

**Análisis documental de la competencia técnica del personal de salud y su influencia en
la eficacia operativa de sistemas IoT para el monitoreo de dosis acumulada en
servicios de radiología**

Geraldine López Benavides

Héctor Yesid Castañeda

Jaidier Ramírez

Mónica Pinto

Yeni Catherine Riaño Suarez

Asesor

Edna Rocío Jamaica Guio

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias de la Salud - ECISA

Tecnología en Radiología e Imágenes Diagnósticas

2026

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo a nuestras familias, quienes, con su apoyo incondicional, comprensión y motivación constante han sido el pilar fundamental durante todo el proceso formativo. A ellos, que con su paciencia y esfuerzo nos impulsaron a seguir adelante incluso en los momentos de mayor dificultad.

De igual manera, a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), por brindarnos la oportunidad de fortalecer nuestros conocimientos y competencias profesionales, permitiéndonos crecer tanto a nivel académico como personal.

Agradecimientos

Agradecemos en primer lugar a Dios, por brindarnos la vida, la salud, la sabiduría y la fortaleza necesaria para culminar este proceso formativo, guiando cada uno de nuestros pasos y permitiéndonos superar las dificultades presentadas durante el diplomado.

A nuestros padres, por su amor incondicional, apoyo constante, paciencia y esfuerzo diario, siendo el motor que nos impulsa a seguir adelante y a alcanzar nuestras metas profesionales y personales.

De manera especial, a nuestros tutores, por su orientación, acompañamiento, exigencia académica y por compartir sus conocimientos, los cuales fueron fundamentales en nuestro proceso de aprendizaje.

A todas las personas que de una u otra manera hicieron parte de este proceso, brindando apoyo, motivación y acompañamiento durante el desarrollo del diplomado.

Finalmente, A nosotros mismos, Geraldine López Benavides Héctor Yesid Castañeda Jaidier Ramírez Mónica Pinto Yeni Catherine Riaño Suarez, por el compromiso, la dedicación, la disciplina y el trabajo en equipo que hicieron posible la culminación de este logro académico.

Resumen

La presente investigación analiza la influencia del nivel de conocimiento técnico del personal de salud en la eficacia operativa de los sistemas de Internet de las Cosas (IoT) utilizados para el monitoreo de la dosis acumulada en los servicios de radiología. El estudio se desarrolla mediante una revisión documental con enfoque cualitativo, siguiendo los lineamientos de Hernández et al., (2014), a partir del análisis de literatura. Los hallazgos demuestran que los sistemas IoT ofrecen beneficios significativos para la seguridad del paciente, permitiendo la monitorización continua, la detección temprana de riesgos y la generación automatizada de alertas en tiempo real. Sin embargo, su eficacia operativa no depende únicamente de la arquitectura tecnológica, sino también del nivel de formación del personal encargado de su gestión. La falta de capacitación técnica, la resistencia al cambio tecnológico, las brechas de interoperabilidad entre plataformas y las limitaciones organizacionales afectan la correcta interpretación de los datos, la respuesta oportuna ante alertas y la precisión del monitoreo dosimétrico, incrementando los riesgos clínicos asociados. Se concluye que el fortalecimiento de las competencias técnicas del personal de salud y la implementación de procesos de formación continua son factores críticos para garantizar un uso seguro, eficiente y sostenido de los sistemas IoT en radiología. Asimismo, se destaca la necesidad de promover una cultura de adopción digital que permita optimizar la integración tecnológica y mejorar la protección radiológica del paciente en entornos interconectados.

Palabras Clave: radiología digital, IoT, dosimetría, seguridad del paciente, interoperabilidad.

Abstract

The present research analyzes the influence of healthcare personnel's level of technical knowledge on the operational effectiveness of Internet of Things (IoT) systems used for monitoring accumulated radiation dose in radiology services. The study was developed through a documentary review with a qualitative approach, following the guidelines of Hernández et al., (2014), based on the analysis of existing literature. The findings show that IoT systems offer significant benefits for patient safety by enabling continuous monitoring, early risk detection, and the automated generation of real-time alerts. However, their operational effectiveness does not depend solely on technological architecture; it is also conditioned by the level of training of the personnel responsible for managing these systems. Lack of technical training, resistance to technological change, interoperability gaps between platforms, and organizational limitations negatively affect the proper interpretation of data, timely response to alerts, and the accuracy of dosimetric monitoring, thereby increasing associated clinical risks. It is concluded that strengthening the technical competencies of healthcare personnel and implementing continuous training processes are critical factors to ensure the safe, efficient, and sustainable use of IoT systems in radiology. Likewise, the need to promote a culture of digital adoption is highlighted, as it would enhance technological integration and improve patient radiological protection in interconnected environments.

Keywords: digital radiology, IoT, dosimetry, patient safety, interoperability.

Tabla de Contenido

Introducción.....	10
Planteamiento del Problema	13
Justificación	16
Objetivos.....	19
Objetivo General.....	19
Objetivos Específicos	19
Marco Teórico	20
Fundamentos de IoT y Salud 4.0.....	20
<i>Vigilancia Tecnológica y Evolución del IoT</i>	21
<i>Arquitectura Técnica y Sensores</i>	21
<i>Interoperabilidad y Ciberseguridad</i>	23
IoT en Radiología.....	25
<i>Monitoreo de Dosis y Seguridad del Paciente</i>	25
<i>Gestión de Imágenes y Calidad con IA</i>	27
<i>Automatización de Alertas</i>	28
Factor Humano y Operativo	29
<i>Competencias y Capacitación</i>	30
<i>Fatiga por Alarmas y Uso de la IA</i>	31
<i>Barreras de Implementación</i>	33
Metodología.....	34
Tipo y Diseño de Investigación.....	34

Población y Muestra	34
<i>Criterios de Inclusión</i>	35
<i>Criterios de Exclusión</i>	35
Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información	35
Fases del Desarrollo de la Investigación	35
<i>Fase 1. Planteamiento, Definición y Delimitación del Tema</i>	35
<i>Fase 2. Búsqueda y Selección Sistemática de Literatura</i>	35
<i>Fase 3. Organización, Clasificación y Análisis Documental</i>	36
<i>Fase 4. Síntesis, Discusión, Resultados y Recomendaciones</i>	36
Análisis de Resultados.....	37
Caracterización de los Sistemas IoT: Arquitectura, Funciones y Capacidades	
Dosimétricas	37
Impacto de la IA y Automatización en las Alertas Dosimétricas.....	37
Brechas de Competencia Técnica y su Impacto en la Eficacia Operativa.....	38
Desafíos Tecnológicos, Humanos y Organizacionales.....	38
Conclusiones.....	50
Recomendaciones	53
Referencias Bibliográficas.....	56

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Impacto del Conocimiento del Personal en los Sistemas IoT</i>	39
Tabla 2 <i>Análisis de IoT en Radiología</i>	41
Tabla 3 <i>Análisis de Resultados según los Objetivos Específicos</i>	43
Tabla 4 <i>Barreras, Impacto Operativo y Estrategias de Mejora para la Implementación del IoT</i>	46
Tabla 5 <i>Impacto de la Formación del Personal en la Eficacia Operativa de Tecnologías IoT</i>	48

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Árbol del Problema</i>	13
Figura 2 <i>Arquitectura IoT por Capas</i>	23

Introducción

El Internet de las Cosas (IoT) en radiología ha cambiado los procesos de vigilancia dosimétrica por la automatización del monitoreo, el registro continuo de la dosis acumulada y la generación de alertas tempranas. Estos sistemas, caracterizados por su arquitectura distribuida, sensores inteligentes y conectividad en tiempo real, permiten mejorar la trazabilidad de la exposición del paciente y optimizar la toma de decisiones clínicas (Ahmad et al., 2021). Esta transición ha impulsado un modelo de supervisión permanente del comportamiento de los equipos radiológicos, fortaleciendo la seguridad y el control de la dosis administrada.

Sin embargo, la eficacia operativa de estas tecnologías depende directamente del nivel de competencia técnica del personal encargado de su uso, según Ahmad et al. (2021) la brecha entre el diseño tecnológico y las habilidades humanas es un factor crítico. Al comprender cómo las competencias técnicas del personal de salud influyen en el funcionamiento operativo del IoT se pueden identificar vacíos de capacitación, desafíos de interoperabilidad y limitaciones organizacionales que afectan la seguridad radiológica.

Además, los sensores, plataformas interconectadas y algoritmos de análisis generan beneficios cuando el profesional entiende a la perfección los datos dosimétricos, pudiendo configurar los parámetros y responder oportunamente a las alarmas generadas por IoT (Arefin et al., 2024). Asimismo, la integración de sistemas IoT en radiología ha cambiado el monitoreo dosimétrico con el registro continuo, automatizado y en tiempo real de la dosis acumulada de los pacientes y el personal. Sin embargo, esta transformación depende del conocimiento para configurar, interpretar y responder adecuadamente a los datos generados por sensores, plataformas analíticas y sistemas de alerta.

La literatura evidencia que los sistemas IoT tiene ventajas relevantes para la seguridad del paciente, su adopción enfrenta barreras con brechas de conocimiento, resistencia al cambio, dificultades de interoperabilidad y fallas en los procesos de formación continua (Javaid et al., 2022). En radiología, donde la exposición acumulada a la radiación ionizante tiene implicaciones clínicas críticas, estas limitaciones pueden comprometer la detección oportuna de desviaciones dosimétricas y aumentar el riesgo de eventos adversos (Arango & García, 2022).

De igual forma, la evidencia demuestra que la resistencia al cambio y la baja alfabetización digital pueden retrasar la adopción de tecnologías emergentes en salud (Aredes, 2024), lo que hace necesario analizar su impacto dentro del contexto específico de los servicios de radiología. Por ello, esta investigación examina la relación entre el nivel de conocimiento técnico del personal y la capacidad de los sistemas IoT para generar alertas precisas, registrar dosis correctas y mejorar la trazabilidad de la radiación ionizante, aportando lineamientos para fortalecer la implementación de soluciones IoT en entornos clínicos.

También, la integración de IA en los sistemas IoT optimiza la gestión de alertas con el filtrado de notificaciones irrelevantes, reduciendo la fatiga por alarmas (Fernandes et al., 2019). No obstante, esta automatización es efectiva si el personal tiene la capacidad de configurar adecuadamente los parámetros del sistema, lo que evidencia una dependencia directa entre tecnología y factor humano. En este sentido, surge la necesidad de analizar cómo el nivel de conocimiento técnico influye en la eficacia operativa de estos sistemas, considerando también las barreras tecnológicas, organizacionales y culturales que afectan su implementación.

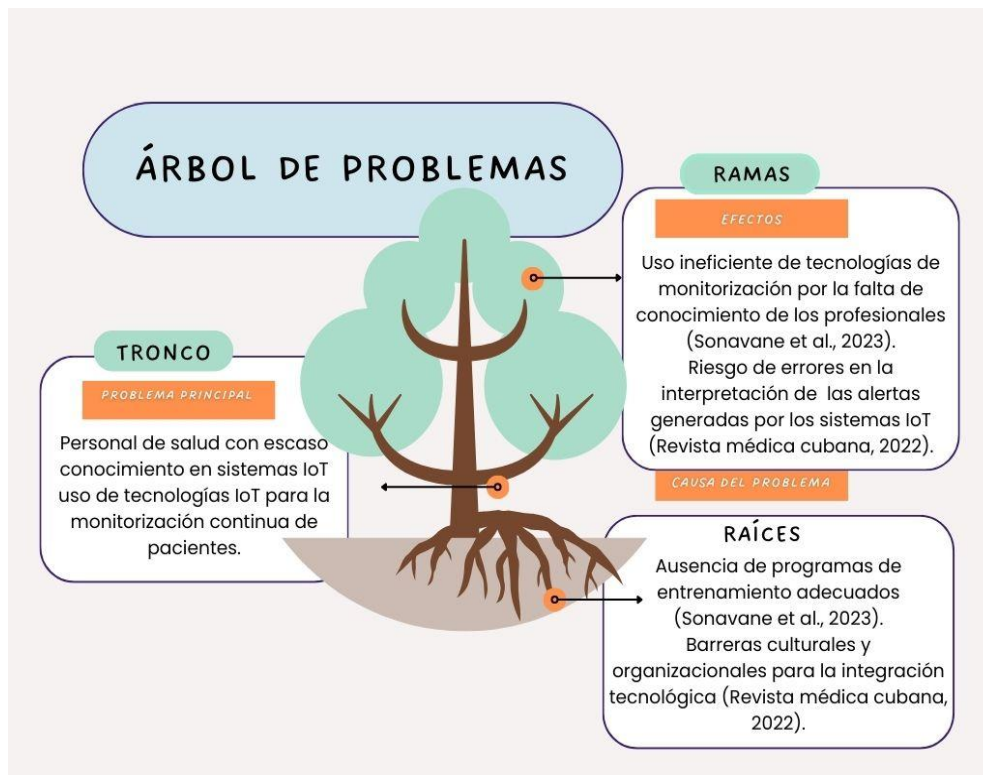
Frente a estos desafíos, surge la necesidad de analizar cómo el nivel de conocimiento técnico del personal influye en la operación efectiva del IoT aplicado al monitoreo de dosis acumulada. La tecnología, por sí sola, no garantiza una mejora en los procesos clínicos si no existe un talento humano capacitado para su uso seguro y contextualizado (Martínez et al., 2025). Por ello, esta investigación examina la relación entre las competencias técnicas del personal, la capacidad de los sistemas IoT para generar alertas precisas y la mejora en la trazabilidad de la radiación ionizante. Asimismo, se abordan los desafíos organizacionales, tecnológicos y culturales que condicionan su adopción en entornos clínicos.

En síntesis, el propósito de este estudio es comprender cómo las competencias técnicas del talento humano influyen en la eficacia operativa del IoT en radiología, con el fin de identificar vacíos de capacitación y proponer lineamientos que fortalezcan la implementación de estas tecnologías en el marco de la Salud 4.0.

Planteamiento del Problema

Figura 1

Árbol del Problema



Nota. Autoría propia

La incorporación de la Industria 4.0 y del Internet de las Cosas Médicas (IoMT) en el sector salud ha permitido el desarrollo de sistemas inteligentes para la monitorización de signos vitales, la gestión de dispositivos médicos y el control de la dosis acumulada de radiación en servicios de radiología, fortaleciendo la seguridad del paciente y la toma de decisiones clínicas basadas en datos en tiempo real (Sonavane et al., 2023; Martínez et al., 2025).

En las salas de radiología, estos avances permiten el seguimiento automatizado de la dosis acumulada de radiación, la generación de alertas tempranas y la optimización de los procesos diagnósticos. No obstante, la efectividad de estos sistemas depende en gran

medida del nivel de competencias técnicas del personal que los opera. Diversos estudios señalan que la rápida adopción tecnológica ha generado en muchos profesionales una sensación de sobrecarga, insuficiente capacitación y desconfianza hacia las herramientas digitales, sumado a barreras culturales y organizacionales que dificultan su integración en la práctica diaria (Barreto & Sandoval, 2024).

Además, muchos profesionales de radiología pueden sentirse agobiados por la incorporación de nuevas herramientas digitales, con resistencia al cambio o apatía para la adquirir la formación suficiente para interpretar correctamente las alertas generadas por sistemas IoT (Arango & García, 2022), lo que causa una subutilización de tecnologías, errores en la interpretación y decisiones clínicas equivocadas, donde se compromete la seguridad del paciente, de esta forma, se evidencia un vacío en su integración real y eficiente en el trabajo diario de las salas de radiología.

Sin embargo, la implementación de estas tecnologías ha incrementado las alertas y notificaciones, generando fenómenos como la fatiga por alarmas y la sobrecarga sensorial, lo que puede disminuir la capacidad del personal para interpretar la información y responde de forma correcta (Fernandes et al., 2019).

Al mismo tiempo, la implementación de dispositivos portátiles y sistemas interconectados no garantiza por sí sola una mejora en la seguridad clínica (Becerra, 2019; Gupta et al., 2020). La falta de formación adecuada y la resistencia al cambio del personal puede generar vacíos en la integración práctica de estas tecnologías en el flujo de trabajo cotidiano de las salas de radiología, limitando su potencial para optimizar procesos y reducir riesgos clínicos.

En el contexto radiológico, la industria 4.0 ha transformado digitalmente el ámbito de la salud, con el uso del Internet de las Cosas (IoT), la IA y los sistemas interconectados

para la monitorización en tiempo real, el análisis automatizado de datos y la mejora en la seguridad del paciente (Javaid et al., 2022). Estas innovaciones tecnológicas permiten el control en la calidad de las imágenes, la detección de artefactos y el seguimiento de las dosis acumuladas de radiación, optimizando la precisión diagnóstica y reduciendo riesgos clínicos (Narváez et al., 2024).

Con esta investigación surge la pregunta problema: ¿Cuál es el impacto del nivel de conocimiento técnico del personal de salud en la eficacia operativa de los sistemas IoT destinados al monitoreo de dosis acumulada en servicios de radiología?

Justificación

El análisis del déficit de competencias técnicas y de barreras organizacionales en la adopción de sistemas IoT en radiología es crucial para garantizar que la transformación digital ciertamente favorezca a la seguridad del paciente. Si bien la integración de dispositivos inteligentes y sistemas interconectados son una oportunidad estratégica para fortalecer el control de riesgos clínicos y optimizar la gestión hospitalaria, su potencial se ve restringido cuando el personal no tiene la suficiente formación o enfrenta resistencia al cambio tecnológico (Martínez et al., 2025).

La vigilancia tecnológica del IoT en salud refleja que los retos son técnicos, humanos y organizacionales, lo que exige estrategias de capacitación continua y adaptación cultural en las instituciones (Barreto & Sandoval, 2024). De esta forma, esta investigación permitirá identificar brechas formativas, proponer lineamientos para una implementación segura y mejorar la integración del IoT en el entorno radiológico, contribuyendo a una atención más eficiente, segura y centrada en el paciente.

Analizar el impacto del nivel de competencias técnicas del personal de salud en el uso de los sistemas IoT es primordial para garantizar que la transformación digital en salud cumpla con su finalidad de mejorar la seguridad del paciente. Sonavane et al., (2023) destacan que el IoMT brinda beneficios significativos en automatización, monitoreo continuo y optimización de procesos clínicos, pero también presenta desafíos en capacitación, interoperabilidad y gestión organizacional.

De esta forma, si el personal no tiene las habilidades necesarias para interpretar correctamente la información generada por estos sistemas, se puede desperdiciar su potencial o incluso generar nuevos errores clínicos. En radiología, el uso de dispositivos conectados, tecnologías móviles y procesos automatizados facilita el trabajo y el control de

la información, siempre que el personal esté capacitado para interpretar alertas y datos, y tomar decisiones informadas (Gupta et al., 2020) y si a esto se le suma la fatiga causada por las alarmas, se puede reducir más la atención y se aumenta el riesgo de errores clínicos (Fernandes et al., 2019).

Analizar el nivel de conocimiento del personal de radiología es importante para garantizar que el cambio digital cumpla con mejorar la seguridad de los pacientes. Aunque el IoT e IA tienen herramientas avanzadas para la supervisión continua, el control de calidad y la optimización de procesos clínicos (Javaid et al., 2022), su efectividad depende de la capacidad del personal para usarlas de forma correcta. Cuando el personal no recibe la capacitación adecuada y existe resistencia al cambio, es más difícil que adopten nuevas tecnologías. Esto puede generar desconfianza en los sistemas, un uso incorrecto de las herramientas y más posibilidades de cometer errores en el trabajo (Narváz et al., 2024).

Además, el uso de sensores, dispositivos portátiles y sistemas interconectados tiene el potencial de fortalecer la vigilancia clínica y optimizar la toma de decisiones (Becerra, 2019), pero su efectividad está ligada a la capacidad del personal para usar, comprender, interpretar y gestionar la información generada. La falta de formación adecuada y las barreras culturales pueden limitar la adopción tecnológica, provocando errores operativos y reduciendo los beneficios (Bonato, 2010).

Asimismo, es fundamental considerar que la efectividad del IoT en radiología depende de la tecnología usada y de la interacción diaria del personal con los sistemas, es así, que la literatura destaca que la adopción exitosa de dispositivos inteligentes y plataformas interconectadas requiere de habilidades técnicas y de competencias en gestión de datos, interpretación de alertas y toma de decisiones clínicas basadas en información digital (León et al., 2025). La falta de familiaridad con estas tecnologías puede traducirse

en subutilización de los sistemas, errores en la monitorización y pérdida de oportunidades para mejorar la seguridad del paciente. Por ello, evaluar y fortalecer las competencias del personal es crucial para maximizar los beneficios del IoMT y garantizar que la digitalización en radiología realmente contribuya a una atención más segura, eficiente y centrada en el paciente (Farahani et al., 2017)

En consecuencia, esta investigación es relevante pues identificará las brechas de conocimiento y organizacionales, para proponer estrategias de capacitación y mejora en los procesos, con el fin de lograr una implementación más segura y centrada en el paciente.

Objetivos

Objetivo General

Analizar la influencia del nivel de conocimiento técnico del personal de salud en la eficacia operativa de los sistemas IoT utilizados para el monitoreo y seguimiento de la dosis acumulada en los servicios de radiología.

Objetivos Específicos

Describir las características, funciones y tipos de sistemas IoT aplicados al control, monitoreo continuo y automatización de alertas dosimétricas en entornos radiológicos.

Identificar los desafíos tecnológicos, humanos y organizacionales que afectan la implementación, interoperabilidad y funcionamiento eficaz de los sistemas IoT en radiología.

Proponer lineamientos y recomendaciones basados en la literatura científica para fortalecer las competencias técnicas del personal y mejorar la adopción segura, eficiente y sostenible de los sistemas IoT en los servicios de radiología.

Marco Teórico

Fundamentos de IoT y Salud 4.0

El Internet de las Cosas (IoT) es la interacción de dispositivos físicos que recopilan, transmiten y procesan datos en tiempo real a través de redes digitales con sensores biomédicos, sistemas hospitalarios interoperables y plataformas de análisis de datos. El IoT en salud ha innovado con aplicaciones como monitoreo remoto, gestión hospitalaria y trazabilidad de dispositivos médicos, lo que requiere de competencias técnicas específicas para su implementación y mantenimiento (Javaid et al., 2022). Aunque el IoT aporta eficiencia y calidad asistencial, tiene barreras como la falta de capacitación del personal y la resistencia al cambio tecnológico.

Asimismo, Arango & García (2022) señala que esta tecnología está transformando el entorno hospitalario mediante la monitorización continua de parámetros clínicos, la automatización de procesos y la mejora en la toma de decisiones.

De igual manera, Barreto & Sandoval (2024) destacan que la evolución del IoT en salud requiere una infraestructura tecnológica robusta y el desarrollo de competencias técnicas que garanticen su adecuada implementación, mantenimiento y gestión operativa.

Así mismo, Sonavane et al., (2023) indican que el IoT médico contribuye a optimizar la eficiencia clínica; sin embargo, también enfrenta desafíos como la interoperabilidad limitada entre sistemas, riesgos de ciberseguridad y brechas en el conocimiento técnico del personal sanitario. En este contexto, los sistemas de salud basados en IoT integran sensores biomédicos, dispositivos médicos conectados, plataformas de análisis de datos e infraestructura en la nube para permitir la monitorización continua y la automatización de procesos clínicos. Alsabah et al., (2025) señalan que estas tecnologías, apoyadas en arquitecturas de edge computing, inteligencia artificial y protocolos de

interoperabilidad, permiten mejorar la eficiencia, seguridad técnica y capacidad operativa de los servicios de salud.

No obstante, a pesar de los beneficios que ofrecen estas soluciones tecnológicas, su implementación presenta limitaciones importantes, como la falta de estandarización entre plataformas, las dificultades de interoperabilidad entre dispositivos de distintos fabricantes y la insuficiente capacitación del personal sanitario en el uso de estas herramientas digitales (Javaid et al., 2025).

Vigilancia Tecnológica y Evolución del IoT

La transformación digital del sector salud en su adopción del Internet de las Cosas (IoT), ha integrado dispositivos conectados, sensores inteligentes y plataformas de análisis de datos en entornos clínicos.

Barreto & Sandoval, (2024) analizan las tendencias y evolución del IoT en la salud, con aplicaciones para el monitoreo remoto, trazabilidad de dispositivos médicos y automatización hospitalaria. Los autores subrayan que la correcta implementación de estas tecnologías exige capacitación técnica continua del personal sanitario, dado que la infraestructura por sí sola no garantiza eficiencia operativa.

Arquitectura Técnica y Sensores

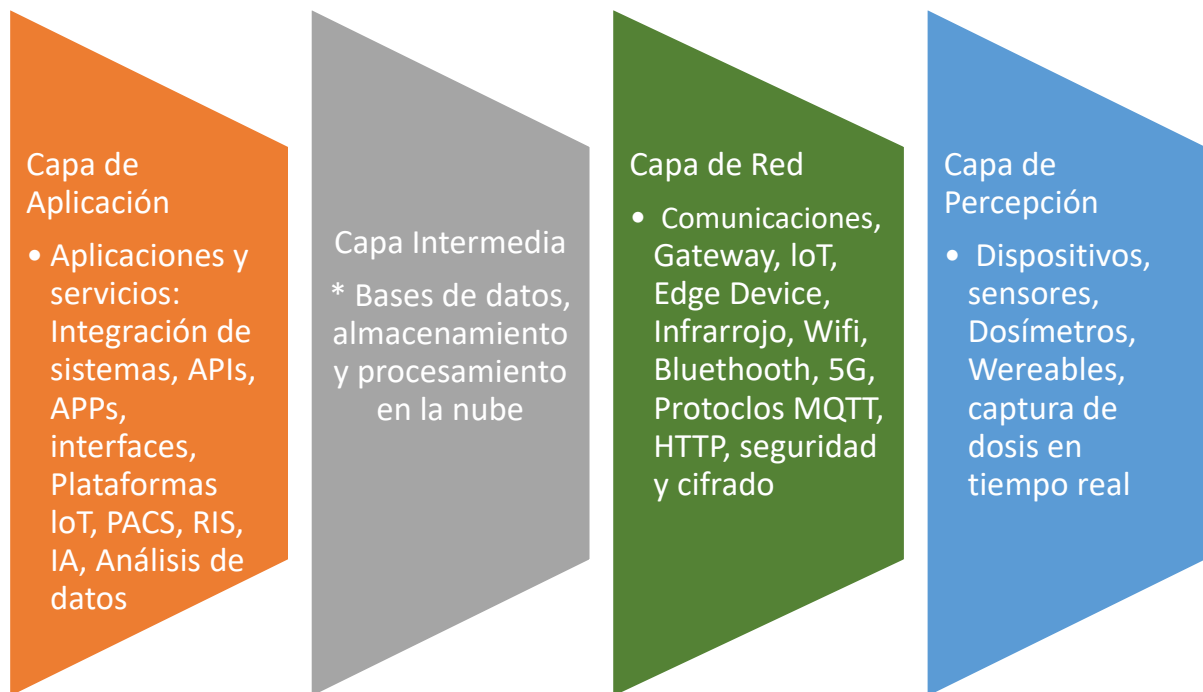
Entre las tecnologías más utilizadas se destacan los sensores biomédicos y dispositivos vestibles, que capturan parámetros fisiológicos como ritmo cardíaco, presión arterial o niveles de glucosa mediante sensores ópticos, eléctricos o químicos, transmitiendo a plataformas centralizadas que generan alertas automáticas (León et al., 2025).

Asimismo, los sistemas de monitoreo integran equipos como monitores de signos vitales y bombas de infusión, permitiendo la supervisión remota de pacientes y la detección temprana de riesgos mediante algoritmos de inteligencia artificial (Martínez et al., 2025).

De igual forma, las plataformas de análisis de datos y gestión hospitalaria integran la información de los equipos médicos, generando alertas y facilitando la toma de decisiones (Narváez et al., 2024).

En radiología, los dispositivos y sistemas conectados del IoMT miden la dosis acumulada de radiación por sensores integrados en los equipos de imagen de tomografía y resonancia magnética, dispositivos móviles, portátiles y wearables conectados, para medir la dosis de radiación acumulada en tiempo real (Gupta et al., 2020). Esos dispositivos capturan datos fisiológicos y de dosis, transmitiéndolos a plataformas IoT que analizan los valores y generando alertas cuando se superan los límites, mejorando la protección del paciente (Bonato, 2010).

Los sistemas basados en IoT en el sector salud se estructuran en una arquitectura de múltiples capas que permite la captura, transmisión y procesamiento de datos clínicos en tiempo real. Esta arquitectura se compone de 3 niveles: la capa de percepción, encargada de la recopilación de datos mediante sensores y dispositivos biomédicos; la capa de red, responsable de la transmisión de la información a través de gateways y protocolos de comunicación; y la capa de aplicación, donde se procesan los datos y se generan alertas o análisis clínicos para apoyar la toma de decisiones (Alsabah et al., 2025).

Figura 2*Arquitectura IoT por Capas*

Nota. Autoría propia

Interoperabilidad y Ciberseguridad

La interconexión de dispositivos por redes inalámbricas y protocolos de interoperabilidad garantiza la transmisión segura de datos clínicos y la integración de información entre distintos sistemas hospitalarios, con datos continuo para la toma de decisiones, automatización de procesos y mejoras en la eficiencia operativa del servicio (Alsabah et al., 2025).

La interconexión de dispositivos médicos aumenta los riesgos de ciberataques y vulnerabilidades de datos. Thottempudi et al., (2025) subrayan que la resiliencia digital en salud requiere protocolos de seguridad, cifrado de información y formación constante del personal en buenas prácticas tecnológicas. Solano et al., (2025) coinciden en que la capacitación continua mejora la adopción tecnológica y reduce errores operativos.

Asimismo, Sonavane et al., (2023) identifican problemas abiertos en la integración de plataformas IoMT, como incompatibilidad de protocolos, deficiencias en estandarización y falta de formación técnica del personal. También, Gupta et al., (2020) analizan la integración de dispositivos móviles e IoT en radiología, reafirmando que la capacitación del personal si influye en la eficiencia diagnóstica, la correcta transmisión de datos y la seguridad radiológica.

La seguridad en el IoT es un componente crítico, sobre todo en entornos hospitalarios donde se manejan datos sensibles y registros de exposición radiológica. El uso eficiente de estas herramientas tecnológicas debe tener canales robustos de seguridad para evitar ciberataques que afecten la seguridad del paciente y la gestión operativa de los sistemas.

Además, Suo et al., (2012) estudian las vulnerabilidades en sistemas IoT, con amenazas como accesos no autorizados, manipulación de datos y fallos en autenticación. La mitigación de estos riesgos consiste en soluciones tecnológicas y formación técnica del personal para identificar incidentes, aplicar protocolos de seguridad y garantizar la continuidad operativa del sistema.

Igualmente, Becerra (2019) refiere cómo los sistemas interconectados supervisan las variables críticas del paciente en tiempo real, optimizando la toma de decisiones y reduciendo eventos adversos. En radiología, estos sistemas facilitan el registro automatizado de exposiciones y el control de dosis acumulada. La interoperabilidad entre dispositivos médicos y plataformas digitales fortalece la seguridad del paciente mediante alertas automatizadas y monitoreo continuo, especialmente en servicios donde el control de exposición radiológica es determinante Martínez et al., (2025). Asimismo, Bonato, (2010) revisa el uso de sensores wearables y sistemas biomédicos para la supervisión constante de

variables fisiológicas, sentando las bases conceptuales para el desarrollo de plataformas IoT en salud.

Según Gupta et al., (2020) la integración de dispositivos móviles y IoT en radiología, tiene beneficios como mayor eficiencia diagnóstica, conectividad optimizada y transmisión segura de datos. No obstante, se identifican desafíos operativos como la necesidad de competencias técnicas del personal para interpretar datos y gestionar sistemas interconectados.

IoT en Radiología

La aplicación de IoT en radiología permite el monitoreo continuo de dosis de radiación, la gestión de imágenes con soporte de inteligencia artificial (IA) y la automatización de alertas en tiempo real.

Monitoreo de Dosis y Seguridad del Paciente

El uso de dispositivos conectados permite la recopilación automática de datos de exposición a radiación ionizante. Gupta et al., (2020) consideran cómo la integración de dispositivos móviles, sistemas PACS y plataformas IoT registran, almacenan y transmiten información sobre dosis acumulada, mejorando la trazabilidad y el control clínico.

El monitoreo a través de sensores portátiles y sistemas biomédicos conectados es la base tecnológica del control de dosis acumulada. Bonato (2010) describe cómo los sensores wearables capturan datos en tiempo real, facilitando la vigilancia permanente del paciente para reducir los riesgos asociados a exposiciones, generando alertas automáticas cuando se superan umbrales predefinidos, fortaleciendo la seguridad clínica. Este monitoreo continuo es una de las bases del IoT en salud. Según León et al., (2025), los sistemas conectados permiten el seguimiento constante de variables fisiológicas, generando alertas automatizadas ante desviaciones críticas.

La seguridad del paciente se robustece con la monitorización continua y la automatización de procesos clínicos. Becerra (2019) expone que los sistemas IoT permiten supervisar variables clínicas en tiempo real, optimizando la toma de decisiones y reduciendo los errores. Asimismo, Martínez et al., (2025) justifican que la interoperabilidad entre dispositivos conectados mejora la detección temprana de riesgos y el manejo de dosis acumulada en radiología.

Asimismo, la interoperabilidad entre sistemas RIS, PACS y dispositivos móviles permite un seguimiento integral del historial de exposición y facilita decisiones clínicas basadas en evidencia (Martínez et al., 2025).

La implementación de sistemas IoT para la medición de radiación requiere procesos rigurosos de diseño, ensamblaje y validación técnica importante en los servicios de diagnóstico por imagen y control radiológico.

Baena et al., (2025) evidencian el desarrollo de un sistema IoT para medir radiación gamma y UV, donde la correcta calibración y operación dependen del conocimiento especializado del personal responsable. De igual manera, Becerra (2019) resalta que el IoT aplicado al cuidado de la salud permite mejorar la vigilancia clínica y la gestión hospitalaria, pero su efectividad depende de la correcta integración de los dispositivos médicos con las plataformas digitales y de la preparación tecnológica del talento humano.

Según Bonato (2010), los sensores inteligentes y los sistemas portátiles de monitoreo son elementos clave para recopilar información fisiológica y ambiental en tiempo real, facilitando el desarrollo de plataformas de vigilancia clínica más eficientes. En el ámbito hospitalario, estos sensores pueden integrarse con redes IoT para transmitir información a sistemas centralizados de análisis y control.

Gestión de Imágenes y Calidad con IA

La incorporación de la IA en radiología fortalece la precisión diagnóstica y la detección temprana de artefactos. Narváez et al., (2024) indican que los sistemas inteligentes mejoran la calidad de imágenes radiológicas, optimizando la toma de decisiones clínicas, además se fortalece el monitoreo de dosis acumuladas y, por ende, la seguridad del paciente.

Asimismo, la integración de IA con sistemas digitales y tecnologías IoT permite desarrollar plataformas de análisis que combinan información proveniente de equipos radiológicos, sensores y sistemas hospitalarios interconectados. Según Gupta et al., (2020), la afinidad entre radiología digital, dispositivos móviles y sistemas IoT permite mejorar la gestión de los datos radiológicos y facilitar el acceso a la información diagnóstica por parte de los profesionales de salud.

La IA permite optimizar parámetros de adquisición de imágenes y reducir artefactos diagnósticos. Higuera et al., (2025) analizan el uso de IA en tomografía computarizada, destacando mejoras en la calidad de la imagen y la reducción de exposición innecesaria a radiación. Según Alsbah et al., (2025), la arquitectura tecnológica debe garantizar precisión, interoperabilidad y protección de datos, lo que implica un rol activo del talento humano en la supervisión del sistema.

Asimismo, el IoT facilita la interconexión de equipos médicos, sensores y plataformas digitales que permiten el monitoreo continuo de pacientes y la generación de alertas en tiempo real, mejorando la capacidad de respuesta de los servicios hospitalarios (Javaid et al., 2025).

También, Solano et al., (2025), la aplicación de IoT en el sector salud contribuye a optimizar la gestión hospitalaria, la trazabilidad de dispositivos médicos y el análisis de

datos clínicos, lo que favorece la toma de decisiones basadas en evidencia. En el ámbito de la radiología, esta integración tecnológica puede facilitar el seguimiento de la dosis de radiación, la interoperabilidad entre sistemas RIS y PACS, y la automatización de procesos diagnósticos.

Automatización de Alertas

Los sistemas IoT e IA permiten filtrar alertas irrelevantes y priorizar notificaciones críticas, reduciendo la fatiga por alarmas y mejorando la respuesta clínica (Fernandes et al., 2019). Asimismo, Morales et al., (2026) demuestran que la automatización de alertas en tiempo real mejora la respuesta clínica y reduce eventos adversos, siempre y cuando el personal tenga la capacidad técnica para interpretar de forma correcta las notificaciones y actuar de forma oportuna, siendo un eje crucial en la mejora de la seguridad del paciente.

Asimismo, Solano et al., (2025) refieren cómo los sistemas IoT permiten la captura constante de datos clínicos y la generación automática de alertas ante desviaciones críticas, fortaleciendo la toma de decisiones en tiempo real. De igual forma, Won & Jafar, (2016) consideran que los sistemas móviles de monitoreo en tiempo real centrados en el paciente, tienen eficacia del sistema por la correcta configuración, interpretación de datos y respuesta oportuna por parte del personal de salud.

También, Cera et al., (2015) muestran que la integración entre IoT e IA potencia la capacidad predictiva y la automatización de alertas clínicas. Sin embargo, el conocimiento técnico del personal es preciso para la adecuada implementación y sostenibilidad de estos sistemas, especialmente en las salas de radiología, donde se monitorean variables críticas como la dosis acumulada.

La automatización de procesos clínicos con tecnologías IoT e IA, ha mejorado la monitorización de los pacientes y la gestión de alertas tempranas. Fernandes et al., (2019)

desarrollaron algoritmos de IA para reducir la fatiga por alarmas en entornos hospitalarios, mejorando la priorización de notificaciones relevantes. Estos hallazgos destacan la importancia de que el personal de salud tenga competencias técnicas para configurar bien los sistemas y evitar errores derivados de una sobrecarga de alertas, como en las dosis acumuladas.

Además, en radiología es relevante para el control de dosis acumuladas de radiación, la supervisión de los equipos de diagnóstico por imagen y la detección de posibles fallos técnicos (Gupta, 2020). Es decir, que el uso eficiente de tecnología requiere que el personal que tenga competencias técnicas y conocimientos sobre el funcionamiento de los sistemas digitales, lo que permite evitar configuraciones inadecuadas que puedan generar alarmas innecesarias o ignorar eventos clínicos relevantes.

En radiología, la correcta configuración y gestión de alertas depende del conocimiento técnico del personal sobre los parámetros de seguridad y los protocolos de actuación. Fernandes et al., (2019) plantean el uso de algoritmos de IA para priorizar alertas y minimizar falsas alarmas. Asimismo, Martínez et al., (2025) señalan que los sistemas interconectados tienen una visión completa del historial de exposición del paciente, facilitando decisiones basadas en evidencia y reduciendo riesgos acumulativos.

Factor Humano y Operativo

El nivel de conocimiento técnico del personal de salud es determinante para la eficacia operativa y la seguridad en la implementación de IoT en radiología y otros servicios clínicos, sino también la seguridad y la confiabilidad de los procesos que involucran la captura, transmisión y almacenamiento de datos médicos sensibles (Ahmad et al., 2021).

La buena comprensión de los dispositivos, sensores, plataformas y protocolos usados en el IoMT, permite al personal anticipar posibles fallas operativas y minimizar riesgos asociados a errores humanos, como la mala calibración de equipos o el manejo inadecuado de alertas de radiación (Arefin et al., 2024)

Competencias y Capacitación

El nivel de conocimiento técnico del personal de salud es importante para la eficacia operativa de los sistemas IoT. Gupta et al., (2020) subrayan la importancia de la capacitación continua para garantizar el correcto uso y mantenimiento de los dispositivos conectados.

De igual forma, Javaid et al., (2022) identifican que la falta de formación puede generar errores en la interpretación de datos, subutilización de sistemas y vulnerabilidades en la seguridad de la información. También, Becerra (2019) coinciden en que la competencia técnica del personal es un factor crítico para maximizar los beneficios del IoT y reducir riesgos asociados a la radiación.

Entonces, el nivel de conocimiento técnico es un factor determinante en la seguridad del paciente. Canto et al., (2025) prueban que el personal con más formación en protección radiológica tiene mejor control de exposición y reducción de riesgos. A su vez, Barreto & Sandoval (2024) refieren que la falta de capacitación limita el aprovechamiento de las tecnologías emergentes, al mismo tiempo, que la formación continua mejora la capacidad de respuesta ante alertas automáticas y optimiza el uso de sistemas interconectados.

Asimismo, Cera et al., (2015) sustentan que el éxito de los sistemas interconectados radica en la infraestructura tecnológica y en el conocimiento del personal. La falta de

capacitación puede generar errores en la configuración de los dispositivos, uso inadecuado de las plataformas o exposición involuntaria de información clínica sensible.

En consecuencia, el fortalecimiento de la ciberseguridad, la resiliencia digital y la capacitación del personal son un factor clave para la implementación real y efectiva de IoT en salud y en radiología, permiten garantizar la integridad de los datos radiológicos, la confiabilidad de los sistemas de monitorización de dosis y la correcta operación de plataformas digitales utilizadas para el análisis y almacenamiento de imágenes médicas

La protección radiológica constituye un pilar fundamental en los servicios de diagnóstico por imágenes, Canto et al., (2025) evaluaron el nivel de conocimientos en protección radiológica con la escala SP-HPKRP, demostrando que el dominio conceptual y técnico del personal si impacta en la reducción a la exposición a radiación ionizante.

El Internet de las Cosas Médicas (IoMT) integra sensores biomédicos, dispositivos inteligentes, plataformas en la nube y sistemas de análisis de datos para el monitoreo continuo en entornos clínicos. Arefin et al., (2024) refieren que las tecnologías del IoMT, incluyendo sensores avanzados, dispositivos vestibles, redes de comunicación seguras y plataformas de gestión de datos clínicos y que la eficacia del sistema no depende solo de la infraestructura tecnológica, sino del uso adecuado por parte de personal capacitado. La implementación segura del IoT en salud requiere competencias técnicas en configuración de dispositivos, mantenimiento preventivo y gestión de datos clínicos (Azzawi et al., 2016).

Fatiga por Alarmas y Uso de la IA

La sobrecarga de alertas es un desafío operativo que puede afectar la toma de decisiones. La integración de IA permite filtrar y priorizar notificaciones críticas, mejorando la eficiencia y reduciendo errores derivados de la fatiga por alarmas (Fernandes et al., 2019). En radiología los sensores de dosis acumulada, monitores de signos vitales y

sistemas de imágenes interconectados pueden generar alertas simultáneas ante variaciones mínimas, aumentando el riesgo de que las notificaciones relevantes pasen inadvertidas (Muhammad et al., 2021).

La IA aplicada a la gestión de alertas permite mitigarlo con algoritmos de filtrado y priorización. Estos sistemas analizan patrones históricos, relevancia clínica y parámetros de seguridad predefinidos para distinguir entre alertas críticas y secundarias. Así, solo a las notificaciones que demandan intervención inmediata se presentan al personal y a las menos urgentes se agrupan o posponen para revisión posterior (Solano et al., 2025).

También, la integración de IA permite generar alertas predictivas, anticipando posibles eventos adversos antes de que ocurran (Cánovas et al., 2025). En radiología, sería en el control de dosis de radiación, donde la IA puede identificar tendencias de acumulación que superen límites seguros y notificar al operador antes de que la dosis exceda los umbrales, reduciendo riesgos para el paciente.

El resultado de esta gestión inteligente de alertas es una mayor eficiencia operativa, reducción de errores clínicos y disminución del estrés y la fatiga del personal sanitario. Al priorizar la información relevante y filtrar notificaciones innecesarias, se optimiza la respuesta, logrando que los profesionales enfoquen su atención en las decisiones más críticas sin perder tiempo en señales reiteradas (Solano et al., 2025).

Entonces, la efectividad de estas soluciones depende del conocimiento técnico del personal: la IA puede filtrar alertas, pero los profesionales deben interpretar correctamente la información y tomar decisiones oportunas. La capacitación en el manejo de sistemas inteligentes y en protocolos de acción ante alertas críticas es, por tanto, un componente esencial para maximizar los beneficios de la automatización y minimizar riesgos asociados a la fatiga por alarmas (Canto et al., 2025).

Barreras de Implementación

Las limitaciones técnicas incluyen interoperabilidad parcial entre dispositivos de distintos fabricantes, falta de estandarización de plataformas y deficiencias en infraestructura tecnológica. A nivel humano, la resistencia al cambio y la baja alfabetización digital representan obstáculos importantes para la adopción eficiente de sistemas IoT (Javaid et al., 2022).

La combinación de infraestructura tecnológica robusta, capacitación continua y adaptación organizacional es clave para maximizar los beneficios del IoT en salud y garantizar seguridad operativa y clínica (Bonato, 2010).

La implementación del IoT enfrenta desafíos estructurales y humanos. Javaid et al., (2022) identifican barreras como limitaciones en infraestructura, riesgos de seguridad informática y la falta de capacitación tecnológica del personal. La resistencia al cambio y la baja alfabetización digital pueden disminuir la eficacia operativa de los sistemas interconectados.

Asimismo, los autores señalan que los riesgos de seguridad informática son una preocupación creciente en la adopción de sistemas IoT en salud, ya que la interconexión de múltiples dispositivos aumenta la superficie de ataque para posibles vulnerabilidades digitales.

En consecuencia, el éxito en la implementación de sistemas IoT en salud depende del desarrollo tecnológico, de la formación del talento humano, la adaptación organizacional y la disponibilidad de infraestructura adecuada (Bonato, 2010). La combinación de estos elementos maximiza el potencial de los sistemas interconectados, mejorar la eficiencia operativa de los servicios clínicos y garantizar una atención médica más segura y eficiente para los pacientes.

Metodología

La presente investigación adopta un enfoque cualitativo orientado al análisis, interpretación y comprensión profunda de información proveniente de literatura científica, técnica y académica relacionada con el Internet de las Cosas (IoT), radiología digital, seguridad del paciente y competencias técnicas del personal de salud.

De acuerdo con Hernández et al., (2014), el enfoque cualitativo resulta adecuado cuando se pretende estudiar fenómenos complejos a partir de datos no numéricos, permitiendo identificar patrones, significados, relaciones y tendencias sin manipular variables ni recurrir a mediciones cuantitativas.

Tipo y Diseño de Investigación

El estudio se desarrolla bajo un diseño de revisión de literatura, que implica la recopilación, selección, clasificación y análisis crítico de fuentes científicas publicadas entre 2010 y 2026, incluyendo: artículos indexados, repositorios especializados, tesis y trabajos académicos, documentos institucionales, informes técnicos y normativos y literatura especializada en IoT, IoMT, radiología, interoperabilidad y competencias digitales.

Población y Muestra

La población está constituida por la literatura disponible relacionada con: Internet de las Cosas IoT en salud, radiología digital y dosimetría, sistemas automatizados de monitoreo, seguridad del paciente y gestión de alertas, competencias digitales y técnicas del personal de la salud.

La muestra corresponde a los documentos seleccionados según criterios de pertinencia y calidad científica, aplicando:

Criterios de Inclusión

Publicaciones entre 2010 y 2026.

Estudios vinculados al IoT en radiología, monitoreo de dosis, IoMT, seguridad del paciente y competencias técnicas.

Criterios de Exclusión

Fuentes sin rigor científico.

Artículos duplicados.

Publicaciones no relacionadas directamente con la temática.

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información

Para la búsqueda sistemática se consultaron bases de datos y repositorios académicos como: Scopus, PubMed, IEEE Xplore, ScienceDirect, Scielo, SpringerLink, Google Académico, ResearchGate y la Biblioteca Virtual de la UNAD.

Fases del Desarrollo de la Investigación

Fase 1. Planteamiento, Definición y Delimitación del Tema

Formulación de la pregunta de investigación.

Identificación de las categorías teóricas centrales: IoT, dosimetría, seguridad del paciente, competencias técnicas del personal.

Selección de descriptores y operadores booleanos.

Fase 2. Búsqueda y Selección Sistemática de Literatura

Consultas en diversas bases de datos.

Aplicación de filtros de actualidad, pertinencia y validez metodológica.

Identificación de documentos relacionados con: IoT y IoMT en radiología, monitoreo continuo y automatización de alertas, interoperabilidad y arquitectura técnica, competencias digitales del personal.

Fase 3. Organización, Clasificación y Análisis Documental

La información se clasificó en categorías temáticas, se realizó análisis crítico y comparativo, identificación de brechas de conocimiento e interpretación del impacto del conocimiento técnico en la gestión de sistemas IoT:

Fundamentos del IoT y salud 4.0

Arquitectura técnica e interoperabilidad IoT

Sistemas de monitoreo y dosis acumulada

Seguridad del paciente, alertas automatizadas y riesgos cibernéticos

Factores organizacionales que afectan la operación del IoT

Competencias técnicas del personal de salud

Fase 4. Síntesis, Discusión, Resultados y Recomendaciones

Integración de hallazgos respecto al papel del personal de salud en la eficacia del IoT.

Elaboración de conclusiones sobre la relación entre competencias técnicas, seguridad del paciente y desempeño operativo de sistemas interconectados.

Formulación de recomendaciones.

Análisis de Resultados

El análisis se desarrolló en coherencia con los objetivos específicos, con la revisión detallada de la literatura científica reciente.

Caracterización de los Sistemas IoT: Arquitectura, Funciones y Capacidades

Dosimétricas

Los sistemas IoT aplicados al monitoreo de dosis se estructuran en 3 capas, que son percepción, red y aplicación, lo que permite una vigilancia continua y automatizada de la radiación ionizante (Suo et al., 2012).

La capa de percepción que son los sensores dosimétricos, wearables y detectores conectados, capaces de registrar dosis absorbida y acumulada en tiempo real (Bonato, 2010; Baena et al., 2025). La capa de red que son los protocolos inalámbricos, plataformas de interoperabilidad y sistemas fog/edge computing que procesan los datos antes de enviarlos a la nube (Negash et al., 2017). Y la capa de aplicación que son los paneles de control, dashboards clínicos, alarmas automáticas y reportes analíticos que permiten visualizar el comportamiento dosimétrico (Won & Jafar, 2016).

Además, Barreto & Sandoval (2024) revelan que estas arquitecturas permiten mejorar la trazabilidad de la acumulación de dosis y facilitan la activación de alertas tempranas ante sobreexposiciones.

Impacto de la IA y Automatización en las Alertas Dosimétricas

La IA junto a las plataformas IoT reduce la fatiga por alarmas al filtrar notificaciones irrelevantes, priorizando las de riesgo real (Fernandes et al., 2019). No obstante, la literatura evidencia que la automatización es eficaz cuando el personal domina la configuración de umbrales, parámetros y perfiles de riesgo (Gupta et al., 2020) y también que la falta de conocimiento técnico puede generar desactivación de alarmas, interpretación

errada de dosis y respuestas tardías en alertas críticas (Canto et al., 2025), lo que demuestra que la IA es complemento del juicio clínico de los profesionales.

Brechas de Competencia Técnica y su Impacto en la Eficacia Operativa

La literatura analizada concuerda en que el nivel de conocimiento del personal es un factor crucial en la eficiencia operativa de los sistemas IoT (Javaid et al., 2022). Según Canto et al. (2025) el personal con más formación en protección radiológica toma mejores decisiones, reduce errores de interpretación dosimétrica y actúa de manera más eficiente ante alertas.

Asimismo, las brechas más frecuentes identificadas fueron el desconocimiento sobre calibración y configuración de sensores, la poca alfabetización digital y ciberseguridad clínica (Becerra, 2019), la dependencia excesiva del personal técnico externo (Solano et al., 2025) y la poca aceptación del cambio y la incertidumbre tecnológica (Arango & García, 2022).

Desafíos Tecnológicos, Humanos y Organizacionales

Estos son barreras en la adopción del IoT en radiología. Donde la interoperabilidad limitada entre equipos de distintos fabricantes (Azzawi et al., 2016) y la falta de estandarización en los protocolos problematizan la integración de sensores y plataformas inteligentes (Sonavane et al., 2023). Además, hay poca capacitación del personal en la interpretación de datos, alarmas y métricas clínicas, junto con limitadas competencias para la toma de decisiones basadas en información en tiempo real (León et al., 2025). De igual forma, la implementación tecnológica se implementa sin procesos formativos correctos, con poca cultura institucional de seguridad y de gestión digital (González, 2019). En conjunto, estos factores disminuyen la eficiencia operativa, incrementan la probabilidad de eventos adversos y reducen la confianza del personal en los sistemas interconectados.

Tabla 1*Impacto del Conocimiento del Personal en los Sistemas IoT*

Análisis	Hallazgos	Autores	Eficacia
Dependencia humano-tecnológica	La eficacia del IoT depende del nivel de conocimiento del personal	Gupta et al. (2020)	La tecnología no garantiza seguridad sin formación adecuada
Interpretación de datos y alertas	Errores en configuración y lectura afectan la respuesta clínica	Canto et al. (2025)	Incremento del riesgo por mala gestión de alarmas
Automatización e IA	La IA reduce fatiga por alarmas, pero requiere configuración experta	Fernandes et al. (2019)	Necesidad de competencias avanzadas en manejo de sistemas
Interoperabilidad	Limitaciones técnicas dificultan integración de datos	Sonavane et al. (2023)	Reduce eficiencia del monitoreo continuo
Brechas de formación	Bajo nivel de alfabetización digital en el personal	León et al. (2025)	Uso ineficiente de herramientas tecnológicas
Cultura organizacional	Resistencia al cambio y baja adopción tecnológica	González (2019)	Limita el impacto del IoT en la práctica clínica
Seguridad del paciente	Falta de competencias aumenta eventos adversos	Morales et al. (2026)	Riesgo clínico asociado a errores humanos
Transformación digital	Implementación requiere cambio cultural, no solo técnico	Alsabah et al. (2025)	Necesidad de enfoque integral en salud digital

Nota. Elaboración propia

Además, los resultados obtenidos confirman que la eficacia operativa del IoT en radiología no depende solo de la sofisticación tecnológica, sino de la capacidad del personal para gestionar adecuadamente los sensores, interpretar métricas y responder de manera oportuna a las alertas dosimétricas. Alsabah et al., (2025) subrayan el potencial del IoT para transformar la atención en salud, también enfatizan que su rendimiento disminuye cuando existen brechas significativas en alfabetización digital y formación en seguridad radiológica. Este estudio coincide con dicha posición, evidenciando que los profesionales

con mayor dominio técnico obtienen mejores indicadores de monitoreo y disminuyen la probabilidad de sobreexposición del paciente.

Además, la discusión revela que la falta de interoperabilidad entre plataformas genera cargas operativas adicionales que requieren habilidades de integración y resolución de problemas tecnológicos, competencias que no siempre forman parte del entrenamiento tradicional del personal (Javaid et al., 2022).

Asimismo, la resistencia al uso de sistemas inteligentes también se relaciona con la ausencia de programas institucionales de transformación digital, coincidiendo con las observaciones de Martínez et al., (2025) y Morales et al., (2026).

En conclusión, la implementación de sistemas IoT es un proceso sociotécnico, donde la tecnología, la cultura organizacional y la formación continua se articulan para garantizar la seguridad radiológica y la eficiencia del servicio.

Asimismo, los resultados evidencian que la eficacia operativa de los sistemas IoT usados para el monitoreo de dosis acumulada está relacionado con el dominio técnico que posee el personal. En primer lugar, se observó que la arquitectura IoT basada en sensores de percepción y plataformas de aplicación permite un monitoreo continuo de la radiación (Arefin et al., 2024), pero su desempeño óptimo se alcanza únicamente cuando los profesionales dominan la configuración de dispositivos, la calibración de sensores y la interpretación de patrones dosimétricos (Ahmad et al., 2021).

Tabla 2*Análisis de IoT en Radiología*

Hallazgos	Resultado	Autores	Impacto en la Seguridad del Paciente
Funcionamiento de la arquitectura IoT	La arquitectura basada en sensores, redes y plataformas funciona correctamente cuando el personal domina protección radiológica y análisis de datos.	Ahmad et al., (2021)	Mayor precisión en las lecturas de radiación y menor riesgo de exposición innecesaria.
Uso de sensores y trazabilidad	Los sensores avanzados mejoran la trazabilidad de la radiación; su eficacia depende del conocimiento del personal.	Bonato (2010)	Reducción de errores en mediciones y alertas más oportunas.
Implementación de IA en alertas	La IA reduce alertas irrelevantes si los umbrales son ajustados correctamente y se reconocen patrones de riesgo.	Fernandes et al., (2019)	Menos alarmas falsas y mayor capacidad de respuesta ante eventos críticos.
Brechas de competencia técnica	La falta de formación genera interpretaciones erróneas de la dosis acumulada y respuestas tardías.	Canto et al., (2025)	Mayor riesgo de sobreexposición y fallas en la toma de decisiones clínicas.
Interoperabilidad limitada	La diversidad de fabricantes crea dificultades de conexión y comunicación entre dispositivos IoT.	Azzawi et al., (2016)	Aumenta la probabilidad de pérdida de datos o fallas en la continuidad del monitoreo.
Escasa cultura digital	Falta de habilidades tecnológicas en los trabajadores dificulta la adopción de sistemas IoT.	González (2019)	Disminuye el aprovechamiento del sistema y la detección temprana de eventos adversos.
Resistencia al cambio	Algunos profesionales no adoptan nuevas tecnologías, retrasando la implementación del IoT.	Aredes, (2024)	Reduce la efectividad del sistema y limita mejoras en la seguridad del paciente.

Nota. Elaboración propia

También, los servicios donde el personal tiene formación actualizada en protección radiológica revelaron una gran disminución de errores de lectura, según Canto et al. (2025), el nivel de conocimiento influye sobre la reducción de exposiciones innecesarias.

Igualmente, se identificó que la incorporación de algoritmos de inteligencia artificial (IA)

mejora la filtración de alertas irrelevantes; sin embargo, su eficacia depende de la capacidad del personal para ajustar los umbrales, parámetros de fatiga de alarmas y criterios de priorización (Fernandes et al., 2019).

Sin embargo, hay limitaciones operativas por la baja alfabetización digital, la resistencia al cambio tecnológico y la falta de protocolos estandarizados de respuesta a alertas. Estos factores son coherentes con los desafíos humanos y organizacionales descritos por Aredes (2024), quienes indican que algunos profesionales retrasan la adopción del IoT por falta de confianza o competencias digitales insuficientes. Finalmente, la interoperabilidad limitada entre fabricantes (Azzawi et al., 2016) es un obstáculo crucial que impide la consolidación de un sistema unificado de monitoreo dosimétrico.

Los hallazgos muestran que la tecnología IoT tiene un alto potencial para mejorar la seguridad radiológica, pero su efectividad depende de la interacción entre los sistemas y el personal responsable de operarlos. La literatura indica que la presencia de sensores wearables, plataformas de transmisión y algoritmos basados en IA no garantiza por sí misma la precisión del monitoreo, sino que requiere competencias específicas relacionadas con la interpretación de datos, la supervisión continua y la activación oportuna de protocolos de seguridad (Bonato, 2010).

Tabla 3*Análisis de Resultados según los Objetivos Específicos*

Objetivos específicos	Hallazgos	Autores
Caracterizar los sistemas IoT aplicados al monitoreo de dosis acumulada	La arquitectura IoT en sus 3 capas, percepción, red y aplicación permite monitoreo continuo, trazabilidad y registro automático de dosis. Sensores wearables y nodos conectados mejoran la precisión de los datos y la vigilancia en tiempo real.	Bonato (2010); Arefin et al., (2024).
Identificar los desafíos tecnológicos, humanos y organizacionales en la adopción IoT	Persisten fallas de interoperabilidad entre fabricantes. Existe resistencia al cambio y baja cultura digital. Las brechas de formación técnica generan errores en la interpretación de dosis y retrasos en la respuesta ante alertas.	Azzawi et al., (2016); González (2019); Aredes (2024).
Evaluar la influencia del conocimiento técnico en la eficacia operativa de los sistemas IoT	Personal con mayor capacitación configura mejor los umbrales dosimétricos y reduce la fatiga por alarmas. La automatización basada en IA solo es eficaz cuando el personal domina parámetros de sensibilidad y riesgo. El conocimiento técnico tiene mayor impacto que la tecnología misma.	Fernandes et al., (2019); Canto et al., (2025); Arango & García (2022).
Proponer lineamientos para fortalecer competencias y mejorar la adopción IoT en radiología	Programas de alfabetización digital y entrenamiento continuo son clave. Protocolos estandarizados de respuesta a alertas mejoran la seguridad del paciente. Se requiere inversión en interoperabilidad y plataformas abiertas.	Barreto & Sandoval (2024); Javaid et al., (2022); Solano et al., (2025).

Nota. Elaboración propia

También, se confirma que el poco conocimiento técnico genera errores en la identificación de dosis acumulada, respuestas tardías y mal uso de los sistemas IoT, dando lugar a fallos que podrían prevenirse mediante programas de formación continua. Estos

resultados son coherentes con trabajos previos que destacan la influencia del talento humano en la adopción de soluciones IoT en salud (Arango & García, 2022).

Del mismo modo, la resistencia al cambio y la baja adopción digital observadas en algunos profesionales, que según Aredes (2024), la falta de apropiación tecnológica retrasa los procesos de digitalización en diferentes sectores.

De igual forma, se reafirma que la interoperabilidad sigue siendo un reto significativo, ya que la coexistencia de equipos de distintos fabricantes dificulta la consolidación de plataformas unificadas de monitoreo de dosis (Azzawi et al., 2016). No obstante, el potencial transformador del IoT es evidente en la automatización de alertas, la trazabilidad continua y la mejora de la seguridad radiológica solo pueden consolidarse si se combinan inversiones tecnológicas con el fortalecimiento de las competencias profesionales.

Los resultados evidencian que los sistemas IoT en el monitoreo de dosis acumulada tienen un alto potencial para mejorar la seguridad del paciente, siempre y cuando haya una buena articulación entre su arquitectura tecnológica y las competencias del personal. En relación con la caracterización de estos sistemas, se identificó que la arquitectura en capas permite una captura precisa de datos mediante sensores (capa de percepción), su transmisión eficiente a través de redes seguras (capa de red) y su análisis en plataformas clínicas (capa de aplicación), facilitando el monitoreo continuo y la trazabilidad de la radiación ionizante (Arefin et al., 2024). Asimismo, el uso de dispositivos wearables mejora el seguimiento individualizado del paciente y del personal expuesto (Bonato, 2010).

En cuanto al impacto de la IA, se evidenció que su integración en los sistemas IoT reduce la sobrecarga de alertas mediante algoritmos que priorizan eventos relevantes. Sin embargo, esta ventaja tecnológica se ve limitada cuando el personal no domina la

configuración de umbrales ni la interpretación de los datos generados, lo que puede derivar en errores de juicio clínico o en la omisión de eventos críticos (Fernandes et al., 2019).

Respecto a las brechas de competencia técnica, los hallazgos muestran que el personal con formación en protección radiológica y manejo de sistemas digitales logra una reducción efectiva en la exposición innecesaria del paciente, al interpretar correctamente la dosis acumulada y actuar de manera oportuna. Por el contrario, la falta de conocimiento técnico es una barrera crítica más grande que la limitación tecnológica y que afectan la eficacia operativa del sistema (León et al., 2025).

Asimismo, los desafíos identificados se concentran en la interoperabilidad limitada entre equipos de diferentes fabricantes, la resistencia al cambio por parte del personal y la falta de cultura digital institucional. Estos factores dificultan la implementación integral de los sistemas IoT y reducen su impacto en la seguridad del paciente (Aredes, 2024).

Tabla 4*Barreras, Impacto Operativo y Estrategias de Mejora para la Implementación del IoT*

Análisis	Barreras	Impacto	Estrategias de mejora
Competencias técnicas del personal	Falta de formación en configuración de sensores, calibración y lectura de métricas dosimétricas.	Interpretación incorrecta de alertas, retraso en la respuesta y uso ineficiente del sistema.	Programas de capacitación continua; módulos de IA, alarmas y análisis de dosis.
Gestión de alertas automatizadas	Dificultad para configurar umbrales y priorizar eventos. Fatiga por alarmas.	Saturación del personal, riesgo de omitir alertas críticas y aumento de la exposición innecesaria.	Protocolos de respuesta; entrenamientos en algoritmos de alerta y priorización.
Interoperabilidad tecnológica	Equipos de diferentes fabricantes sin compatibilidad. Sistemas aislados.	Fragmentación de datos, menor trazabilidad y errores en la evaluación de dosis acumulada.	Adquisición basada en estándares abiertos como HL7, FHIR y plataformas integradas.
Cultura digital institucional	Resistencia al cambio, baja alfabetización digital y poca apropiación tecnológica.	Subutilización del sistema, errores operativos y rechazo a tecnologías IoT.	Campañas de sensibilización; prácticas supervisadas; fortalecimiento de cultura 4.0.
Evaluación y control de desempeño	Ausencia de auditorías técnicas y evaluaciones periódicas.	Persistencia de fallos no detectados y brechas de competencia.	Pruebas diagnósticas, auditorías internas y retroalimentación continua.

Nota. Elaboración propia

Los resultados obtenidos señalan que la eficacia operativa de los sistemas IoT en radiología deben analizarse integralmente, donde intervienen factores humanos, organizacionales y culturales. En este sentido, aunque la literatura destaca el potencial del IoT para transformar la atención en salud mediante la monitorización continua y la automatización de procesos (Javaid et al., 2022). Los hallazgos evidencian que su impacto real está condicionado por la capacidad del personal para interactuar con estas tecnologías.

Asimismo, la relación entre IA y toma de decisiones clínicas también refleja esta dependencia. Si bien los algoritmos optimizan la gestión de alertas y reducen la carga del personal, su efectividad disminuye cuando los usuarios no comprenden su funcionamiento ni sus limitaciones, lo que puede generar desconfianza o uso inadecuado del sistema (Fernandes et al., 2019). Esto coincide con lo planteado por Aredes (2024), que señala que la resistencia al cambio y la falta de apropiación tecnológica son barreras críticas en la adopción del IoT.

Además, la interoperabilidad no es un problema técnico, sino también organizacional, ya que requiere decisiones institucionales orientadas a la estandarización, inversión tecnológica y capacitación del personal. La ausencia de estos elementos limita la integración de sistemas y reduce la capacidad de análisis integral de la información dosimétrica, afectando la seguridad del paciente.

En resumen, los resultados refuerzan la necesidad de abordar la implementación del IoT integralmente, donde la formación del talento humano, la cultura organizacional y la infraestructura tecnológica se desarrollen a la par.

Los resultados evidencian que los sistemas IoT para el monitoreo de dosis acumulada funcionan bien cuando hay una adecuada interacción entre la tecnología y el conocimiento técnico del personal. Se identificó que la arquitectura por capas facilita la captura, transmisión y procesamiento de datos dosimétricos en tiempo real, permitiendo una vigilancia continua de la exposición radiológica (Arefin et al., 2024). El uso de sensores wearables y dispositivos interconectados mejora significativamente la trazabilidad de la radiación, tal como lo señalan Bonato (2010).

Además, se encontró que la integración de inteligencia artificial (IA) favorece la reducción de la fatiga por alarmas al filtrar notificaciones irrelevantes, optimizando la toma

de decisiones clínicas (Fernandes et al., 2019). Sin embargo, esta ventaja funciona cuando el personal tiene la capacidad de configurar correctamente los parámetros de alerta, lo que evidencia una fuerte dependencia del conocimiento técnico.

También, se observó que el personal con formación en protección radiológica interpreta con más precisión los niveles de dosis acumulada y actúa a tiempo ante eventos críticos, reduciendo la exposición innecesaria del paciente (Canto et al., 2025). Por el contrario, la falta de capacitación genera errores en la lectura de datos y respuestas tardías, convirtiéndose en una barrera más relevante que las limitaciones tecnológicas.

Tabla 5

Impacto de la Formación del Personal en la Eficacia Operativa de Tecnologías IoT

Nivel de competencia	Uso del IoT	Gestión de alertas	Impacto en la dosis acumulada	Resultado	Autores
Alto	Configuración adecuada de sensores, calibración precisa de dispositivos y uso óptimo de plataformas IoT	Interpretación precisa de alertas y respuesta clínica oportuna basada en análisis de datos en tiempo real	Reducción significativa de exposición innecesaria y mejor control dosimétrico	Alta eficacia operativa y mayor seguridad del paciente	Ahmad et al., (2021); Arefin et al., (2024); Bonato (2010)
Medio	Uso funcional del sistema con limitaciones en configuración avanzada y análisis de datos	Respuesta parcial o dependiente de supervisión ante alertas automatizadas	Control moderado de la dosis con variabilidad en la precisión de monitoreo	Eficiencia operativa intermedia con riesgos controlables	Arango & García (2022); Gupta et al., (2020); Azzawi et al., (2016)
Bajo	Uso incorrecto o limitado del sistema por falta de conocimiento técnico en IoT y protección radiológica	Ignora, retrasa o malinterpreta alertas generadas por IA o sensores	Mayor riesgo de sobreexposición y fallos en el monitoreo continuo	Baja eficacia operativa y aumento de riesgos clínicos	Aredes (2024); González (2019); Suo et al., (2012)

Nota. Elaboración propia

Los hallazgos permiten afirmar que la eficacia operativa de los sistemas IoT en radiología no puede analizarse de forma aislada desde el componente tecnológico, la IA, el Fog computing y los dispositivos inteligentes han optimizado la monitorización en salud (Farahani et al., 2017), su impacto real depende de la capacidad del talento humano para interactuar con estos sistemas (Alsabah et al., 2025).

Asimismo, la evidencia respalda la relación entre competencia técnica y desempeño operativo. La adecuada configuración de sensores, la interpretación de métricas dosimétricas y la gestión de alertas automatizadas son habilidades críticas que determinan la efectividad del sistema. Gupta et al., (2020) señalan que el IoT en radiología requiere no solo infraestructura tecnológica, sino también personal capacitado en el uso de dispositivos digitales y análisis de datos clínicos.

Asimismo, la resistencia al cambio y la falta de alfabetización digital son impedimentos que limitan la adopción del IoT, reforzando la idea de que la transformación digital en salud debe ser también un proceso cultural (González, 2019; Aredes, 2024). Por tanto, el reto no es solo implementar la tecnología, sino garantizar su funcionamiento efectivo por parte del personal.

Conclusiones

Se confirma que la eficacia operativa de los sistemas IoT en radiología depende del nivel de competencia técnica del personal, confirmando que la tecnología por sí sola no garantiza seguridad ni precisión en la vigilancia dosimétrica. A pesar de que estas tecnologías proporcionan monitoreo continuo, automatización de alertas y registro preciso de la dosis acumulada, su funcionamiento eficiente no depende exclusivamente de la infraestructura tecnológica, sino de la capacidad del recurso humano para interactuar adecuadamente con ella. En este sentido, se evidencia que la tecnología por sí sola no garantiza seguridad clínica ni precisión en los procesos dosimétricos si no está acompañada de profesionales debidamente capacitados.

Además, se demuestra que el fortalecimiento de las competencias digitales permite reducir errores en la interpretación de datos, responder oportunamente a alertas críticas y disminuir la exposición innecesaria del paciente. Cuando los profesionales poseen habilidades para comprender los parámetros dosimétricos, analizar los registros en tiempo real y ajustar los umbrales de seguridad, el sistema IoT opera con mayor exactitud y permite reaccionar oportunamente ante variaciones que puedan comprometer la seguridad del paciente. Esto confirma que la interacción humano-tecnológica es un factor determinante para garantizar la trazabilidad y la confiabilidad del proceso dosimétrico.

Asimismo, se identificó que las brechas en alfabetización digital constituyen una de las barreras más significativas para la adopción eficiente del IoT en radiología. La falta de formación en análisis de datos, configuración de sistemas y manejo de plataformas conectadas puede derivar en fallas de calibración, subutilización de las funcionalidades o interpretaciones incorrectas de la dosis acumulada. Dichas limitaciones incrementan la probabilidad de errores operativos y eventos adversos, afectando tanto la seguridad del

paciente como la calidad del servicio prestado. La automatización, por sí misma, pierde capacidad preventiva cuando el usuario desconoce los parámetros de seguridad integrados en los sistemas inteligentes.

Además, la resistencia al cambio y las dificultades de interoperabilidad tecnológica también emergen como factores críticos que limitan la sostenibilidad del IoT. Los servicios de radiología que no cuentan con una cultura institucional orientada a la transformación digital tienden a presentar retrasos en la adopción de innovaciones, dificultades en la estandarización de procesos y limitaciones en la integración entre dispositivos, plataformas y sistemas de gestión. Estos obstáculos generan inconsistencias en el registro de datos y disminuyen el potencial de los sistemas inteligentes para optimizar la toma de decisiones clínicas.

También, la evidencia subraya que la implementación del IoT no puede concebirse únicamente como un proceso técnico o de incorporación de infraestructura; requiere, además, un enfoque integral que incluya la capacitación continua del talento humano. La formación en competencias digitales, protección radiológica, gestión de alertas y análisis de datos se convierte en un eje transversal para garantizar la operatividad adecuada de los sistemas y potenciar sus beneficios. La actualización constante del personal no solo reduce errores humanos, sino que fortalece la capacidad institucional para aprovechar las ventajas de la Salud 4.0.

Igualmente, se concluye que la sostenibilidad de los sistemas IoT en radiología demanda procesos de estandarización, interoperabilidad y fortalecimiento institucional. La integración efectiva de estas tecnologías depende de protocolos claros, normativas actualizadas y estrategias de formación alineadas con las dinámicas tecnológicas emergentes. La cultura digital en los servicios de salud debe promover la apropiación

progresiva de las tecnologías, superando la resistencia inicial y favoreciendo un entorno favorable para la innovación. Finalmente, los resultados dejan en evidencia una dependencia humano-tecnológica inevitable: aunque el IoT representa un avance significativo en el monitoreo dosimétrico y en la seguridad del paciente, su verdadero potencial se despliega únicamente cuando es operado por usuarios con competencias sólidas. El balance entre tecnología avanzada y talento humano capacitado constituye la base para una radiología más segura, eficiente y orientada a la prevención de riesgos. En síntesis, la transformación digital en radiología no solo exige inversión tecnológica, sino una transformación cultural e institucional que garantice la integración efectiva y sostenible de las tecnologías IoT dentro del marco de la Salud 4.0.

Recomendaciones

Para optimizar la eficacia operativa de los sistemas IoT destinados al monitoreo de dosis acumulada en radiología, se recomienda fortalecer los programas institucionales de alfabetización digital y radiológica, donde se incluya capacitación en la configuración de sensores, la lectura adecuada de métricas dosimétricas y los ajustes de seguridad necesarios para garantizar mediciones precisas. Asimismo, es indispensable integrar contenidos de ciberseguridad, de manera que el personal esté preparado para manejar plataformas interconectadas de forma segura, preservando la integridad y confidencialidad de los datos generados por los sistemas IoT y evitando vulnerabilidades que puedan comprometer la gestión de la dosis acumulada.

De igual forma, se sugiere implementar protocolos estandarizados de respuesta a alertas, orientados a mejorar la capacidad del personal para interpretar oportunamente las notificaciones automáticas generadas por estos sistemas, donde se incluyan guías clínicas claras, tiempos máximos de respuesta, procedimientos de escalamiento y criterios de actuación según la criticidad del evento. Esto evita la desensibilización ante las alarmas y mejora la toma de decisiones basada en datos.

Además, se sugiere desarrollar programas de formación continua orientados al modelo de Salud 4.0, incorporando contenidos en inteligencia artificial, fog computing, análisis de datos clínicos y gestión avanzada de plataformas conectadas. Esta formación debe complementarse con evaluaciones periódicas de competencias que permitan medir el nivel de desempeño del personal, detectar brechas de conocimiento y asegurar una operación homogénea y segura de los sistemas IoT a lo largo del tiempo. La capacitación continua se convierte así en un pilar fundamental para garantizar la sostenibilidad del monitoreo dosimétrico y su impacto positivo en la calidad del servicio radiológico.

Las recomendaciones se orientan a fortalecer la relación entre tecnología y talento humano en los servicios de radiología, reconociendo que la eficacia de los sistemas IoT depende del nivel de competencia técnica del personal. Entonces, es esencial consolidar programas institucionales de formación continua en IoT y protección radiológica, enfocados en la configuración de sensores, calibración de dispositivos y análisis de dosis acumulada. Este tipo de capacitación permite optimizar el uso de los sistemas y mejorar la toma de decisiones clínicas basadas en datos. Asimismo, resulta clave capacitar en IA, manejo de algoritmos de alerta y estrategias para mitigar la fatiga por alarmas para garantizar que la automatización sea efectiva y no genere saturación informativa.

También, es fundamental priorizar la adquisición de equipos y plataformas compatibles con estándares abiertos como HL7 y FHIR, los cuales facilitan la interoperabilidad entre diferentes dispositivos y sistemas utilizados en los servicios de radiología. La interoperabilidad asegura una integración fluida de datos, evita inconsistencias entre plataformas y permite un monitoreo centralizado más eficiente. En concordancia con lo anterior, se recomienda habilitar plataformas unificadas que permitan gestionar sensores, equipos e historiales dosimétricos desde un único sistema de control, optimizando la trazabilidad y la supervisión continua de la dosis acumulada.

Otra recomendación clave es consolidar mecanismos de evaluación periódica del desempeño técnico del personal, mediante pruebas que valoren conocimientos en protección radiológica, interpretación de datos dosimétricos, gestión de alertas y uso seguro de plataformas IoT. Este seguimiento facilita la identificación de áreas de mejora y garantiza que los profesionales mantengan un nivel de competencia acorde con las exigencias tecnológicas del entorno radiológico actual.

También es recomendable consolidar sistemas centralizados que unifiquen la gestión de dispositivos, sensores y bases de datos, con el fin de garantizar un monitoreo continuo, estable y eficiente de la dosis acumulada.

Asimismo, es esencial impulsar una cultura institucional orientada a la transformación digital, fomentando la sensibilización del personal sobre los beneficios clínicos y operativos del uso de IoT en el monitoreo radiológico. Integrar estas tecnologías dentro de las políticas de calidad y seguridad del paciente contribuye a legitimar su uso e incentiva una adopción más consistente en la práctica diaria.

Referencias Bibliográficas

- Ahmad, M., Rahim, M., Nordin, R., Mohamed, F., Abu, A., & Abdullah, N. (2021). Ionizing radiation monitoring technology at the verge of Internet of Things. *Sensors*, 21(22), 7629 <https://doi.org/10.3390/s21227629>
- Alsabah, M., Naser, A., Albahri, O., Albahri, A., Sadiq, A., & Laith, A. (2025). A comprehensive review on key technologies toward smart healthcare systems based IoT: Technical aspects, challenges and future directions. *Artificial Intelligence Review*. <https://doi.org/10.1007/s10462-025-11342-3>
- Arango, P., & García, Y. (2022). Internet de las cosas en el ámbito de la atención médica: Tendencias y desafíos. *Revista Cubana de Informática Médica*, 22(1), 1–14. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18592022000100014
- Aredes, L. (2024). Internet de las cosas: aplicaciones y desafíos para los profesionales en ciencias económicas. *Ágora Revista Virtual de Estudiantes*, (18), 153–179. <https://ojs.tdea.edu.co/index.php/agora/article/view/1820/1988>
- Arefin, M. S., Rahman, M., Hasan, M., Mahmud, M., Azzawi, M., Hassan, R., & Bakar, K. (2024). A topical review on enabling technologies for the Internet of Medical Things: Sensors, devices, platforms, and applications. *Micromachines*, 15(4), 479. <https://doi.org/10.3390/mi15040479>
- Azzawi, M., Hassan, R., & Bakar, K. (2016). A review on Internet of Things (IoT) in healthcare. *Semantics Scholar*. [https://www.semanticscholar.org/paper/A-Review-on-Internet-of-Things-\(-IoT-\)-in-Azzawi-Hassan/da6188fb4af608fc8d7961eb0634b35ad81ba53d](https://www.semanticscholar.org/paper/A-Review-on-Internet-of-Things-(-IoT-)-in-Azzawi-Hassan/da6188fb4af608fc8d7961eb0634b35ad81ba53d)

- Baena, R., Carriazo, Y., & Macea, M. (2025). Capítulo 3: Implementación de un sistema IoT para la medición de radiación gamma y UV: Diseño, ensamblaje y validación. *Repositorio Institucional UNAD*. <https://hdl.handle.net/20.500.12494/59317>
- Barreto, S., & Sandoval, J. (2024). Vigilancia tecnológica del Internet de las cosas (IoT) aplicado en el sector salud. *Universidad Distrital Francisco José de Caldas*. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstreams/e6cb27af-a6eb-40d3-8ee2-f3a2cec35da8/download>
- Becerra, L. (2019). Internet de las cosas para el cuidado de la salud. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 13(26). http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-83672019000200007
- Bonato, P. (2010). Wearable sensors and systems. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, 29(3), 25–36. <https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/69890/Bonato-2010-Wearable%20sensors%20and%20systems.pdf;jsessionid=D3E3A4E8C353672DD8A25238EC003721?sequence=1>
- Cánovas, G., Civantos, S., & Rodríguez, A. (s. f.). *Configuración de alertas en los sistemas de monitorización*. *Revista Diabetes*. <https://www.revistadiabetes.org/wp-content/uploads/Configuracion-de-alertas-en-los-sistemas-de-monitorizacion.pdf>
- Canto, J., Salazar, D. A., & Varela, M. (2025). Nivel de conocimientos sobre protección radiológica en el personal de enfermería del quirófano mediante la escala SP-HPKRP. *Ciencia y Logística en Radiología y Medicina*, 9(1), 1–12. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1.15956

- Cera, J., Martínez, L., Rojas, J., Villaveces, J., & Sanmartín, P. (2015). Apoyo al estado del arte del internet de las cosas en salud. *Revista Identic*, 18(2), 45–63.
<https://revistas.unisimon.edu.co/index.php/identic/article/download/2522/2423>
- Elijah, O., Rahman, T. A., Orikumhi, I., Leow, C. Y., & Hindia, N. (2018). An overview of Internet of Things (IoT) and data analytics in agriculture - Benefits and challenges. *IEEE Access*, 6, 73401–73421. <https://ieeexplore.ieee.org/document/83729052>
- Farahani, B., Firouzi, F., Chang, V., Badaroglu, M., Constant, N., & Mankodiya, K. (2017). Towards fog-driven IoT eHealth: Promises and challenges of IoT in medicine and healthcare. *Digital Commons*.
https://digitalcommons.uri.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1069&context=ele_facpubs9
- Fernandes, C., Miles, S., De Lucena, C., & Cowan, D. (2019). Artificial intelligence technologies for coping with alarm fatigue in hospital environments: Algorithm development and validation. *JMIR Medical Informatics*, 7(4), e15406.
<https://doi.org/10.2196/15406>
- Gupta, S., Johnson, E., Peacock, J., Jiang, L., McBee, M., Senider, M., & Krupinski, E. (2020). Radiology, mobile devices, and the Internet of Things (IoT). *Journal of Digital Imaging*, 33, 1–11. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7256153/>
- González, M. (2019). El impacto de la transformación digital en la prevención de la salud de personas mayores en Colombia. Repositorio Institucional Universidad Militar Nueva Granada.
<https://repository.umng.edu.co/server/api/core/bitstreams/586cf45c-4c21-46ee-9303-02fe1785efc3/content>

- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6.^a ed.). McGraw-Hill. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008>
- Higuera, D., Pineda, J., & Velásquez, E. (2025). Análisis del uso y eficacia de la inteligencia artificial en tomografía computarizada. *FABA*.
<https://www.faba.edu.co/wp-content/uploads/2025/08/INTELIGENCIA-ARTIFICIAL-EN-TOMOGRAFIA-COMPUTARIZADA.pdf>
- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R., Rab, S., Ul Haq, M., & Raina, A. (2022). Internet of Things in the global healthcare sector: Significance, applications, and barriers. *International Journal of Intelligent Networks*, 3(165–175).
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666603022000197>
- León, D., Perea, A., Ríos, M., & Linares, E. (2025). Impacto del IoT en la salud: Fomentando la actividad física para la prevención eficaz de enfermedades.
<https://orcid.org/0000-0002-7339-0068>
- Martínez, L., Castro, L., Posada, J., Corredor, Z., & San Juan, A. (2025). Internet de las cosas (IoT) y los sistemas interconectados para mejorar la seguridad del paciente. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).
<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/68866>
- Morales, A., Ortiz Rincón, E., López, J., Toledo, J., & Barrera, R. (2026). Internet de las Cosas (IoT) y los sistemas interconectados para mejorar la seguridad del paciente, a través de la monitorización continua y la automatización de alertas en tiempo real. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).
<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/78702>

- Muhammad, A., Mohd, A., Rosdiadee, N., Faizal, M., Asma, A., & Nor, F. (2021). Ionizing Radiation Monitoring Tecnology at the Verge of Internet of Things. *Sensors*. 21(22), 7629. <https://doi.org/10.3390/s21227629>
- Narváez, M., Herrera, A., & Ladino, A. L. (2024). Impacto de la inteligencia artificial en el control de calidad de imágenes radiológicas y la detección de artefactos. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. <https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/63440/3/alladinog.pdf>
- Negash, B., Gia, T., Anzanpour, A., Azimi, I., Jiang, M., Westerlund, T., Rahmani, A., Liljeberg, P., & Tenhunen, H. (2017). Leveraging fog computing for healthcare IoT. *Journal of Network and Computer Applications*, 88, 50–59. https://www.researchgate.net/publication/315552535_Leveraging_Fog_Computing_for_Healthcare_IoT32
- Sonavane, A., Khamparia, A., & Gupta, D. (2023). Una revisión sistemática sobre Internet de las cosas médicas: técnicas, problemas abiertos y direcciones futuras. *Salud by Díaz*. <https://saludbydiaz.com/2023/07/16/una-revision-sistemica-sobre-internet-de-las-cosas-medicas-tecnicas-problemas-abiertos-y-direcciones-futuras/>
- Solano, D., Torrado, R., Marin, E., Aloyda, A., & Ortiz, A. (2025). *Internet de las cosas (IoT) y los sistemas interconectados para mejorar la seguridad del paciente*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/69470>
- Thottempudi, P., Madhave, R., Bindu, H., Kuraparathi, S., & Kumar, V. (2025). Digital health resiliency: IoT solutions in pandemic response and future healthcare scenarios. *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-00886-7>

Won, Y., & Jafar, S. (2016). Patient centered real-time mobile health monitoring system.

Engineering, Technology & Sustainable Development, 5(4).

<http://dx.doi.org/10.4236/etsn.2016.54007>

Suo, H., Wan, J., Zou, C., & Liu, J. (2012). Security in the Internet of Things: A review.

Proceedings of the International Conference on Computational Intelligence and

Security. <https://ieeexplore.ieee.org/document/6188257>