
No Uniformidad causada por el Efecto Talón del Ánodo.....	41
Prueba de Constancia para la Evaluación de la Tasa de Rechazo .....	43
Ruido. Pruebas que Intervienen con la Calidad de la imagen.....	43
Los Índices o Indicadores de Exposición (IE) .....	44
Resolución. Pruebas que Intervienen en la Calidad de la Imagen .....	53
Como Intervienen las Pruebas de Constancia del Control de Calidad del Sistema de Visualización de Imágenes.....	57
Como Intervienen las pruebas de Constancia del Control de Calidad del Sistema de Procesamiento de Imágenes .....	59
Temperatura del Sistema de Procesamiento de Películas .....	60
Conclusiones .....	61
Referencias Bibliográficas .....	63

### Lista de Tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Tipo de prueba, descripción y en que interviene.....</i>	30
<b>Tabla 2</b> <i>Definición de los criterios de calidad.....</i>	32
<b>Tabla 3</b> <i>Criterios y características de la imagen.....</i>	34
<b>Tabla 4</b> <i>Criterio de calidad y como interviene la prueba de constancia .....</i>	35

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b>	<i>Principales componentes y pasos para la producción de la imagen digital .....</i>	<b>16</b>
<b>Figura 2</b>	<i>Principales componentes de un sistema de radiografía digital.....</i>	<b>18</b>
<b>Figura 3</b>	<i>Cassettes en mal estado .....</i>	<b>36</b>
<b>Figura 4</b>	<i>Artefacto fantasma en el receptor DR usando casetes.....</i>	<b>37</b>
<b>Figura 5</b>	<i>Defecto en el receptor de imagen.....</i>	<b>39</b>
<b>Figura 6</b>	<i>Artefactos de equipos CR y DR .....</i>	<b>41</b>
<b>Figura 7</b>	<i>Intensidad de señal no homogénea en la dirección ánodo-cátodo debido al efecto del talón.....</i>	<b>42</b>
<b>Figura 8</b>	<i>Sobreexposición por problema de no uniformidad, el IE mAs es alto .....</i>	<b>46</b>
<b>Figura 9</b>	<i>Subexposición y sobrepenetración en DR, provoca un aumento no uniformidad, Aparece el moteado.....</i>	<b>47</b>
<b>Figura 10</b>	<i>Inadecuada uniformidad del mAs causa problemas de subexposición.....</i>	<b>48</b>
<b>Figura 11</b>	<i>Indicador de exposición no uniforme en el kV .....</i>	<b>49</b>
<b>Figura 12</b>	<i>Indicador de exposición del mAs. Explicación de la uniformidad.....</i>	<b>50</b>
<b>Figura 13</b>	<i>Indicador de exposición. Variabilidad del kV .....</i>	<b>51</b>
<b>Figura 14</b>	<i>Combinación y ajustes de los indicadores kV y mAs .....</i>	<b>52</b>
<b>Figura 15</b>	<i>Colimación y perpendicularidad del haz no coinciden.....</i>	<b>56</b>
<b>Figura 16</b>	<i>Colimación y perpendicularidad del haz, si coinciden.....</i>	<b>57</b>

## **Introducción**

Las pruebas de constancia son esenciales para garantizar la producción de imágenes diagnósticas de alta calidad y consistentes en radiografía digital. La calidad de imagen puede verse afectada por varios factores, como el nivel de ruido, la resolución, el contraste y los artefactos de la imagen. Para asegurar que el equipo funcione de manera constante y confiable, se realizan pruebas de constancia como parte de un programa integral de control de calidad.

Según Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico - 2011. Elaborado por la SEFM (Sociedad Española de Física Médica), SEPR y SERAM. Nos exponen tres niveles de actuación en un programa llamado “garantía de control de calidad” este programa aglomera 3 tipos de pruebas principales. La de aceptación, la de estado y la de constancia. Esta última es la que abordaremos. Hay literatura variada que no pronuncian pruebas de constancia, si no, que, se describen o como pruebas de control de calidad, como las menciona el Organismo Internacional De Energía Atómica, OIEA. (2023) en su manual de pruebas básicas de control de calidad para radiología de diagnóstico Series No. 47. Y la IAEA en los Protocolos de Control de Calidad para Radiodiagnóstico en América Latina y el Caribe (IAEA-TECDOC-1958) (2021).

## **Planteamiento del Problema**

Las pruebas de constancia hacen parte del programa de control de calidad y son esenciales para asegurar que las imágenes radiográficas digitales sean de alta calidad. De acuerdo con la Resolución 0482 de 2018 del Ministerio de Salud y Protección Social, aquellos que utilizan equipos de rayos X deben realizar pruebas de constancia con regularidad. Estas pruebas ayudan a detectar cualquier desviación de los procedimientos estándar que pueda afectar negativamente la calidad de la imagen, produciendo errores diagnósticos imagenológicos o aumentar el riesgo de exposición a la radiación para el paciente.

Uno de los principales objetivos del programa de control de calidad es minimizar el número de radiografías que son rechazadas o repetidas. Al evitar repeticiones, se disminuye la dosis de radiación que reciben los pacientes. Los resultados de estos análisis deben ser vistos de manera constructiva. En un departamento de radiología convencional, la tasa de rechazo no debe exceder el 10%. Al conocer las principales causas del rechazo, se debe establecer un buen control de calidad sobre los elementos que fallan. Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico - 2011

Es importante explicar cómo utilizar de manera eficiente las radiaciones ionizantes para obtener imágenes diagnósticas de alta calidad, minimizando al mismo tiempo el riesgo para el paciente y el personal de operación. (Buscà et al., 2010).

¿Cómo las pruebas de constancia intervienen con la calidad de la imagen de radiografía digital?

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Describir como intervienen las pruebas de constancia con la calidad de la imagen de radiografía digital.

### **Objetivos Específicos**

Explicar en qué consisten las pruebas de constancia.

Exponer los criterios de la calidad de la imagen radiográfica digital según las pruebas de constancia.

Describir el rol del técnico radiólogo según las pruebas de constancia y la calidad de la imagen radiográfica digital.

## **Justificación**

La investigación sobre cómo las pruebas de constancia pueden influir en la calidad de la imagen en radiografía digital y cómo se relacionan, es importante por varias razones; en primer lugar, puede contribuir al bienestar social al mejorar la precisión del diagnóstico y el tratamiento de enfermedades mediante el uso de imágenes radiográficas digitales de alta calidad. En segundo lugar, puede tener beneficios económicos al aumentar la eficiencia en la toma y procesamiento de imágenes radiográficas digitales.

En tercer lugar, se pueden medir las dosis de radiación que recibe el paciente utilizando índices de exposición (IE), los cuales están relacionados con los resultados de las pruebas de constancia. Según la dosis de radiación que entra en el sistema detector de la imagen, los valores de IE solo pueden considerarse como orientativos dentro de cada exploración. Cada fabricante de equipos de radiografía digital relaciona su índice de exposición con la dosis de manera diferente, ya sea de forma lineal, logarítmica o inversamente proporcional. El formato y el valor numérico varían ampliamente entre fabricantes y sus valores de IE están calibrados de maneras muy distintas, por lo que no pueden relacionarse entre sí. Buscà, J., Vigil, A., & Medina, R. (2010).

Finalmente, también puede tener beneficios ambientales al reducir la cantidad de residuos generados por el uso de placas radiográficas convencionales. Buscà, J., Vigil, A., & Medina, R. (2010).

## **Marco Teórico**

Estas pruebas son un conjunto de mediciones y evaluaciones realizadas regularmente para asegurar que el equipo cumpla con ciertos estándares de calidad y seguridad. Pueden incluir mediciones del nivel de ruido, la resolución espacial y el contraste de la imagen, entre otras. ... Al realizar estas pruebas regularmente, se puede detectar cualquier problema con el equipo y tomar medidas para corregirlo antes de que afecte la calidad de las imágenes producidas.

### **Pruebas de Constancia**

Son pruebas de rendimiento que se realizan en las unidades de rayos X utilizadas en un departamento de radiología diagnóstica. Estas pruebas ayudan a garantizar que el equipo funcione de manera constante y confiable a lo largo del tiempo y produzcan imágenes de calidad consistentes. Estas pruebas son una parte importante de un programa integral de control de calidad (QC). (Organismo Internacional de Energía Atómica. 2023).

Las pruebas de constancia usan un valor de referencia de un parámetro medido durante las pruebas de aceptación o de estado, estas pruebas deben ser sencillas, fáciles de realizar e interpretar y rápidas en su ejecución. En la medida de lo posible, se tratarán de medidas relativas en las que se compararán los valores obtenidos con los valores de referencia iniciales.

(“Protocolo Español-control De Calidad En Radiodiagnóstico”) Las pruebas de constancia se llevarán a cabo en intervalos regulares o cuando se sospeche que el equipo no está funcionando correctamente. Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico. 2011. Elaborado por la SEFM, SEPR y SERAM.

### ***Objetivos***

Asegurarse de que el equipo de radiografía digital se encuentre en óptimas condiciones para producir imágenes de alta calidad con la menor dosis de radiación posible. American

College of Radiology, American Association of Physicists in Medicine, & Society for Imaging Informatics in Medicine. (2013).

Recopilar y analizar periódicamente información sobre las exposiciones del paciente, tales como el indicador DAP (producto de área-dosis) o la dosis efectiva, permite comparar estos datos con los valores de referencia establecidos con el fin de detectar posibles mejoras en la calidad y reducir la dosis. American College of Radiology, American Association of Physicists in Medicine, & Society for Imaging Informatics in Medicine. (2013).

Verificar regularmente la precisión y constancia de las imágenes producidas, lo que puede incluir pruebas para comprobar la resolución espacial, el contraste, la uniformidad y otros parámetros relevantes. American College of Radiology, American Association of Physicists in Medicine, & Society for Imaging Informatics in Medicine. (2013).

### **Tipos de Pruebas de Constancia en Radiografía Digital**

De acuerdo con el Manual de Pruebas Básicas de Control de Calidad para Radiología Diagnóstica de la Agencia Internacional de Energía Atómica (OIEA) 2023, serie 47, Algunas pruebas de constancia o de control de calidad que se realizan en radiografía digital incluyen: alineación y centrado de la luz y del haz de rayos X; distancias y escalas; uniformidad de imagen y artefactos; constancia del control automático de exposición (CAE); y la condición de los casets o placas de imagen, solo aplica en radiografía digital indirecta o computada (CR).

### **Radiografía Digital CCD y CR: Definición y Características**

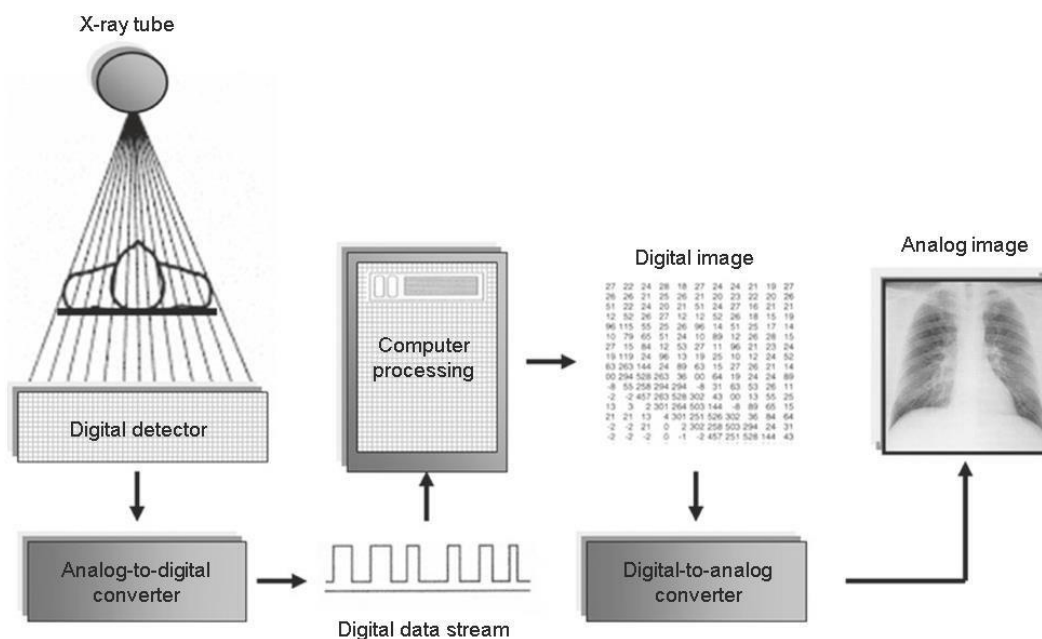
Para observar una imagen radiográfica digital se debe tener presente que hay 2 formas principales de ser adquiridas. La primera es de manera indirecta, también llamada radiografía computarizada (CR) y la segunda es de manera directa, también llamada radiografía directa (DR). Entre los sistemas de adquisición de radiografías directas están los: CCD (siglas en inglés

de “Charge-Coupled Device” que significa “Dispositivo de Carga Acoplada”.) y los TFT (detectores de panel plano) estos también pueden ser indirectos. TFT son las siglas en inglés de “Thin-Film Transistor” que significa “Transistor de Película Delgada”. (Nett & PhD, 2021).

Radiografía digital según la Asociación Americana de Físicos en Medicina (AAPM). Es una tecnología de imagen radiográfica que produce imágenes de proyección digital (imagen 1) utilizando tecnologías como el fósforo de almacenamiento fotoestimulable (radiografía computarizada o CR). El selenio amorfo, silicio amorfo en los dispositivos de carga acoplada (CCD) o tecnología de transistores de efecto de campo de óxido metálico semiconductor (MOSFET). (Seeram, E. (2019). Digital Radiography (2a ed.). p 2).

### Figura 1

*Principales componentes y pasos para la producción de la imagen digital*



Los principales componentes del sistema y los pasos esenciales en la producción de una imagen digital

*Fuente.* (Seeram, E. (2019). Digital Radiography (2a ed.). Springer Singapore 2).

<https://doi.org/10.1007/978-981-13-3244-9>

El resultado del proceso para adquirir la imagen digital radica en que esta pueda mostrarse en la pantalla de una computadora. La imagen mostrada puede llegar a manipularse utilizando una variedad de técnicas de procesamiento de imágenes digitales para mejorar la interpretación diagnóstica. (Seeram, E. (2019). *Digital Radiography* (2a ed.). p 2).

### ***Radiografía CCD***

Los dispositivos de carga acoplada (CCD) son un tipo de sensor de imagen utilizado en algunas cámaras digitales y sistemas de radiografía. Los CCD convierten la luz en una señal eléctrica mediante el uso de elementos fotosensibles dispuestos en una matriz. (Seeram, E. (2019). *Digital Radiography* (2a ed.). p 2). Sin necesidad de utilizar una placa de película radiográfica como en la radiología convencional, los haces de rayos X pasan a través del cuerpo y son capturados por un detector digital que convierte los fotones incidentes en señales eléctricas, y luego en una imagen digital que puede ser visualizada en una pantalla de computadora (Raudales Díaz, 2014).

La radiología digital ofrece muchas ventajas sobre la radiología convencional, incluyendo una reducción significativa en la dosis de radiación para el paciente, una mayor eficiencia en la toma de imágenes y un menor tiempo de espera para la visualización de los resultados. Además, las imágenes digitales se pueden compartir fácilmente con otros profesionales de la salud y se pueden analizar utilizando software de procesamiento de imágenes para obtener información adicional y una mayor precisión en el diagnóstico. (*Manual Para Técnico Superior En Imagen Para El Diagnóstico Y Medicina Nuclear*, 2023).

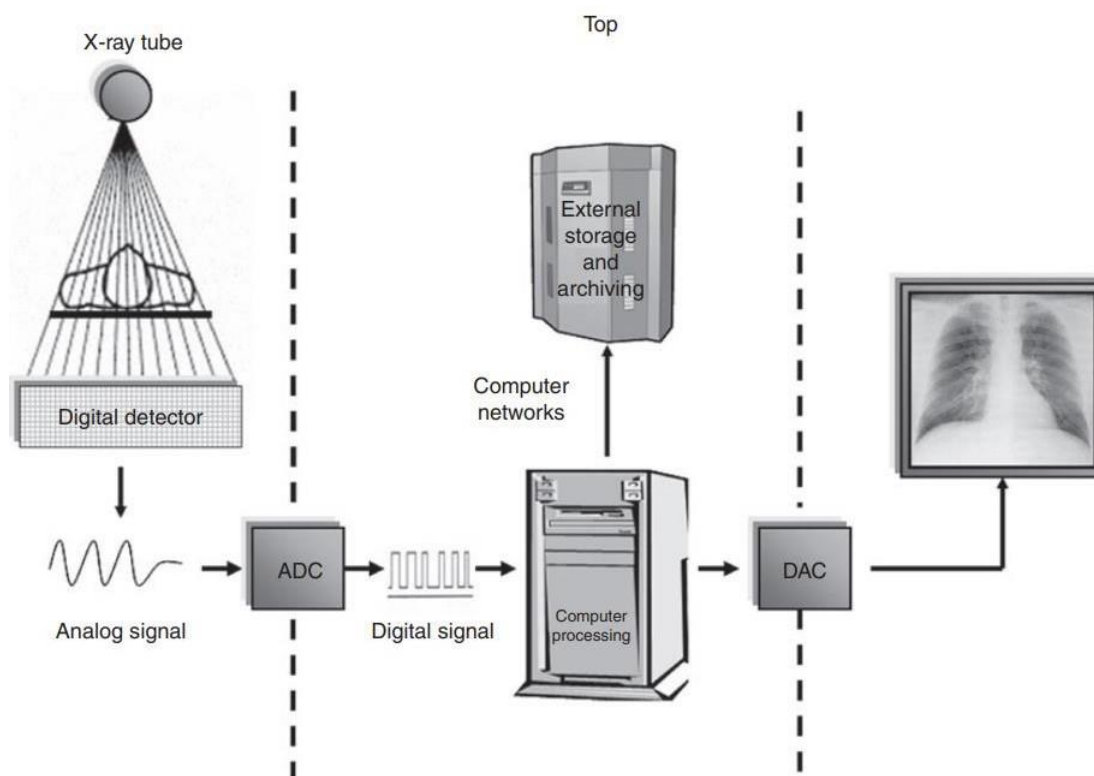
## Radiografía Digital Indirecta o CR (Radiografía Computarizada)

Se obtiene a través del escaneo o la captura fotográfica de la imagen en una placa o chasis de radiografía, para posterior ser procesada por un digitalizador y poder ver las imágenes en formato digital en la pantalla de un monitor. (Raudales Díaz, 2014).

Una de las diferencias entre la CCD y la CR es que, la CCD transforma los fotones de rayos X que inciden en el cuerpo en cargas eléctricas y mediante matrices de conversión fotoeléctrica permite la lectura de imágenes con una velocidad superior a la CR. Jiménez Rodríguez, L., Contreras, J., y Gamboa Suarez, R. (2022).

### Figura 2

*Principales componentes de un sistema de radiografía digital*



Fuente. Seeram, E. (2019). Digital Radiography (2a ed.). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-](https://doi.org/10.1007/978-981-13-3244-9)

[981-13-3244-9](https://doi.org/10.1007/978-981-13-3244-9)

## **Calidad de Imagen en Radiografía Digital: Criterio, Limitaciones y Factores**

Dentro de los criterios que se utilizan para evaluar la calidad de la imagen de radiografía digital, hay muchos factores a considerar. Sin embargo, se pueden mencionar tres criterios principales que se han destacado en la literatura científica, según Alsleem y Davidson (2012): resolución, artefactos y ruido.

Cada uno de estos criterios se puede subdividir aún más, de acuerdo con el libro de Seeram (2019), *Digital Radiography* (2a ed.). Algunos de los criterios que se deben interpretar al momento de observar y analizar la calidad de la imagen de radiografía digital son:

La calidad de la resolución espacial: es decir, la capacidad del sistema para distinguir entre objetos pequeños y cercanos entre sí.

La resolución de densidad o contraste: que hace referencia a la capacidad para distinguir diferentes niveles de atenuación de los rayos X dentro del objeto examinado.

El ruido: que puede ser generado por factores como la electrónica del equipo, la emisión de radiación de fondo o la variabilidad en la absorción de los rayos X.

El contraste: que se refiere a la diferencia entre las áreas claras y oscuras de la imagen.

La linealidad: que indica si el sistema presenta una respuesta uniforme a diferentes niveles de exposición.

La uniformidad: que hace referencia a la homogeneidad de la imagen en todas sus áreas.

La distorsión geométrica: que se refiere a la precisión de los detalles anatómicos en la imagen, comparados con la realidad.

La capacidad de respuesta del sistema: que indica si el equipo es capaz de detectar los cambios en la intensidad de los rayos X a lo largo del tiempo.

Los artefactos: que se refieren a cualquier alteración en la imagen que no corresponda a las características del objeto examinado, como pueden ser las líneas de moiré o las bandas de ruido.

También es importante considerar factores como el uso adecuado de rejillas antiesparcimiento, el control automático de exposición y el ajuste adecuado de los parámetros técnicos para producir imágenes de alta calidad con una dosis mínima de radiación. Además, que los sistemas de radiografía digital permitan ajustar los niveles de grises en la imagen para una visualización óptima a través de un post proceso independiente de la exposición. (Hena et al., 2023).

*La guía de práctica de ACR-AAPM-SIIM (2022), (resolución 47) para la radiografía digital.* Plantea algunos factores propios del equipo de rayos X que intervienen en la calidad de la imagen, estos factores incluyen la técnica de exposición; Calibración del equipo; Kilovoltaje y corriente del tubo. Por otro lado, están las condiciones del paciente entre otras...

Otra manera de valorar la calidad de la imagen de radiografía nos lo mencionan en el artículo (Precht et al., 2019) Radiographers' perspectives' on Visual Grading Analysis as a scientific method to evaluate image quality. El cual nos indica el análisis de gradación visual (VGA) como un método científico para evaluar la calidad de la imagen, los criterios utilizados en el VGA son estructuras anatómicas específicas dentro de la imagen. Los observadores califican su impresión personal de la visualización de estas estructuras utilizando una escala de calificación absoluta o relativa.

Al mismo tiempo el VGA se compara con otros métodos para evaluar la calidad de la imagen, como el análisis de las características operativas del receptor (ROC). El análisis ROC es un método validado y se considera el estándar de oro para la evaluación visual de la calidad de la

imagen porque brinda la oportunidad de evaluar la imagen en términos de su capacidad para demostrar anomalías. Sin embargo, el análisis ROC se limita a la tarea asignada por la configuración del estudio y no mide la capacidad del sistema de imágenes para visualizar otras lesiones que son importantes para el valor clínico del tipo de examen. (Precht et al., 2019)

Los criterios de calidad de la imagen en radiología que se deben tener en cuenta al realizar el VGA incluyen: la resolución espacial, la resolución de contraste, el ruido y los artefactos. Los observadores califican su impresión personal de la visualización de las estructuras anatómicas específicas seleccionadas utilizando una escala de calificación absoluta o relativa. (Ludewig et al., 2010)

### **Normativas de Calidad en Radiografía Digital**

En Colombia la Resolución No. 482 de 2018, artículo 14. Del El Ministerio de Salud y Protección Social estable aplicar como mínimo los lineamientos internacionales establecidos en el protocolo ARCAL XLIX y el TECDOC 1151 del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y sus respectivas actualizaciones. (“Resolución 0482 de 2018 Ministerio de Salud y Protección Social”)

El Organismo Internacional de Energía Atómica. (2021). Está autorizado para establecer o adoptar normas de seguridad para proteger la salud y minimizar el peligro para la vida y la propiedad, y de disponer de lo necesario para aplicar esas normas. La OIEA facilita la aplicación de las normas y pone a disposición información relacionada con las actividades nucleares pacíficas, fomenta su intercambio y sirve de intermediario para ello entre sus miembros. (“Aplicación del sistema de gestión de instalaciones y actividades - IAEA”)

En la resolución CECMED No. 164/2021: Regulación E 101-21, 00-413 (2021 de Cuba.) Presenta un protocolo con informes y guías técnicas publicadas por organizaciones nacionales e

internacionales, como la Asociación Americana de Físicos en Medicina (AAPM), el Centro de Control Estatal de Equipos Médicos (CCEEM) de Cuba, el Instituto Peruano de Energía Nuclear y la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA). Estos documentos proporcionan información detallada sobre los procedimientos y directrices para llevar a cabo controles de calidad en equipos y procedimientos utilizados en radiodiagnóstico, así como sobre los requisitos técnicos y de protección radiológica para las instalaciones que utilizan rayos X para diagnóstico médico.

De acuerdo con el Handbook of Basic Quality Control Test for Diagnostic Radiology, Human Health Series No. 47 de la Organismo Internacional de Energía Atómica. 2023). Describe paso a paso como se deben aplicar los procedimientos para aplicar las pruebas de control de calidad, allí se explican muy descriptivamente, deductivas y especifica los valores de referencia entre otros... los técnicos en radiología pueden aplicar estos procedimientos y realizar su formación y capacitación en compañía del radiólogo, físico medico e incluso el ingeniero biomédico.

### **Papel de los Técnicos Radiólogos en la Realización de Pruebas de Constancia**

De acuerdo con el “Manual de pruebas básicas de control de calidad para radiología diagnóstica” de la serie de salud humana nº 47 del OIEA. Los Técnicos o tecnólogos en radiología están capacitados para realizar estas pruebas y evaluar los resultados para garantizar que el equipo continúe funcionando según las especificaciones y para detectar cualquier cambio en el rendimiento. También pueden trabajar en colaboración con otros profesionales calificados.

Los tecnólogos radiológicos deben estar capacitados para operar correctamente las partes del sistema de gestión de datos de imágenes con las que deben interactuar rutinariamente y deben

estar capacitados en procedimientos de seguridad radiológica y seguridad del paciente. ACR-AAPM-SIIM-SPR. (2022).

### **Capacitación y Formación de los Técnicos Radiólogos en la Realización de Pruebas de Constancia**

El volumen 14 del libro (Zakova, 2007) presenta una metodología para realizar pruebas de constancia en dispositivos de rayos X de radiografía con sistemas CR. Los problemas, resultados y parámetros se discuten en el artículo.

Un artículo científico titulado “A Quality Control Test for General X-Ray Machine” (Una prueba de control de calidad para máquinas de rayos X generales) publicado en la revista World Scientific News. Describe una serie de pruebas de control de calidad que se realizaron en una máquina de rayos X recién instalada en Malaysia. Las pruebas incluyeron la alineación del haz, la colimación del haz, la reproducibilidad, la precisión del kV, la precisión del tiempo, la capa de valor medio (HVL) y la fuga. (Ali et al., 2017).

De acuerdo con el Handbook of Basic Quality Control Test for Diagnostic Radiology, Human Health Series No. 47 de la Organismo Internacional de Energía Atómica. (2023). Describe paso a paso como se deben aplicar los procedimientos para aplicar las pruebas de control de calidad, allí se explican muy descriptivamente, deductivas y especifica los valores de referencia entre otros... los técnicos en radiología pueden aplicar estos procedimientos y realizar su formación y capacitación en compañía del radiólogo, físico medico e incluso el ingeniero biomédico.

La ICRP. (2004). ICRP Publicación 93 describe la necesidad de capacitación específica en radiología digital para radiólogos, físicos médicos y técnicos radiólogos que trabajan con técnicas digitales. Esta capacitación debería incluir aspectos básicos de protección radiológica,

“Obtención de la imagen, Post procesamiento de la imagen, Transferencia de imagen, Análisis de la imagen, Control de calidad (CC), Aspectos en materia de visualización digital e informe, Estaciones de trabajo, Presentación de imágenes, Transferencia de imagen y almacenamiento, Gestión de la dosis al paciente, uso de unidades de visualización, capacidades de post procesamiento y operación de los PACS, si se instala alguno.

### **Estrategias para la Mejora de la Calidad de Imagen en Radiografía Digital**

En un estudio realizado por Ou et al. (2021), se destaca que los detectores de conversión directa presentan una resolución espacial superior y una calidad de imagen mejor en comparación con los detectores de conversión indirecta. La Función de Transferencia de Modulacion (MTF), descrita en el estudio, se utiliza como medida para evaluar la capacidad del sistema de transferir detalles finos de un objeto a una imagen. La MTF es crucial para garantizar una buena calidad de imagen y se emplea para medir la resolución espacial del detector de imágenes. El estudio también resalta la importancia de optimizar la dosis de radiación para reducir la exposición del paciente, al tiempo que se mantiene una calidad de imagen adecuada. Además, se exploran técnicas avanzadas de procesamiento de imágenes para corregir el ruido y otros artefactos presentes en las imágenes radiográficas.

En el mismo estudio, se enfatiza cómo las técnicas avanzadas de imagenología por rayos X están revolucionando el diagnóstico y tratamiento médico. Se menciona específicamente la tomografía computarizada espectral (SCT), una técnica que permite obtener información adicional sobre los tejidos y mejorar la precisión diagnóstica. Además, se detallan otras técnicas avanzadas de reconstrucción utilizadas en diferentes aplicaciones médicas. El estudio también hace mención de estrategias para mejorar la calidad de imagen, como el uso de sistemas automatizados que garantizan una posición adecuada del paciente durante el examen. Estas

innovaciones están contribuyendo significativamente a la detección temprana de enfermedades y mejorando los resultados de los tratamientos médicos.

## **Investigaciones Recientes Sobre la Importancia de las Pruebas de Constancia en**

### **Radiografía Digital**

Los avances más recientes en la tecnología de imágenes de rayos X incluyen el desarrollo de detectores más sensibles y eficientes, lo que permite obtener imágenes con mayor calidad y resolución. Además, se han desarrollado nuevas técnicas para mejorar la calidad de las imágenes. (Ou et al., 2021).

De acuerdo con un estudio experimental de Hena, B., Wei, Z., Castanedo, C. I., & Maldague, X. (2023). Investiga el impacto de los parámetros de calidad de imagen, específicamente la relación señal-ruido (SNR) y la relación contraste-ruido (CNR), en el rendimiento de un modelo de aprendizaje profundo para el reconocimiento automatizado de defectos en radiografías digitales de rayos X no destructivas. El estudio encontró que el entrenamiento del modelo con valores altos de CNR produjo mejores resultados, lo que enfatiza la importancia de lograr un equilibrio en el conjunto de datos de entrenamiento de acuerdo con los parámetros de calidad investigados para mejorar el rendimiento de los modelos de segmentación de aprendizaje profundo para aplicaciones de radiografía digital de rayos X no destructivas.

Así también en el artículo de la Universidad AdventHealth. (2022). *6 advances in digital radiography*. Nos ilustra sobre el presente y futuro de la calidad de la imagen con la tecnología. Incluyendo la interpretación de rayos X asistida por IA, la imagen de doble energía, la tomosíntesis, el diagnóstico asistido por computadora, el ensamblaje automático de imágenes y la radiografía móvil digital. Estos avances han mejorado la calidad de la imagen, lo que ha

ayudado a mejorar la atención al paciente y a apoyar mejores resultados para el paciente. Además, el uso de la radiografía digital reduce la necesidad de repetir las tomas, lo que proporciona el beneficio de una menor exposición a la radiación.

## **Metodología**

### **Objeto de Investigación**

Las pruebas de constancia y como intervienen estas con la calidad de la imagen de radiografía digital fueron el objeto de esta investigación.

### **Tipo de Investigación**

Se llevó a cabo una investigación cualitativa mediante el análisis de literatura.

### **Hipótesis**

Se planteó la hipótesis de que las pruebas de constancia en radiografía digital intervienen ampliamente en asegurar la calidad de la imagen y mejorar el diagnóstico médico.

### **Ámbito del Estudio**

El ámbito del estudio abarcó la radiografía digital en el campo médico y los protocolos de calidad de radiodiagnóstico.

### **Muestra y Tipo de Muestreo**

Se exploraron y analizaron estudios, libros, guías, protocolos, manuales y artículos publicados sobre pruebas de constancia en radiografía digital y su impacto en la calidad de la imagen.

### **Metodología Utilizada**

Se utilizó el análisis y comparación de literatura como metodología.

### **Análisis y Comparación de Literatura**

Se llevó a cabo el análisis y comparación de literatura mediante el cruce de información entre los documentos sobre pruebas y las imágenes de radiografía que sustentan esas pruebas.

### **Variables**

Las variables consideradas en esta investigación incluyeron las pruebas de constancia en radiografía digital, la calidad de la imagen radiográfica, los indicadores y factores que intervienen en la calidad de la radiografía digital, el radiodiagnóstico médico, las investigaciones recientes sobre la importancia de las pruebas de constancia en radiografía digital, la capacitación y formación de los técnicos radiólogos en la realización de pruebas de constancia, y el rol o papel de los técnicos radiólogos en la aplicación de las pruebas de constancia en radiografía digital.

### **Técnicas de investigación**

Se utilizaron técnicas de análisis y comparación de literatura.

### **Trabajo de campo**

No se llevó a cabo trabajo de campo.

### **Protocolos de actuación**

Se seleccionaron, procesaron, condensaron y analizaron sistemáticamente estudios y artículos publicados sobre el tema.

## Desarrollo del Proyecto

Una vez escogidos, revisados, analizados, filtrados y seleccionados los documentos, se tomó la decisión de relacionar las pruebas de constancia según como intervienen en la calidad de las imágenes digitales, abarcando los documentos mencionados al inicio del marco teórico, y en especial tomaremos la referencia del Organismo Internacional De Energía Atómica, OIEA. (2023). Handbook of Basic Quality Control Test for Diagnostic Radiology, IAEA Human Health Series No. 47. (“Handbook of Basic Quality Control Test for Diagnostic Radiology”) El cual nos informa a manera de subtítulo y que traducido al español significa “*Pruebas de control de calidad para radiógrafos*” el cual la palabra radiógrafos significa *tecnólogos en radiología*.

**Tabla 1***Tipo de prueba, descripción y en que interviene*

Prueba	Descripción	Interviene en la calidad de la imagen
Alineación y centrado del haz de rayos X y luz	Asegura que el campo de luz colimado coincida con el campo de rayos X y que el haz de rayos X esté centrado correctamente.	Garantiza que la radiografía cubra el área deseada y evita exposición innecesaria a la radiación, lo cual afecta la calidad de la imagen.
Distancias y escalas	Verifica la precisión del indicador de distancia fuente-imagen (SID) del sistema de rayos X.	Asegura que las imágenes se tomen a la distancia adecuada, lo que afecta la calidad y la dosis de radiación.
Condición de las cassettes y placas de imagen	Asegura que las placas de radiografía computarizada estén limpias y sin defectos mecánicos que puedan causar artefactos en la imagen.	Garantiza la calidad de la imagen radiográfica al evitar artefactos y asegurar imágenes nítidas y de alta calidad.
Artefactos y uniformidad de imagen	Evalúa los artefactos y la uniformidad en las imágenes de radiografía digital para asegurar una imagen libre de artefactos y uniforme.	Asegura la calidad de la imagen radiográfica al minimizar los artefactos y garantizar una imagen uniforme y libre de distorsiones.
Constancia del control automático de exposición. CAE	Evalúa la consistencia del dispositivo CAE para producir imágenes de alta calidad.	Garantiza que las imágenes tengan una exposición adecuada.

Sensibilidad de los detectores del sistema CAE	Evalúa el rendimiento de los sensores CAE en un sistema de radiografía.	Asegura que los sensores estén funcionando correctamente y produzcan imágenes de alta calidad.
Comprobación de rutina de visualización de imágenes	Verifica la calidad y el rendimiento de los monitores utilizados para visualizar imágenes de radiología.	Garantiza una visualización adecuada de las imágenes para una evaluación precisa.
Evaluación de la tasa de rechazo	Evalúa la tasa de rechazo de imágenes debido a problemas técnicos o errores humanos, con el objetivo de identificar áreas de mejora.	Mejora la calidad general del servicio al identificar y abordar problemas en el proceso de toma de imágenes.
Temperatura del sistema de procesamiento de películas	Asegura que el sistema funcione a la temperatura adecuada para producir imágenes de alta calidad.	Garantiza la calidad de las imágenes producidas por el sistema.
Control de calidad del sistema de visualización	Verifica la calidad y el rendimiento de los monitores utilizados para visualizar imágenes de radiología.	Asegura una visualización correcta y precisa de las imágenes radiográficas.
Control de calidad del sistema de archivo y transmisión de imágenes	Esta prueba asegura que las imágenes se almacenen y transmitan correctamente y sin pérdida de calidad.	Interviene para garantizar que las imágenes estén disponibles para su evaluación y que no se pierdan o dañen durante el almacenamiento o la transmisión.

---

*Nota.* Relación de cada prueba de constancia con su descripción y como interviene con la calidad de la imagen de radiografía digital.

**Tabla 2***Definición de los criterios de calidad*

Criterio de calidad	Definición del criterio
Resolución	Se refiere a la capacidad de un sistema de imagen para discriminar entre objetos o detalles adyacentes en los tejidos del objeto examinado. Esto se puede medir en términos de distancia mínima entre dos objetos que pueden ser resueltos por el sistema (espacial), así como la diferencia mínima de intensidad que el sistema puede detectar (contraste). La resolución se divide en tres categorías principales: resolución espacial, resolución de contraste y resolución temporal (fluoroscopia).
Artefactos	Son elementos no deseados o errores que aparecen en la imagen final y que no corresponden a las características del objeto que se está examinando. Pueden deberse a diferentes factores, como la calidad del equipo, problemas con el paciente o con el

**Ruido**

---

proceso de adquisición y procesamiento de la imagen.

---

Se refiere a las fluctuaciones aleatorias en la señal eléctrica registrada por el detector de imagen, lo que puede causar variaciones en la apariencia de la imagen final. Estas fluctuaciones pueden ser causadas por una variedad de factores, como la radiación ambiental, la inestabilidad del detector o la variabilidad en la intensidad de la radiación emitida, una dosis insuficiente de radiación, un error en el procesamiento digital de la imagen o una calidad inferior del detector utilizado.

---

*Nota.* Se presenta la definición de los criterios de calidad de la resolución, artefactos y ruido.

*Fuente.* Seeram, E. (2019). Digital Radiography: An Overview. In: Digital Radiography

**Tabla 3***Criterios y características de la imagen*

---

Criterio	Característica relacionada
Resolución	Resolución espacial, resolución de densidad, contraste, Distorsión geométrica, linealidad y uniformidad
Artefactos	Uniformidad, linealidad, contraste, capacidad de respuesta del sistema
Ruido	Ruido, resolución de densidad, uniformidad.

---

*Nota.* Se realiza la comparación como las diferentes características de la calidad de la imagen se relacionan con los criterios principales.

**Tabla 4***Criterio de calidad y como interviene la prueba de constancia*

Criterio de Calidad	Prueba de Constancia
	Condición de las cassettes y placas de imagen.
Artefactos	Artefactos y uniformidad de imagen. Evaluación de la tasa de rechazo.
Resolución	Alineación y centrado del haz de rayos X y luz Distancias y escalas.
	Comprobación de rutina de visualización de imágenes. Constancia del control automático de exposición
Ruido	(CAE). Sensibilidad de los detectores del sistema CAE. Temperatura del sistema de procesamiento de
Aplica para todos los criterios	películas. Control de calidad del sistema de visualización. Control de calidad del sistema de procesamiento de imágenes.

*Nota.* Se realiza la relación entre los criterios de calidad de resolución, artefactos y ruido según la prueba de constancia que interviene.

### **Artefactos: Pruebas de Intervienen en la Calidad de la Imagen**

Estas pruebas incluyen la evaluación de la condición de las cassettes y placas de imagen, asegurando que no presenten rayones, deformaciones u otros daños que puedan afectar la calidad de la imagen. Además, es importante llevar a cabo pruebas de artefactos y uniformidad de imagen, verificando que no existan variaciones inesperadas en la intensidad de la imagen que puedan dar lugar a la aparición de artefactos. Asimismo, se debe realizar una evaluación periódica de la tasa de rechazo, descartando aquellas imágenes que presenten artefactos o problemas técnicos, con el fin de mantener una alta calidad en las imágenes radiográficas obtenidas. Estas pruebas de constancia son fundamentales para asegurar la precisión y confiabilidad de los resultados radiográficos.

#### ***Prueba de Casetes, Placas, Chasis y Bucky***

Las cassettes y placas de imagen son componentes esenciales en el proceso de obtención de imágenes radiográficas. Si presentan algún tipo de deterioro, como rayones, deformaciones o daños en la superficie (imagen 3), pueden generar artefactos en las imágenes. Por lo tanto, es necesario evaluar y mantener la condición óptima de estos elementos para garantizar la calidad de las imágenes radiográficas.

Otro aspecto relevante es la limpieza y el mantenimiento adecuados de los equipos. Es necesario realizar una observación física detallada de placas, cassettes, bucky o chasis, así como identificar artefactos blancos en las imágenes obtenidas. Además, la limpieza y la ausencia de defectos en las placas de radiografía computarizada, se sigue seguir las recomendaciones del proveedor. Asimismo, se debe prestar atención a evitar derrames accidentales de medios de contraste en la mesa de rayos X, ya que esto puede causar la adherencia de residuos y generar artefactos en las imágenes digitales (imagen 5). Handbook of Basic Quality Control Test for

Diagnostic Radiology, IAEA Human Health Series No. 47. (“Handbook of Basic Quality Control Test for Diagnostic Radiology”)

### **Figura 3**

*Cassettes en mal estado*



*Nota.* El casete tiene un problema en el que el cierre del lado derecho no funciona y no se puede asegurar. *Fuente.* International Atomic Energy Agency, OIEA. (2023). Handbook of Basic Quality Control Test for Diagnostic Radiology, IAEA Human Health Series No. 47. (“Handbook of Basic Quality Control Tests for Diagnostic Radiology”) Pág. 13. [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB2021\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB2021_web.pdf)

**Figura 4**

*Artefacto fantasma en el receptor DR usando casetes*



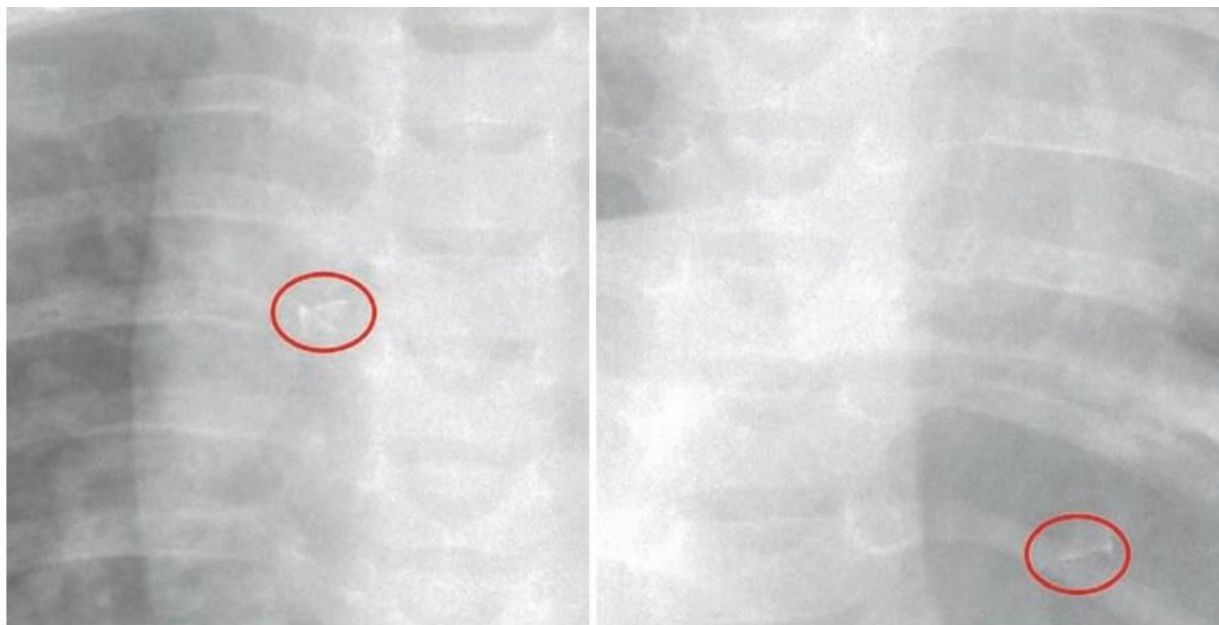
*Nota.* Se observan unas líneas paralelas radiopacas en el hemitórax izquierdo que interfieren con la calidad de la imagen. *Fuente.* Seeram E. (2019). Digital Radiography (2a ed.)”. Cap. 11. Pág. 196.

El aseo de borrado a las placas de imagen se aplica solo a sistemas CR y es necesario debido a que las placas de imagen CR son susceptibles a almacenar energía de fuentes de radiación dispersa y natural si no se utilizan durante períodos prolongados. Por lo tanto, se recomienda realizar un borrado “primario” en todas las placas de imagen CR cada semana. Esta frecuencia se basa en la suposición de que las cassettes no utilizadas se almacenan adecuadamente para evitar exposiciones no deseadas. Si las cassettes no se almacenan adecuadamente, el borrado de la placa de imagen debe realizarse con mayor frecuencia. Departamento de salud de Tasmania. (2021).

En los sistemas de radiografía directa (DR) los artefactos en las imágenes pueden surgir debido al polvo, escombros y contraste de bario o Iodo. La identificación está en exponer el receptor a un campo uniforme, cualquier escombros o contaminante presente en el receptor se mostrará claramente en la imagen resultante. Imagen 5. Seeram, E. (2019) Pág. 197.

**Figura 5**

*Defecto en el receptor de imagen*



*Nota.* El artefacto, marcado con un círculo rojo, es visible en dos imágenes clínicas de diferentes orientaciones. ¿medio de contraste? *Fuente.* Seeram, E. (2019). *Digital Radiography (2a ed.)*”.

Cap. 11. Pág. 197.

En equipos de radiografía digital directa CCD generalmente no se usan cassettes, se debe mantener una excelente higiene y aseo constante del lugar y el equipo de trabajo, limpiando con las soluciones y técnica que recomienda el fabricante o como referencie el manual, pero, además, no solo eso es la solución.

Cuando el problema no radica en limpieza, este radica en que el receptor de la imagen debe ser sometido a una prueba que llamaremos prueba de campo de radiación uniforme. Esta prueba busca encontrar esos escombros ocultos y observar la uniformidad del campo irradiado. Esta prueba la puede realizar un tecnólogo en radiología según la OIEA. (2023). *Handbook of*

Basic Quality Control Tests for Diagnostic Radiology, IAEA Human Health Series No. 47.

(“Handbook of Basic Quality Control Tests for Diagnostic Radiology”) Pág. 8-10.

### ***Artefactos que Afectan la Resolución por no Uniformidad de la Imagen***

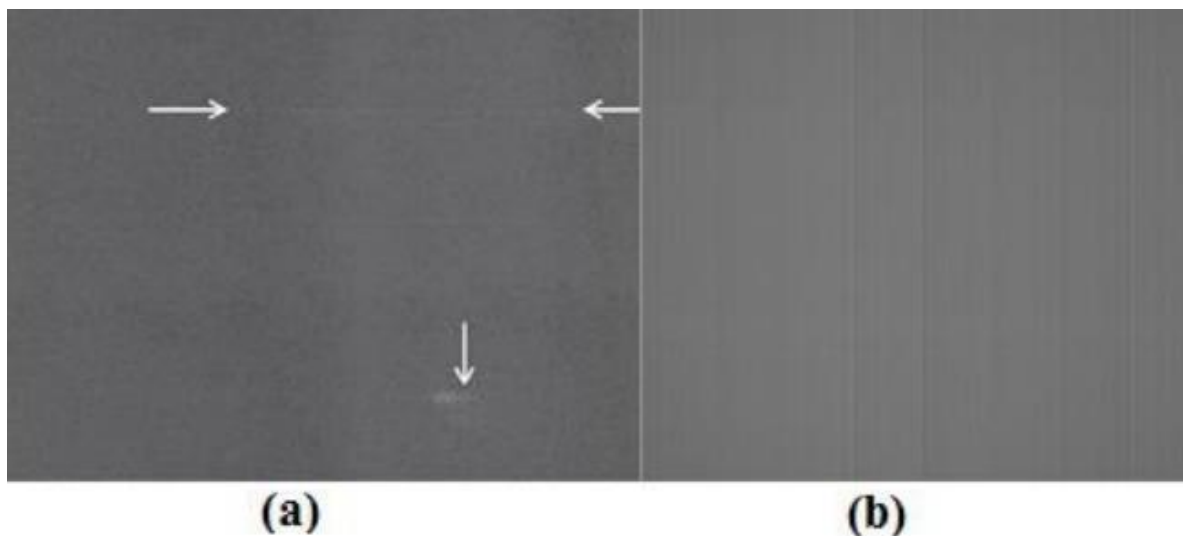
La presencia de variaciones en la intensidad de la imagen en diferentes áreas puede resultar en la aparición de artefactos en forma de áreas más claras o más oscuras de lo esperado. Para evitar esto, es importante realizar pruebas de uniformidad y ajustar el equipo de manera adecuada.

Significa la consistencia en la intensidad del haz de rayos X en toda la imagen. Esta prueba se lleva a cabo para asegurar que la imagen de radiografía digital tenga una calidad uniforme en toda su extensión. Si la prueba es exitosa, significa que la intensidad del haz de rayos X es consistente en toda la imagen. Ver imagen 6.

Esta prueba también favorece a la búsqueda y encuentro de artefactos invisibles al ojo humano, además, se revisan los valores de ganancia e índices de exposición (IE) para ser comparados con los valores de referencia y con las pruebas de aceptación y/o de estado, pudiendo lograr mejorar la constancia de la calidad de la imagen de radiografía digital.

## Figura 6

*Artefactos de equipos CR y DR*



*Nota.* (a) Imagen en sistema CR con artefactos, (b) Imagen en sistema DR que muestra el comportamiento del umbral de saturación atribuido a la imagen anterior. *Fuente.* OIEA.

2021. *Protocolos de Control de Calidad para Radiodiagnóstico en América Latina y el*

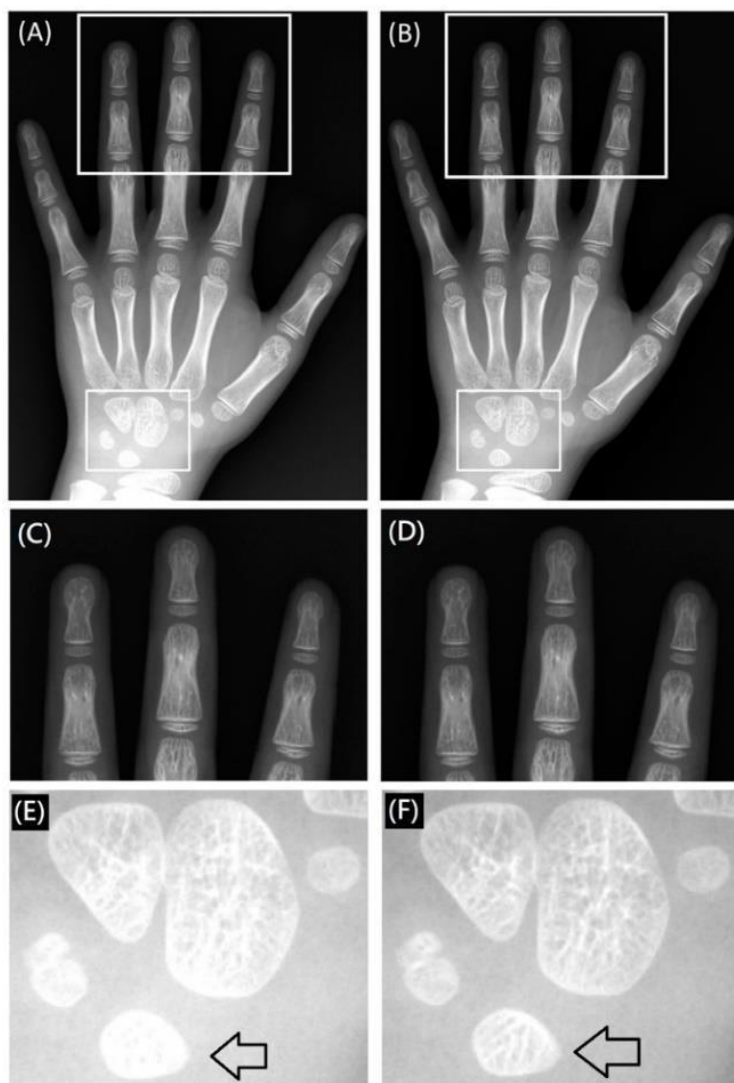
*Caribe (IAEA-TECDOC-1958. pág. 26. <https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TE-1958web.pdf>.*

### ***No Uniformidad causada por el Efecto Talón del Ánodo***

El efecto talón del ánodo es un fenómeno que ocurre en la radiografía, donde hay menos fluencia de rayos X y mayor energía media de radiación en la dirección del ánodo debido a la absorción de fotones de baja energía por el talón del ánodo. Esto puede resultar en una calidad de imagen no uniforme. (imagen 7). Chou, M.-C. (2021). (Evaluation of non-uniform image quality caused by anode heel effect in digital radiography using mutual information. (“Evaluation of Non-Uniform Image Quality Caused by Anode Heel Effect in ...”) Entropy (Basel, Switzerland).

## Figura 7

*Intensidad de señal no homogénea en la dirección ánodo-cátodo debido al efecto del talón*



*Nota.* Proyección PA de la mano derecha adquirida con 52 kVp y 10 mAs antes (A, C, E) y después (B, D, F) con corrección efecto talón. Las flechas indican las estructuras óseas del semilunar que eran más notorias en la imagen con (F) que sin (E). *Fuente.* Chou, M.-C. (2021). “Evaluation of non-uniform image quality caused by anode heel effect in digital radiography using mutual information.” (“Evaluation of Non-Uniform Image Quality Caused by Anode Heel Effect in ...”) *Entropy* (Basel, Switzerland), 23(5), 525. <https://doi.org/10.3390/e23050525>

### ***Prueba de Constancia para la Evaluación de la Tasa de Rechazo***

la evaluación de la tasa de rechazo también es relevante en relación con los artefactos. Esta tasa se refiere a la cantidad de imágenes que son descartadas debido a la presencia de artefactos o problemas técnicos. Una alta tasa de rechazo indica la presencia frecuente de artefactos, lo que puede ser indicativo de problemas en el sistema de adquisición de imágenes o en el proceso de revelado.

Además, también podemos encontrar otros tipos de casos donde se presentan diferentes artefactos, (Bell & Shetty, 2014), su última actualización fue en noviembre del 2021.

En el estudio de (Kjelle & Chilanga, 2022), los radiógrafos a menudo rechazaban imágenes debido a problemas con el posicionamiento y el centrado. Sin embargo, también consideraron factores como el valor diagnóstico potencial y la protección radiológica al decidir si mantener o rechazar una imagen, incluso si se percibía como de baja calidad”.

### **Ruido. Pruebas que Intervienen con la Calidad de la imagen**

Se realizan pruebas de constancia que evalúan la constancia del control automático de exposición (CAE) y la sensibilidad de los detectores del sistema CAE.

El control automático de exposición (CAE) es un mecanismo que ajusta automáticamente la dosis de radiación durante la adquisición de imágenes radiográficas. La constancia del CAE asegura que las dosis de radiación sean consistentes y precisas, lo que contribuye a reducir el ruido en las imágenes. Un control adecuado del CAE garantiza que las imágenes no estén subexpuestas, lo que resultaría en imágenes con mayor ruido, ni sobreexpuestas, lo que podría ocasionar la pérdida de detalles importantes.

El mecanismo de control automático de la exposición (CAE) ajusta la dosis de radiación durante la adquisición de imágenes radiográficas. Un CAE coherente garantiza que las dosis de

radiación sean precisas y constantes, lo que reduce el ruido en las imágenes. Un control CAE adecuado garantiza que las imágenes no queden subexpuestas, lo que podría dar lugar a imágenes ruidosas, ni sobreexpuestas, lo que podría dar lugar a la pérdida de detalles importantes.

El propósito del sistema CAE es suministrar dosis precisas y consistentes, considerando factores como la calidad del haz de rayos X y el tamaño del paciente. Para garantizar el correcto funcionamiento de los módulos CAE, es esencial que físicos médicos calificados realicen las pruebas correspondientes. ACR-AAPM-SIIM-SPR (2022) Aunque el Handbook of Basic Quality Control Tests for Diagnostic Radiology, IAEA Human Health Series No. 47 menciona que los radiógrafos o tecnólogos en radiología pueden realizar la prueba de control automático de exposición.

Además, la sensibilidad de los detectores del sistema CAE también desempeña un papel crucial en la reducción del ruido. Los detectores son los encargados de convertir la radiación en señales eléctricas, y una alta sensibilidad permite capturar y amplificar eficientemente las señales de los rayos X. Una sensibilidad óptima contribuye a obtener imágenes con mayor relación señal-ruido, lo que se traduce en una disminución del ruido y una mejora en la calidad de la imagen radiográfica.

### ***Los Índices o Indicadores de Exposición (IE)***

Un indicador de exposición DR es una medida calculada por casi todos los sistemas comerciales de DR para indicar la cantidad de radiación utilizada para producir una imagen. Los indicadores de exposición han sido estandarizados por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) y la AAPM (American Association of Physicists in Medicine). Es importante que los tecnólogos comprendan el indicador de exposición particular para los sistemas DR en su

instalación de imágenes, ya que esta es la única retroalimentación proporcionada para indicar sobreexposición (imagen 8) o subexposición. (Imagen 9) Seeram, E. (2019). Digital Radiography (2a ed.)”. Cap. 1. En radiología digital varían según el fabricante y están influenciados por varios factores, como la energía efectiva del haz de rayos X, la distancia entre el foco y el detector, el posicionamiento y tamaño del paciente, la zona irradiada, los algoritmos de reconstrucción utilizados y la calibración del equipo o sistema. Buscà, J., Vigil, A., & Medina, R. (2010).

Por tal motivo se hace relevante resaltar la importancia de conocer los indicadores de exposición y su relación con el sistema de control de exposición automático (CAE), debido a que el CAE puede llegar a presentar fallar en su consistencia afectando la calidad de la imagen y funcionamiento del equipo, actuando de manera insuficiente sobre el quipo (corriente del tubo, distancia foco – película, colimación...) y en la calidad de la imagen afectando su densidad óptica (ruido, contraste, resolución, artefactos...). Además de poner en riesgo la seguridad del paciente fomentando la tasa de rechazo.

## Figura 8

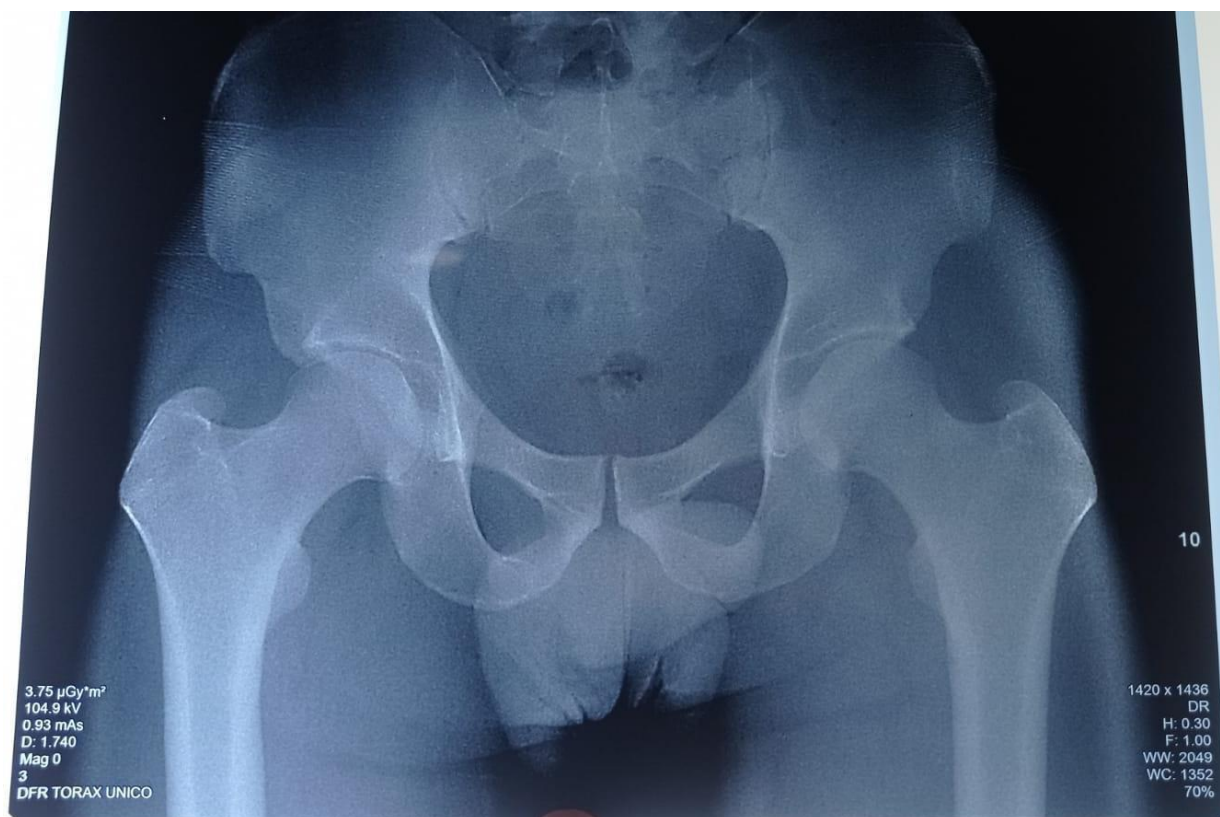
*Sobreexposición por problema de no uniformidad, el IE mAs es alto*



*Nota.* La vista de la izquierda estaba sobreexpuesta. El indicador de exposición estaba en el extremo superior del rango objetivo. La vista de la derecha se repitió a la mitad de los mAs de la primera imagen. Nótese la pérdida de contraste en la piel y áreas densas en la imagen sobreexpuesta. *Fuente.:* Seeram, E. (2019). Digital Radiography (2a ed.)”

**Figura 9**

*Subexposición y sobrepenetración en DR, provoca un aumento no uniformidad, Aparece el moteado.*



*Nota.* Imagen impresa en poliéster y visualizada en negatoscopio. La subexposición puede causar una apariencia granulada y una disminución del contraste en las áreas densas de la imagen.

También se observan los indicadores de exposición, ancho y alto de ventana, nivel de resolución, dosis en  $\mu\text{Gy}$ ; kV; mAs. *Fuente.:* Imagen propia.

**Figura 10**

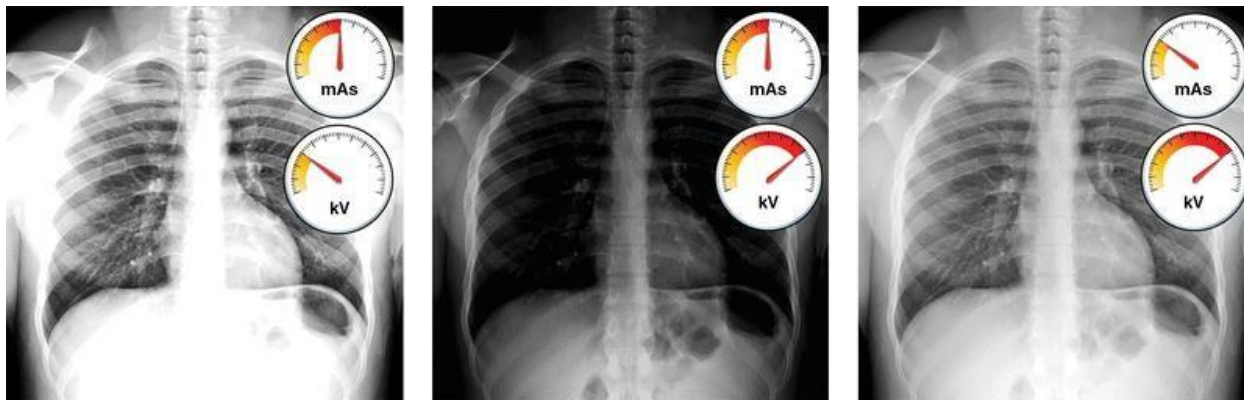
*Inadecuada uniformidad del mAs causa problemas de subexposición*



*Nota.* En una imagen de rayos X con un valor alto de miliamperios-segundo (mAs), el moteado de la imagen es mínimo (izquierda). Sin embargo, en una imagen con un valor bajo de mAs, el moteado de la imagen es mucho más pronunciado (derecha). Dado que los datos digitales en una imagen con un valor alto de mAs serán mayores que en una imagen con un valor bajo de mAs, es necesario ajustar la configuración de la pantalla digital, como la ventana y el nivel, para visualizar correctamente la imagen. *Fuente.:* Huda, W., & Abrahams, R. B. (2015). Radiographic techniques, contrast, and noise in X-ray imaging. *AJR. American Journal of Roentgenology*, 204(2), W126–W131. <https://doi.org/10.2214/ajr.14.13116>

## Figura 11

*Indicador de exposición no uniforme en el kV*



*Nota.* La radiografía de tórax (izquierda) está subpenetrada, lo que requiere un aumento en el voltaje del tubo de rayos X. Después de aumentar el voltaje (kV) (centro), la radiografía es demasiado oscura. Después de reducir la salida del tubo de rayos X (valor de miliamperios-segundo [mAs]) (derecha), la radiografía tiene la densidad de imagen correcta. *Fuente.* Huda.W., & Abrahams, R. B. (2015). Radiographic techniques, contrast, and noise in X-ray imaging. *AJR. American Journal of Roentgenology*, 204(2), W126–W131. <https://doi.org/10.2214/ajr.14.13116>

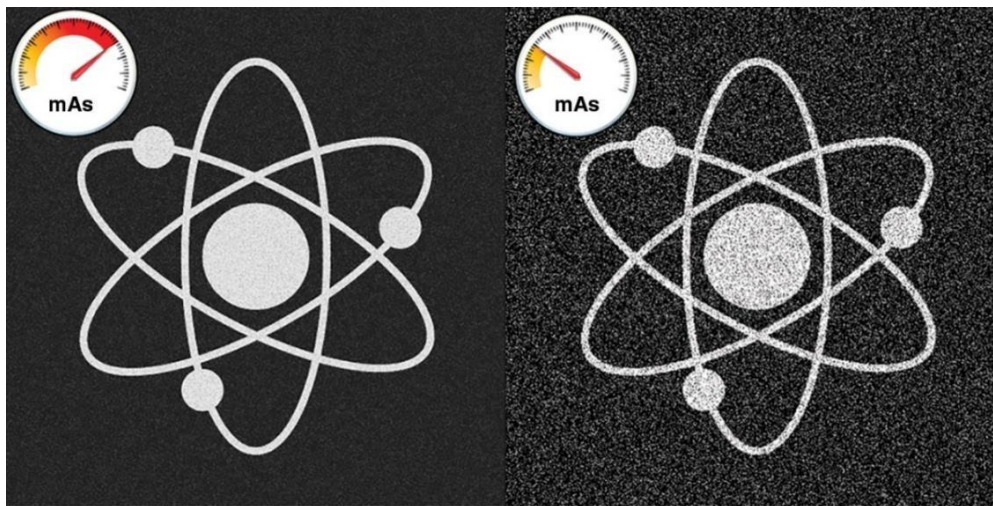
Un factor que favorece ampliamente la eficiencia del CAE es el uso de registros técnicos de exposición, también conocidos como gráficos de técnica de exposición. Estos son una herramienta utilizada para ayudar a determinar la técnica de exposición adecuada para un examen en particular, basándose en el uso de técnicas radiográficas validadas en función del tamaño del paciente. Los fabricantes de equipos suelen proporcionar gráficos de técnica de exposición iniciales o básicos, ya sea como prescripciones para técnicas radiográficas manuales o como opciones específicas del examen programadas en el generador de rayos X. ACR-AAPM-SIIM-SPR. (2022).

Estos gráficos proporcionan información sobre la combinación adecuada de factores técnicos, como el kilovoltaje (kV), el miliamperaje (mA) y el tiempo de exposición, para producir una imagen de calidad diagnóstica mientras se minimiza la exposición del paciente a la radiación. Los gráficos de técnica de exposición son parte del estándar de atención esperado por la Comisión Conjunta y son requeridos por regulaciones en muchos estados. ACR-AAPM-SIIM-SPR. (2022). Estos registros de exposición pueden ser almacenados en la memoria de la consola del equipo, del monitor o impresos. Del mismo modo se deben estar actualizando.

El sistema CAE ayuda a lograr imágenes consistentes y de alta calidad, lo que aumenta la eficiencia del equipo. Esto reduce las quejas de los radiólogos y minimiza la necesidad de repetir exámenes.

### Figura 12

*Indicador de exposición del mAs. Explicación de la uniformidad.*



*Nota.* (Izquierda). El aumento del valor de miliamperios-segundo [mAs] no tiene ningún efecto sobre el contraste de la imagen en las imágenes digitales, pero requerirá el ajuste adecuado de la configuración de la pantalla digital. Cuando se utilizan menos fotones para crear la imagen.

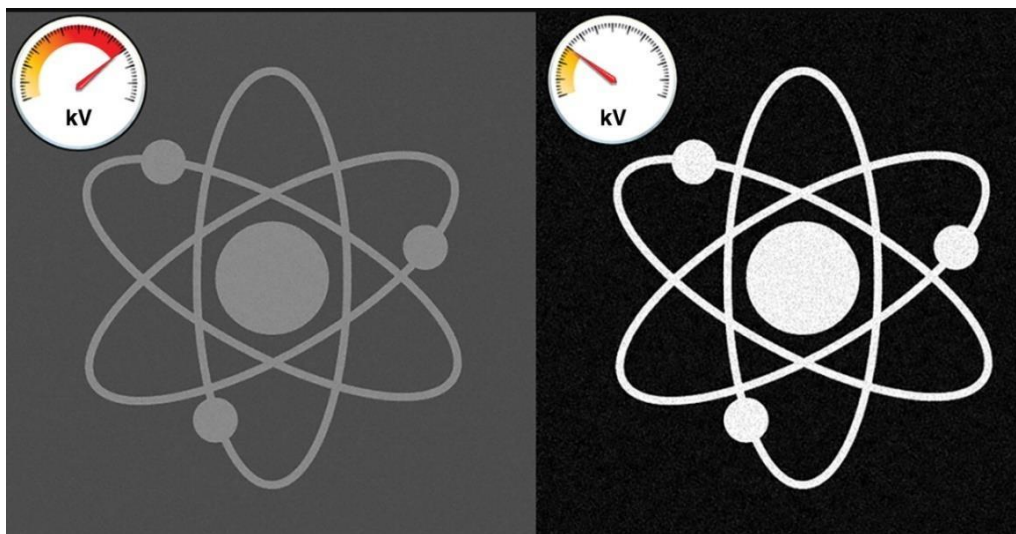
(derecha), el contraste permanece exactamente igual, pero aumenta el moteado de la imagen.

*Fuente.* Huda, W., & Abrahams, R. B. (2015). Radiographic techniques, contrast, and noise in X-ray imaging. *AJR. American Journal of Roentgenology*, 204(2), W126–W131.

<https://doi.org/10.2214/ajr.14.13116>

### Figura 13

*Indicador de exposición. Variabilidad del kV*

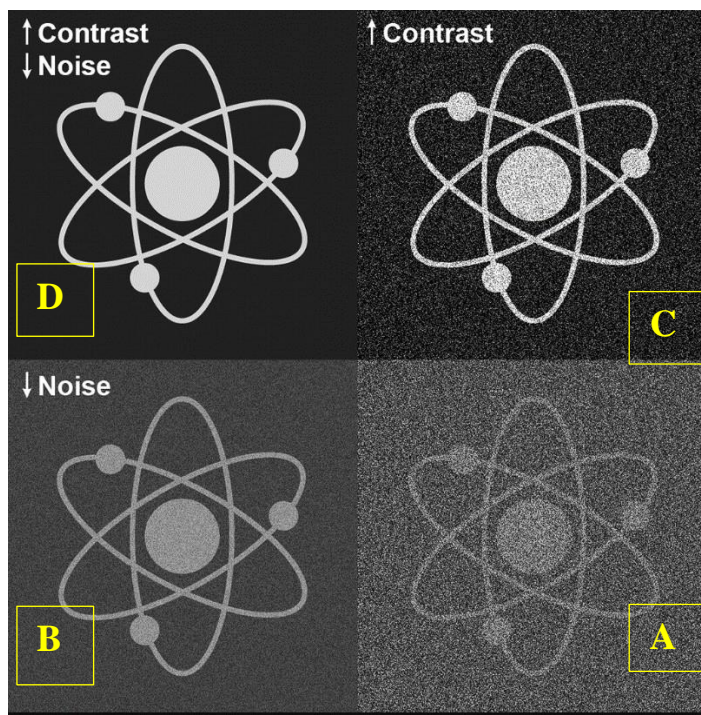


*Nota.* La reducción del voltaje del tubo (kV) aumenta el contraste de la imagen (derecha) en comparación con un voltaje más alto del tubo (izquierda). En este ejemplo, se utilizó el CAE por lo que el valor de miliamperios-segundo aumentará cuando se reduzca el kilovoltaje seleccionado. Al mantener el mismo kerma en aire en el receptor de imagen en ambas imágenes, el moteado de la imagen no cambia. *Fuente.* Huda, W., & Abrahams, R. B. (2015).

Radiographic techniques, contrast, and noise in X-ray imaging. *AJR. American Journal of Roentgenology*, 204(2), W126–W131. <https://doi.org/10.2214/ajr.14.13116>

## Figura 14

*Combinación y ajustes de los indicadores kV y mAs*



*Nota.* (A) Poca visibilidad del patrón atómico debido a un contraste muy bajo y un ruido muy alto. (B). Se reduce el ruido. (C). Aumentar el contraste mejora la visibilidad del patrón atómico. La mejor imagen (D) es aquella en la que se ha aumentado el contraste y se ha reducido el ruido.

*Fuente.* Huda, W., & Abrahams, R. B. (2015). Radiographic techniques, contrast, and noise in X-ray imaging. *AJR. American Journal of Roentgenology*, 204(2), W126–W131.

<https://doi.org/10.2214/ajr.14.13116>El ajuste del voltaje y la corriente del tubo se realiza utilizando los controles del equipo de radiografía digital. Estos controles se encuentran en el panel de control del equipo y su ubicación y funcionamiento pueden variar dependiendo del modelo y fabricante del equipo. Los profesionales deben consultar la documentación del equipo para obtener información detallada sobre cómo acceder y utilizar estos controles para calibrar el tubo. A sí mismo, si se tiene algún inconveniente para usar los controles del equipo, se pueden

utilizar equipos de medición especializados, como un voltímetro y un amperímetro para medir el voltaje y la corriente del tubo y compararlos con los valores de referencia. Si se detectan desviaciones, los profesionales pueden ajustar el voltaje y la corriente del tubo utilizando los controles del equipo para garantizar que el equipo funcione correctamente y produzca imágenes de alta calidad con una dosis mínima de radiación. *guía de práctica de ACR-AAPM-SIIM (2022), (resolución 47)*

### **Resolución. Pruebas que Intervienen en la Calidad de la Imagen**

Alineación y centrado del haz de rayos X y luz.

Distancias y escalas.

Comprobación de rutina de visualización de imágenes.

Una alineación incorrecta del haz de rayos X puede resultar en una proyección angular incorrecta de las estructuras anatómicas en la placa de imagen. Esto puede provocar distorsiones en la forma y posición de las estructuras, lo que dificulta su visualización y análisis preciso.

Del mismo modo, una incorrecta alineación de la luz de referencia puede dificultar la identificación de posibles deformaciones o distorsiones en la imagen radiográfica, lo que puede afectar la interpretación y el diagnóstico adecuado.

Por otro lado, si las distancias entre la fuente de rayos X, el objeto y la placa de imagen no se mantienen correctamente, se producirá una proyección espacial inadecuada. Esto puede resultar en una falta de proporcionalidad y dimensiones incorrectas en las estructuras anatómicas en la imagen radiográfica, lo que dificulta su evaluación precisa.

Para lograr una buena resolución, es necesario que el haz de rayos X y la luz estén correctamente alineados y centrados. La prueba de alineación y centrado del haz de rayos X y luz evalúa la posición y dirección del haz de rayos X, así como la alineación del sistema de

iluminación en relación con la placa de imagen. Una alineación adecuada garantiza que el haz de rayos X incida directamente sobre la región de interés y que la luz de referencia coincida con la posición anatómica correspondiente, lo que contribuye a obtener imágenes radiográficas nítidas y con una mejor resolución.

Por otro lado, la prueba de distancias y escalas también es relevante para la resolución de la imagen radiográfica. Esta prueba verifica que las distancias y escalas utilizadas en el proceso de adquisición sean consistentes y precisas. Las distancias correctas entre la fuente de rayos X, el objeto y la placa de imagen son fundamentales para obtener una imagen con una resolución óptima. Asimismo, la escala adecuada en la imagen radiográfica permite la correcta representación de las estructuras anatómicas en su tamaño real. Una precisión en las distancias y escalas contribuye a una mayor resolución en la imagen radiográfica, lo que facilita la identificación y análisis de estructuras detalladas y pequeñas con mayor precisión y claridad.

La prueba de alineación, colimación y centrado del haz de rayos X y luz; y la prueba de distancias y escalas intervienen con la calidad de la imagen digital causando distorsión geométrica, falta de nitidez y pérdida de detalles.

“Los factores geométricos que afectan la calidad radiográfica de la imagen son: la magnificación, distorsión, penumbra, movimiento y la nitidez” (Avilés, 2012).

En primer lugar, las pruebas de distancias y escalas son necesarias para asegurar que se cumplan las proporciones y dimensiones adecuadas en la imagen radiográfica. Esto implica verificar que la distancia entre el objeto y la película sea la correcta, lo cual tiene un impacto directo en la magnificación y distorsión de la imagen. Si la distancia es inadecuada, puede haber una ampliación o reducción no deseada de la imagen radiográfica, lo que afectaría su calidad.

La prueba de constancia de distancias y escalas tiene como objetivo determinar la precisión del indicador de distancia fuente-imagen (SID) del sistema de rayos X. Esta prueba es importante para la imagen radiográfica y cuando se utiliza software de monitoreo de dosis (CAE), ya que la indicación de distancia puede utilizarse como una entrada para determinar la distancia desde el punto focal hasta la superficie de entrada (piel).

Si el SID no es preciso, se infiere en que puede afectar la calidad de la imagen al cambiar el tamaño y la magnificación de la imagen. También puede afectar la dosis al paciente, ya que una mayor distancia puede requerir una mayor exposición para obtener una imagen adecuada.

Por otro lado, la alineación y centrado del haz de rayos X y luz son aspectos esenciales para lograr una imagen nítida y sin penumbras. Si el haz de rayos X no está correctamente alineado con la película, se pueden generar efectos de distorsión y una calidad deficiente en la imagen. Asimismo, si el objeto no está centrado en el haz de rayos X, se pueden producir sombras y penumbras que afectarán la claridad y detalle nítido de la imagen radiográfica.

La International Atomic Energy Agency, OIEA. (2021). *Protocolos de Control de Calidad para Radiodiagnóstico en América Latina y el Caribe* (IAEA-TECDOC-1958). A esta prueba le llama “Sistema de colimación del haz y Perpendicularidad del Rayo Central” Y Baños, M. A. (2003). Le llama “Alineación o parámetros geométricos”. Esto quiere decir que el lector cuando decida comparar estas pruebas las encontrara con diferentes nombres, pero con la misma función y finalidad.

El objetivo de esta prueba es garantizar la coincidencia y la alineación del campo de luz colimado con el campo de rayos X, de esa forma se proporciona una correcta alineación y centrado del haz en la imagen radiográfica. El campo de luz establecido debe alinearse bien con el área del haz de rayos X para limitar el campo de radiación al tamaño necesario y no perder

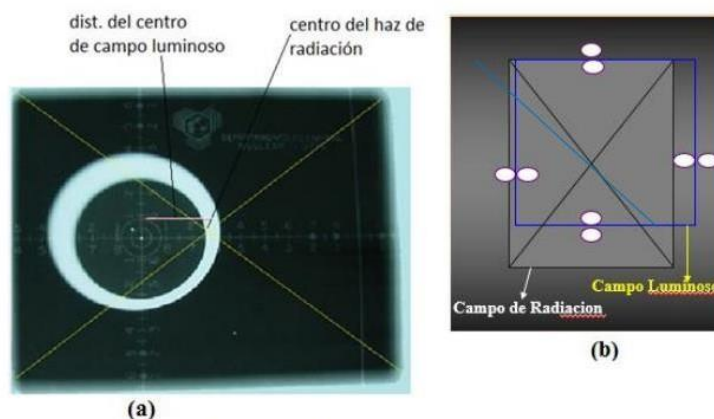
ninguna parte debido a posibles desalineaciones o exposiciones innecesarias. Handbook of Basic Quality Control Test for Diagnostic Radiology, IAEA Human Health Series No. 47.

Una alineación y centrado incorrectos pueden afectar la imagen radiográfica en una imagen borrosa o distorsionada. Además de llevar a una exposición innecesaria del paciente a la radiación. Figura 15.

### Figura 15

#### *Colimación y perpendicularidad del haz no coinciden*

La imagen de las dos esferas debe estar dentro del círculo externo, indicando una inclinación máxima de  $3^\circ$ .



Fuente: colección de los autores

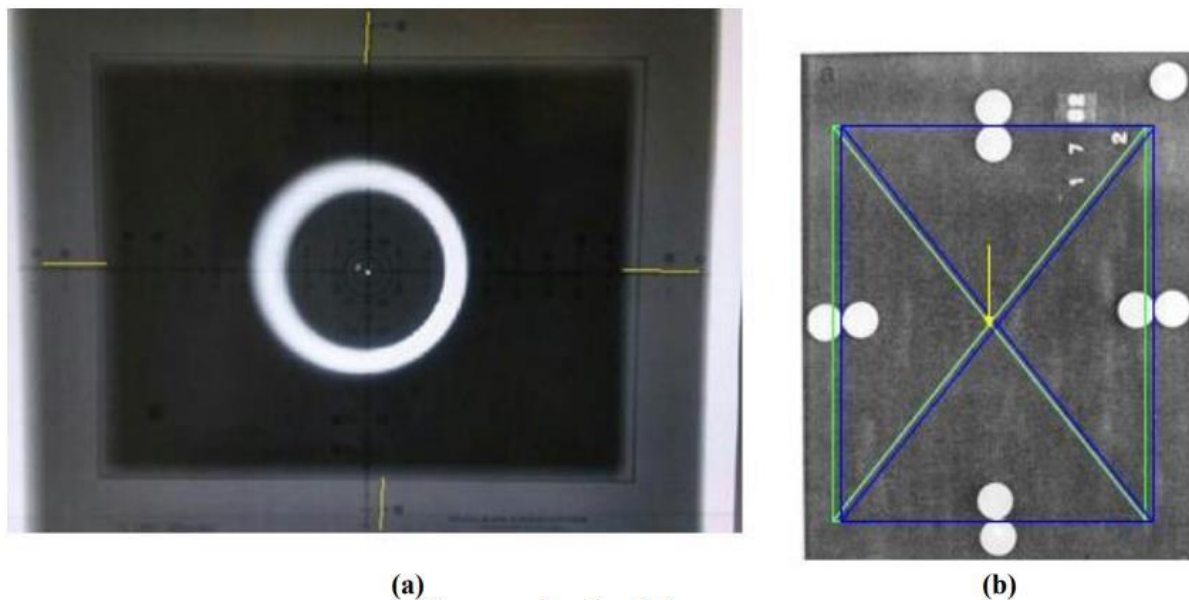
FIG. 4. Imagen de una película utilizada para la prueba de colimación y perpendicularidad del haz (a) Dispositivo de prueba, en esta imagen se evidencia el ajuste incorrecto entre el campo luminoso y el haz de radiación, (b) Esquema con monedas, el centro del campo luminoso con el de radiación no coincide.

Fuente. International Atomic Energy Agency, OIEA. 2021). Protocolos de Control de Calidad para Radiodiagnóstico en América Latina y el Caribe (IAEA-TECDOC-1958). IAEA.

<https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TE-1958web.pdf>.

**Figura 16**

*Colimación y perpendicularidad del haz, si coinciden*



*Nota.* Imagen de una película utilizada para la prueba de colimación y perpendicularidad del haz, con la indicación de los bordes del campo y coincidencia del haz en ambas coinciden. (a)

Dispositivo de prueba, (b) Esquema con monedas. *Fuente.* International Atomic Energy Agency, OIEA. 2021). Protocolos de Control de Calidad para Radiodiagnóstico en América Latina y el Caribe (IAEA-TECDOC-1958). IAEA. <https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TE-1958web.pdf>

### ***Como Intervienen las Pruebas de Constancia del Control de Calidad del Sistema de Visualización de Imágenes***

El objetivo de esta prueba es confirmar que las pantallas de imagen reproduzcan con precisión toda la información de escala de grises en la imagen. Para lograrlo, se utiliza el patrón de prueba recomendado por el Grupo de Trabajo 18 de la Asociación Americana de Físicos en Medicina (AAPM TG18). El procedimiento consiste en mostrar el patrón de prueba AAPM TG18 en la pantalla de imagen y ajustar el ancho y nivel de la ventana a los valores definidos

durante la puesta en marcha. Luego, se visualizan las imágenes en la pantalla de imagen con las luces de la habitación ajustadas al nivel de iluminación que se usa normalmente. Esta prueba se realiza para cada pantalla de imagen asociada con el sistema de rayos X, asegurando así la producción de imágenes de calidad similar.

La interpretación y análisis de los resultados implica evaluar cuidadosamente cada imagen para determinar si se pueden apreciar diferencias en el brillo o densidad entre los pasos adyacentes del escalón. El control de calidad del sistema de visualización desempeña un papel esencial en la garantía de que las imágenes digitales se muestren de manera precisa y fidedigna. Esta prueba abarca aspectos clave como el brillo, el contraste, la resolución y la reproducción de los tonos de gris en la pantalla de visualización. Un control adecuado asegura que las imágenes se visualicen correctamente, lo cual es crucial para lograr una interpretación y un diagnóstico precisos. Handbook of Basic Quality Control Test for Diagnostic Radiology, IAEA Human Health Series No. 47.

El artículo titulado “Pantallas digitales de diagnóstico médico” Livada, B. (2020). es una revisión que analiza cómo las especificidades de la imagen médica, las propiedades visuales del ojo humano y el rendimiento final de la tecnología de pantalla podrían utilizarse para definir los requisitos técnicos del monitor de imagen médica según la aplicación mencionada. El artículo se centra en el análisis de los procesos físicos involucrados y los aspectos técnicos que conducen a la optimización de la definición de requisitos de visualización médica. Esto ayudará a los especialistas en ingeniería y medicina a comprender mejor las propiedades de visualización médica y proporcionar una evaluación más objetiva de la idoneidad diagnóstica de la pantalla.

### *Como Intervienen las pruebas de Constancia del Control de Calidad del Sistema de Procesamiento de Imágenes*

El reescalado automático es un proceso que se utiliza en la radiografía digital para mejorar la visibilidad de los detalles en una imagen. Esto se logra ajustando el tamaño, brillo y el contraste de la imagen mediante la aplicación de una función matemática a los valores de píxeles. Aunque el reescalado automático puede mejorar la apariencia de una imagen, no puede corregir completamente una imagen que está subexpuesta o sobreexpuesta. Por lo tanto, es importante seleccionar adecuadamente los factores de exposición al adquirir una imagen DR para evitar pérdida de información y calidad de imagen. Seeram, E. (2019). *Digital Radiography* (2a ed.)”. Cap. 11.

Del mismo modo. Kocic, et al., (2016). Describe algunas técnicas que se utilizan para evaluar la calidad de la imagen, estas incluyen el análisis de la función de mapeo de escala de grises, el contraste de la imagen, la relación señal-ruido (CNR) y la resolución espacial de alto contraste. Estas técnicas pueden ayudar a evaluar cómo los diferentes parámetros de calidad de imagen afectan la calidad visual y diagnóstica de las imágenes médicas. Por ejemplo, se pueden utilizar técnicas para mejorar la resolución y reducir el ruido en la imagen. También se pueden utilizar técnicas para ajustar el brillo y el contraste para mejorar la calidad visual y diagnóstica de la imagen.

El control de calidad del sistema de procesamiento de imágenes se enfoca en verificar que los algoritmos de procesamiento de imágenes se apliquen de manera consistente y correcta. Esto incluye aspectos como la corrección del ruido, la eliminación de artefactos y la mejora de la resolución y el contraste. Las pruebas de constancia en este ámbito ayudan a garantizar que los

algoritmos se mantengan actualizados y se ajusten de acuerdo con los estándares establecidos, lo que se traduce en imágenes digitales de alta calidad y mayor confiabilidad en el diagnóstico.

### ***Temperatura del Sistema de Procesamiento de Películas***

La temperatura del sistema de procesamiento de películas debe mantenerse constante para asegurar la calidad y consistencia de las imágenes digitales. Las variaciones en la temperatura pueden afectar la sensibilidad de los detectores y generar cambios en el contraste y la nitidez de las imágenes. Por lo tanto, es necesario realizar pruebas periódicas para verificar y mantener la temperatura adecuada del sistema de procesamiento de películas.

## Conclusiones

La investigación en pruebas de constancia en radiografía digital es de suma importancia, ya que tiene un impacto directo en el bienestar social al mejorar la precisión del diagnóstico y el tratamiento de enfermedades mediante el uso de imágenes radiográficas digitales de alta calidad. Además, la realización periódica de estas pruebas es esencial para detectar y corregir posibles problemas en el equipo de radiografía digital, lo que optimiza la eficiencia en la toma y procesamiento de imágenes radiográficas digitales.

La capacitación y formación de los técnicos radiólogos desempeña un papel fundamental en la realización adecuada de las pruebas de constancia. Estos profesionales son responsables de garantizar que el equipo de radiografía digital funcione correctamente y de mantener la calidad de las imágenes radiográficas, lo que a su vez mejora la precisión del diagnóstico médico. Asimismo, es crucial revisar y actualizar constantemente las normativas de calidad en radiografía digital, siguiendo los lineamientos establecidos por organismos como el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), para asegurar la calidad de las imágenes radiográficas y la seguridad del paciente.

La investigación y análisis de literatura científica sobre las pruebas de constancia en radiografía digital son herramientas valiosas para profundizar en el conocimiento de esta área y su relación con la calidad de la imagen. Esto contribuye al avance de la tecnología médica y, en última instancia, a mejorar la atención médica en general. Además, la dosis de radiación que recibe el paciente puede ser medida mediante índices de exposición (IE), los cuales están relacionados con los resultados de las pruebas de constancia. Sin embargo, la variabilidad de los valores de IE entre fabricantes representa un desafío para la estandarización de la calidad de las

imágenes radiográficas, y es necesario abordar este aspecto para lograr una mejor comparabilidad y control de la dosis de radiación.

Las pruebas de constancia en radiografía digital son esenciales para garantizar la calidad de las imágenes radiográficas, ya que permiten detectar y corregir posibles problemas en el equipo, asegurar una dosis de radiación adecuada y mantener factores clave como la resolución espacial, el contraste y la relación señal-ruido dentro de los límites aceptables. Esto implica la participación activa de técnicos radiólogos capacitados y la constante actualización de las normativas de calidad. Al avanzar en este campo, se promueve una atención médica más precisa y eficiente, brindando mejores resultados en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades.

### Referencias Bibliográficas

- ACR-AAPM-SIIM-SPR. (2022). ACR (Colegio Americano de Radiología), AAPM (Asociación Americana de Físicos en Medicina), SIIM (Sociedad para la Informática en Imágenes Médicas) y SPR (Sociedad de Radiología Pediátrica). *Guía de Práctica de Radiografía Digital de ACR-AAPM-SIIM* (Resolución 47). <https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/Practice-Parameters/rad-digital.pdf?la=en>
- Alsleem, H., & Davidson, R. (2012). Quality parameters and assessment methods of digital radiography images. *The Radiographer*, 59(2), 46–55. <https://doi.org/10.1002/j.2051-3909.2012.tb00174.x>
- Andriole, K. P., Ruckdeschel, T. G., Flynn, M. J., Hangiandreou, N. J., Jones, A. K., Krupinski, E., Seibert, J. A., Shepard, S. J., Walz-Flannigan, A., Mian, T. A., & Pollack, M. S. (2013). ACR-AAPM-SIIM practice guideline for digital radiography. *Journal of Digital Imaging*, 26(1), 26–37. <https://doi.org/10.1007/s10278-012-9523-1>
- Avilés, C. A. G. (2012). *Relación de los componentes de la geometría de la imagen y las técnicas radiográficas*. Universidad Don Bosco. <http://www.redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/1947/1/4.%20Relacion%20de%20los%20componentes%20de%20la%20geometria%20de%20la%20imagen%20y%20las%20tecnicas%20radiograficas.pdf>
- Baños, M. A. (2003). *Tema 17 control de Calidad en Radiodiagnóstico* [https://webs.um.es/mab/miwiki/lib/exe/fetch.php?media=lectura\\_17.pdf](https://webs.um.es/mab/miwiki/lib/exe/fetch.php?media=lectura_17.pdf)
- Bell, D., & Shetty, A. (2014). X-ray artifacts. En *Radiopaedia.org*. Radiopaedia.org. <https://doi.org/10.53347/rid-27307>

Buscà, J., Vigil, A., & 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)

Colegio Americano de Radiología (ACR), Asociación Americana de Físicos en Medicina

(AAPM), Sociedad de Informática de Imágenes en Medicina (SIIM), & Society for

Pediatric Radiology (SPR). (2022). *Guía de Práctica de Radiografía Digital de ACR-*

*AAPM-SIIM* (Resolución 47). <https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/Practice->

[Parameters/rad-digital.pdf?la=en](https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/Practice-Parameters/rad-digital.pdf?la=en)

Chou, M.-C. (2021). “Evaluation of non-uniform image quality caused by anode heel effect in

digital radiography using mutual information.” (“Evaluation of Non-Uniform Image

Quality Caused by Anode Heel Effect in ...”) *Entropy (Basel, Switzerland)*, 23(5), 525.

<https://doi.org/10.3390/e23050525>

Departamento de salud de Tasmania. (2021). *Recommended Quality Assurance Programme for*

*X-ray Apparatus used in Diagnostic Imaging*. (“Recommended Quality Assurance

Programme for X-ray Apparatus used in ...”)

<https://www.health.tas.gov.au/publications/recommended-quality-assurance-programme->

[x-ray-apparatus](https://www.health.tas.gov.au/publications/recommended-quality-assurance-programme-x-ray-apparatus)

Hena, B., Wei, Z., Castanedo, C. I., & Maldague, X. (2023). Deep learning neural network

performance on NDT digital X-ray radiography images: Analyzing the impact of image

quality parameters—an experimental study. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 23(9), 4324.

<https://doi.org/10.3390/s23094324>

- Huda, W., & Abrahams, R. B. (2015). Radiographic techniques, contrast, and noise in X-ray imaging. *AJR. American Journal of Roentgenology*, 204(2), W126–W131.  
<https://doi.org/10.2214/ajr.14.13116>
- European Commission, Directorate-General for Research and Innovation. (2000). *European guidelines on quality criteria for diagnostic radiographic images*.  
<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d59ccc60-97ed-4ce8-b396-3d2d42b284be> (Original work published 1996)
- ICRP. (2004). *ICRP Publication 93: Managing Patient Dose in Digital Radiology*. Elsevier Health Sciences. <https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%2093>
- International Atomic Energy Agency, OIEA. (2023). Handbook of Basic Quality Control Tests for Diagnostic Radiology, IAEA Human Health Series No. 47, [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB2021\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB2021_web.pdf) (“Handbook of Basic Quality Control Tests for Diagnostic Radiology”)
- International Atomic Energy Agency, OIEA. 2021. *Protocolos de Control de Calidad para Radiodiagnóstico en América Latina y el Caribe* (IAEA-TECDOC-1958). IAEA.  
<https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TE-1958web.pdf>
- Kjelle, E., Chilanga, C. The assessment of image quality and diagnostic value in X-ray images: a survey on radiographers’ reasons for rejecting images. *Insights Imaging* **13**, 36 (2022).  
<https://doi.org/10.1186/s13244-022-01169-9>
- Kocic, Jelena & Popadic, Ilija & Livada, Branko. (2016). Image Quality Parameters: A short review and applicability analysis.  
[https://www.researchgate.net/publication/308995206\\_IMAGE\\_QUALITY\\_PARAMETERS\\_A\\_short\\_review\\_and\\_applicability\\_analysis](https://www.researchgate.net/publication/308995206_IMAGE_QUALITY_PARAMETERS_A_short_review_and_applicability_analysis)



- Raudales Díaz, I. R. (2014). Imágenes Diagnósticas: Conceptos y Generalidades. in *Rev. Fac. Cienc. Méd. Enero -Junio*. <http://www.bvs.hn/RFCM/pdf/2014/pdf/RFCMVol11-1-2014-6.pdf>
- Resolución 0482 de 2018 Ministerio de Salud y Protección Social. (2018). Alcaldiabogota.gov.co. <https://www.minsalud.gov.co/salud/MT/Paginas/radiaciones-ionizantes.aspx>
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., Lucio, P. B., Valencia, S. M., & Torres, C. P. M. (2014). *Metodología de la investigación*. Metodología de la investigación - Sexta Edición (uca.ac.cr)
- Seeram, E. (2019). Digital Radiography: An Overview. In: Digital Radiography. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-3244-9\\_1](https://doi.org/10.1007/978-981-13-3244-9_1)
- Universidad AdventHealth. (2022, enero 27). *6 advances in digital radiography*. AdventHealth University. <https://www.ahu.edu/blog/advances-in-digital-radiography>
- Zakova, M. (2007). Constancy test radiography X-ray devices with CR systems. En *World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2006* (pp. 1502–1503). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-36841-0\\_368](https://doi.org/10.1007/978-3-540-36841-0_368)
- Zapata, I., Mauricio Vergara, M., Alejandro Bernal, T. M., & Óscar Guauque, I. (2014). “El control automático de exposición en radiografía: una experiencia clínica.” (“El control automático de exposición en radiografía: Una Experiencia ...”) *Revista médica. Clínica del Country*, 4(1), 15–18. <https://revistamedicaclcountry.com/app/default/files-module/local/documents/El-control-automtico.pdf>