

ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DE LAS TECNOLOGÍAS IOT EN LA TELEMEDICINA PARA EL TRATAMIENTO DE ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES

BIBLIOGRAPHIC ANALYSIS OF IOT TECHNOLOGIES IN TELEMEDICINE FOR THE TREATMENT OF CARDIOVASCULAR DISEASES

Julexy Cedeño-Cedeño^{1*}

¹ Estudiante, Facultad de Ciencias Informáticas, Universidad Técnica de Manabí. Ecuador. ORCID:
<https://orcid.org/0009-0000-5608-9460>. Correo: jcedeno4111@utm.edu.ec

Leonardo Chancay-García²

² Docente, Facultad de Ciencias Informáticas, Universidad Técnica de Manabí. Ecuador. ORCID:
<https://orcid.org/0000-0002-4090-048X>. Correo: leonardo.chancay@utm.edu.ec

Ángelo Macías-Mero³

³ Facultad de Ciencias Informáticas, Universidad Técnica de Manabí. Ecuador. ORCID:
<https://orcid.org/0009-0000-5503-4468>. Correo: amacias7686@utm.edu.ec

* Autor para correspondencia: jcedeno4111@utm.edu.ec

Resumen

La medicina ha avanzado significativamente, pero persisten desafíos en la atención sanitaria, especialmente en zonas rurales. La telemedicina, apoyada por el Internet de las cosas (IoT), ofrece una solución mediante el monitoreo remoto de enfermedades cardiovasculares. Sin embargo, su implementación enfrenta obstáculos como la falta de profesionales y centros de salud, y la insuficiente cobertura e infraestructura tecnológica para una transmisión eficaz y segura de datos médicos. Es crucial revisar el uso de dispositivos IoT en la telemedicina para cardiopatías, destacando tendencias y desafíos en un análisis actualizado del estado del arte para futuras propuestas. Utilizando el marco metodológico PRISMA, se incluyeron 22 estudios de las bases de datos Scopus, IEEE Xplore y ACM. Se encontró que los factores clave para implementar estos modelos son económicos y sociales. Los dispositivos más comunes son los sensores corporales de temperatura, electrocardiogramas y frecuencia cardíaca, que, junto con tecnologías como Wifi y Bluetooth, desempeñan funciones importantes en sistemas hospitalarios, como el monitoreo en tiempo real y la toma de decisiones.

Esto representa un avance hacia una integración más fluida y eficaz de tecnologías emergentes en la medicina, promoviendo una atención médica más precisa y accesible.

Palabras clave: Dispositivos IoT; Telemedicina; Internet de las cosas; Enfermedades Cardiovasculares; Medicina Tradicional.

Abstract

Medicine has advanced significantly, but healthcare challenges remain, especially in rural areas. Telemedicine, supported by the Internet of Things (IoT), offers a solution through remote monitoring of cardiovascular diseases. However, its implementation faces obstacles such as the lack of healthcare professionals and facilities, and insufficient coverage and technological infrastructure for efficient and secure transmission of medical data. It is crucial to review the use of IoT devices in telemedicine for heart disease, highlighting trends and challenges in an updated state-of-the-art analysis for future proposals. Using the PRISMA methodological framework, 22 studies from Scopus, IEEE Xplore and ACM databases were included. The key factors for implementing these models were found to be economic and social. The most common devices are body temperature, electrocardiogram and heart rate sensors, which, together with technologies such as Wifi and Bluetooth, play important roles in hospital systems, such as real-time monitoring and decision making. This represents a move towards a more seamless and effective integration of emerging technologies in medicine, promoting more accurate and accessible medical care.

Keywords: IoT devices, Telemedicine, Internet of things, Cardiovascular diseases, Traditional medicine.

Fecha de recibido: 11/05/2024

Fecha de aceptado: 30/07/2024

Fecha de publicado: 02/08/2024

Introducción

A lo largo de la historia la medicina ha sido uno de los campos con mayor evolución y en la actualidad, los avances respecto a la salud significan una esperanza de vida inexistente en otras épocas. No obstante, aunque las ciencias médicas y la tecnología han avanzado de la mano, la atención médica continúa sufriendo atenuaciones en el despliegue de los servicios de salud, escasez de medicamentos y falta de personal para la atención sanitaria inmediata (Hernández-Leiva, 2011). Por lo tanto, es indispensable revisar alternativas novedosas que colaboren el continuo desarrollo de este campo aprovechando los beneficios que ofrecen los avances tecnológicos.

Una de las limitaciones persistentes en la medicina tradicional es la falta de cobertura en las zonas rurales y suburbanas, ante la deficiencia de profesionales y centros de sanidad cercanos, esta población históricamente se ha enfrentado a graves problemas de salud sin recibir la atención adecuada, provocando una amplia brecha en las prestaciones de los servicios de salud en estas zonas (Bogoslav, 1975). De tal manera, el acceso a la

salud debe ser globalizado, objetivo alcanzable con la correcta aplicación de nuevas tecnologías que aporten a la telemedicina, práctica que consiste en el uso de herramientas tecnológicas e innovadoras que permiten comunicación ágil y oportuna entre el personal médico y los pacientes sin necesidad de desplazamientos, posibilitando el acceso a la información de forma remota y reducir significativamente los tiempos de espera.

La telemedicina, respaldada por la disruptiva tecnología del Internet de las cosas (IoT), ofrece la posibilidad de un monitoreo continuo y personalizado, brindando a los profesionales de la salud una visión más completa de la salud de sus pacientes (Villanueva, 2012). Esta práctica puede ser esencial en el tratamiento de enfermedades que necesitan ser supervisadas frecuente-mente por el alto riesgo de mortalidad que representan, tal es el caso de las enfermedades cardio-vasculares, ya que se ha determinado que el 40% de los habitantes rurales tienen una mayor probabilidad de padecer cardiopatías (American Heart Association, 2023).

Sin embargo, a pesar del potencial de la salud remota, aún se presentan desafíos en su implementación, especialmente en países en vías de desarrollo cuyo obstáculo principal es la infraestructura tecnológica relacionada directamente con la comunicación, lo que afecta la disponibilidad del servicio. Del mismo modo, existen limitantes relativos a las tecnologías de transmisión, ya que los datos médicos requieren ser transmitidos de forma eficaz y garantizar la seguridad pertinente, de modo que una mala aplicación de esto, llega a degradar la calidad del servicio (L et al., 2013), (Góez & Doria, 2023). Por tal motivo, es necesario el desarrollo de investigaciones que proporcionen orientación y generen conocimiento que permita replicar y mejorar las prácticas eficientes y sirva como aporte al potencial que tiene el tema.

Existen numerosos trabajos donde se menciona que la medicina moderna va más allá de tratar enfermedades, enfocándose también en la prevención y gestión de manera eficiente, por lo que la investigación en este campo es fundamental y en varios países se ha investigado y sugerido a la telemedicina como una red social medica destinada para proporcionar asistencia directa, compartir conocimientos o mejorar el acceso a la atención médica (Pérez-Manchón, 2015). Es decir, que el interés por el tópico es global, y los trabajos enfocados en la aplicación de tecnologías en la salud proponen una mejora en la calidad de vida y el bienestar integral de los pacientes.

En (AlShorman et al., 2021), publicada en 2021, se presenta una revisión de 35 estudios que enfoca en recopilar trabajos que presenta contribuciones y la importancia del monitoreo remoto en la salud, teniendo un enfoque muy general, ya que presenta diversas enfermedades, por lo que, aunque la temática es similar, la delimitante es muy amplia en comparación al presente. Del mismo modo, en (Dalveren & Mishra, 2019) se expone una investigación de 54 estudios, que comprende el periodo 2010-2019, y como se resultado se obtiene información generalizada sobre la informática médica en procesos de monitoreo mediante IoT, y mayormente predicción de enfermedades y toma de decisiones basados en minería de datos e inteligencia artificial. Por consiguiente, se considera oportuna la realización de un trabajo investigativo actualizado y que sintetice la información existente con enfoques específicos en la monitorización y control de enfermedades cardiovasculares.

Por ello, el objetivo principal de la presente es realizar un estudio bibliográfico sobre el uso de la telemedicina respaldada en la tecnología IoT para el tratamiento y monitoreo de patologías cardíacas, y así analizar

críticamente los dispositivos usados en este campo e identificar tendencias, desafíos y aportes que permitan una comprensión detallada de estas tecnologías aplicadas en la atención de cardiopatías.

Este artículo está organizado en 4 secciones adicionales de la siguiente manera. En la sección 2 se presentan conceptos y trabajos relacionados con la temática; en la sección 3 se describe la metodología y herramientas de la investigación; en la sección 4 se presentan los resultados, y finalmente en la sección 5 se dan a conocer las conclusiones del trabajo.

Estado del arte

Hace cien años, la esperanza de vida se situaba alrededor de los 40 años, mientras que en la actualidad se encuentra alrededor de los 70 años gracias a estudios profundos sobre las enfermedades y avances en la tecnología médica, logrando una mejor comprensión de diversas patologías y estableciendo medidas preventivas de mayor efectividad (Rivero Serrano & Martínez, 2011). Este aumento en la esperanza de vida es un indicador claro del progreso en la medicina y en la atención médica en general impulsada con la telemedicina. Además, los recursos tecnológicos modernos para el diagnóstico, monitoreo y tratamiento son considerablemente más avanzados, especialmente los sensores corporales conectados a redes de Internet de las cosas.

La telemedicina o E-health es una aplicación de la tecnología que permite, entre otras cosas, diagnosticar y monitorear a las personas con problemas de salud brindando intervenciones preventivas, diagnósticas, terapéuticas y de seguimiento a los pacientes, especialmente aquellos que de otro modo no podrían acceder a la atención presencial (AISS, 2021). Esta tecnología se complementa con sistemas IoT, permitiendo que dispositivos tengan comunicación entre sí, formando una red interconectada que puede realizar diversas tareas de forma autónoma (IBM, 2023). Lo que significa un gran aporte a la necesidad médica de monitorear signos vitales en tiempo real, una oportunidad para mejorar la gestión de cardiopatías, enfermedades relacionadas al corazón que generan grandes cifras de muertes súbitas, y generalmente afectan a personas menores de 70 años (OMS, s. f.). Lo que indica que este tipo de enfermedades necesitan una gestión más eficiente y cuidados más constantes y precisos, posibilitados gracias a la integración de IoT y telemedicina, permitiendo una vigilancia continua y respuestas rápidas ante cualquier anomalía detectada en los pacientes.

Ante esto y cifras presentadas por la organización mundial de la salud (OMS), que ha dado a conocer que la primera causa de muertes a nivel mundial es debido a las enfermedades cardiovasculares (Hernández-Leiva, 2011), algunos países han hecho esfuerzos para combatir estas enfermedades utilizando diferentes tecnologías, con un enfoque principal en el Internet de las Cosas. En España, se realizó un trabajo investigativo sugiriendo a la telemedicina en una red social medica destinada para proporcionar asistencia directa, compartir conocimientos o mejorar el acceso a la atención medica entre estos países (Pérez-Manchón, 2015). La actividad principal se centra en mejorar la asistencia médica en África y así desarrollar capacidad en los hospitales, siendo diferida a través de plataformas clínicas y redes sociales científicas eficaces para proyectos de cooperación internacional en el desarrollo de la salud.

En Colombia, en el 2023, se propuso un prototipo de servicio e-health que permite monitorear y transmitir el estado de la presión arterial a pacientes hipertensos de forma remota, utilizando dispositivos convencionales

y transmisión de datos a través de Bluetooth y red celular (Balamba-Camacho & Sacristán-Vargas, 2019). Así mismo, en Cuba en el 2019, se propuso un prototipo basado en IoT para controlar parámetros cardíacos, enfocada en minimizar el tiempo de respuesta ante eventos cardiovasculares graves, especialmente para personas alejadas de los centros hospitalarios (La Paz Trujillo, 2019).

En Ecuador, se implementó un sistema de monitoreo para personas propensas a enfermedades cardiovasculares, utilizando el principio del internet de las cosas médicas (IoMT). Con el objetivo de mantener un monitoreo de la frecuencia cardíaca de los pacientes, facilitando la recopilación de datos, reduciendo la intervención manual y garantizando un sistema accesible y fácil de utilizar tanto para profesionales de la salud como para pacientes (Lugmaña Pillajo, 2020).

Los países mencionados, pero no los únicos, han demostrado un esfuerzo significativo en el avance de la telemedicina de enfermedad cardiovasculares, desde el diseño de prototipos para el monitoreo remoto hasta propuestas centradas en la detección temprana y la mejora de hábitos de vida. Estas iniciativas reflejan la diversidad de enfoques que está teniendo esta temática en diferentes regiones para combatir las enfermedades cardiovasculares.

Materiales y métodos

La metodología empleada en este estudio se fundamenta en las directrices establecidas por PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Page et al., 2021), un protocolo riguroso y ampliamente reconocido que garantiza la transparencia, exhaustividad y reproducibilidad en la conducción de revisiones sistemáticas y meta-análisis, enfocada en la investigación sobre las tecnologías IoT en la telemedicina para el tratamiento de enfermedades cardiovasculares.

Además, se complementó con el uso de la herramienta virtual Parsifal (*Parsifal*, 2024), una plataforma avanzada diseñada específicamente para apoyar la gestión integral del proceso de revisión sistemática. Esta combinación metodológica permitió una planificación detallada, una ejecución minuciosa y un reporte estructurado de cada fase del estudio. La utilización conjunta de PRISMA y Parsifal facilitó la identificación precisa de estudios relevantes, la evaluación crítica de su calidad, y la síntesis robusta de los resultados, asegurando la validez y confiabilidad de los hallazgos obtenidos. En la figura 1, se muestra la planificación, ejecución y el reporte que se llevó a cabo en esta investigación.



Figura 1. Esquema de revision.

PLANIFICACIÓN

En el proceso de planificación de la investigación, se optó por la aplicación del método PICOC para la delimitación precisa de las palabras clave pertinentes, fundamentales para este estudio, son: enfermedades cardiovasculares, telemedicina, dispositivos IoT, medicina tradicional y su aplicación en un contexto global. Estas han sido meticulosamente definidas y se presentan detalladamente en la Tabla 1, sirviendo como pilares fundamentales para la ejecución y el análisis. De esta manera, se ha elaborado una cadena de búsqueda que contempla no solo las palabras clave seleccionadas, sino también sus sinónimos, ampliando y garantizando el alcance de la búsqueda, la cual se presenta a continuación: ("IoT Technology" OR "IoT Device" OR "IoT" OR "Internet of Things") AND ("Telemedicine" OR "E-health" OR "Virtual Medicine") AND ("Cardiovascular Diseases" OR "Heart Disease").

Tabla 1. Términos y palabras claves.

Término	Keyword
Población	Enfermedades cardiovasculares
Intervención	Telemedicina, Dispositivos IoT
Comparación	Medicina tradicional
Contexto	Global

Además, se ha procedido al desarrollo de las siguientes preguntas de investigación (PI) con el propósito de guiar la selección de los trabajos finales y enfocar adecuadamente la investigación. Dichas preguntas se enumeran a continuación:

- PI1** - ¿Qué factores inciden en la implementación de tecnologías IoT para la Telemedicina cardiovascular?
PI2 - ¿Qué tipos de dispositivos IoT son usados en la telemedicina para el monitoreo de enfermedades cardiovasculares?
PI3 - ¿Qué funciones desempeñan los sistemas basados en dispositivos IoT?
PI4 - ¿Cuáles son las tecnologías que permiten la conectividad y gestión de datos de los pacientes?

Del mismo modo, los criterios de selección son estándares metodológicos y de relevancia utilizados para evaluar la calidad, validez y significancia de la investigación presentada en este artículo que se presenta en la Tabla 2, asegurando la excelencia académica y la contribución significativa al conocimiento en el campo correspondiente, han sido considerados de la siguiente manera: se incluyen trabajos de revistas indexadas, periodo de publicación no mayor a 6 años desde el 2018 al 2024, el idiomas de las publicaciones en inglés y congresos completos. Por otra parte, se excluyen trabajos que no estén relacionados con las enfermedades cardiovasculares, también capítulos de libros, trabajos duplicados y revisiones.

Tabla 2. Criterios de selección.

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Trabajos publicados de revistas indexadas	Trabajos que no estén relacionados con las enfermedades cardiovasculares
Periodo de publicación: 2018-2024	Capítulos de libros
Idioma: inglés	Revisiones
Documentos de congresos con resultados	Duplicados

Con el fin de enriquecer y fortalecer los criterios de selección establecidos, se elaboraron las siguientes preguntas de evaluar la calidad (PEC) de los trabajos seleccionados:

- PEC1** – ¿Presenta información sobre el despliegue de la telemedicina en las enfermedades cardiovasculares?
PEC2 – ¿Contribuye al menos a una pregunta de investigación?
PEC3 - ¿Se plantea el uso de un dispositivo y/o sistema IoT probado en un sistema médico real?

Con estas preguntas se evaluarán si los artículos son aptos y si cumplen con al menos dos puntos para ser aceptados, la puntuación se definirá de la siguiente manera:

- ✓ Si: 1.0 punto
- ✓ Parcial: 0.5 puntos
- ✓ No: 0.0 puntos

También se elaboró el formulario de extracción de datos que ha sido diseñado para identificar y recopilar los aspectos clave de los trabajos seleccionados. Este formulario establece criterios específicos para la extracción sistemática de información relevante, que se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Formulario de extracción de datos.

Campo	Tipo de dato	PI
Identificador	INT	-
Cita	STRING	-
Año de publicación	INT	-
Factor	STRING	PI1
Dispositivo	STRING	PI2
Tecnología de conectividad	STRING	PI3
Función	STRING	PI4

EJECUCIÓN

La información utilizada en este estudio se obtuvo de tres reconocidas bases de datos académicas: Scopus, ACM (Association for Computing Machinery) y IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). En la figura 2 se presenta el flujograma PRISMA 2020, que permite visualizar con mayor claridad cada una de las etapas del proceso de revisión.

Este flujograma ilustra detalladamente cómo se han descartado trabajos duplicados, estudios no relacionados temáticamente, investigaciones con información desvinculada del tema central de la investigación, así como aquellos que se encontraban fuera del período establecido en los criterios de selección. Finalmente, se realizó una última revisión basada en las preguntas de evaluación de la calidad, asegurando que los trabajos más pertinentes y rigurosos estén incluidos en el análisis final.

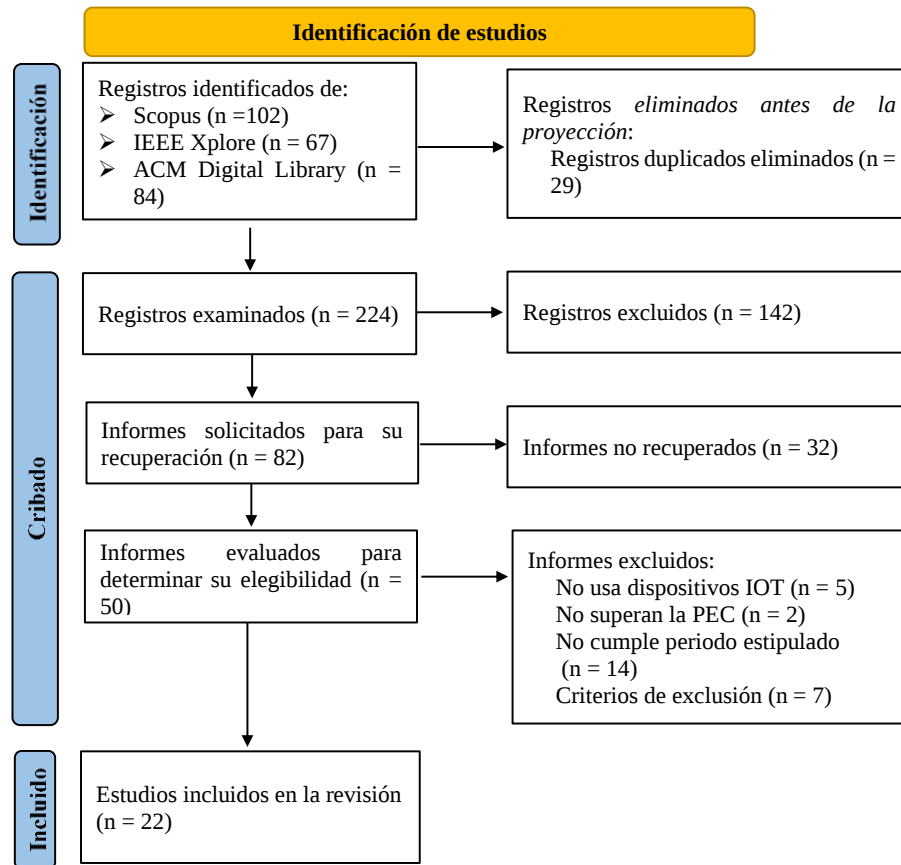


Figura 2. Flujograma PRISMA 2020.

REPORTE

En la figura 3, se puede observar las bases de datos que se han explorado donde Scopus se obtuvo el 59,1 % de los trabajos, ACM digital library con el 9,1 % y IEEE Xplore con un 31,8%.

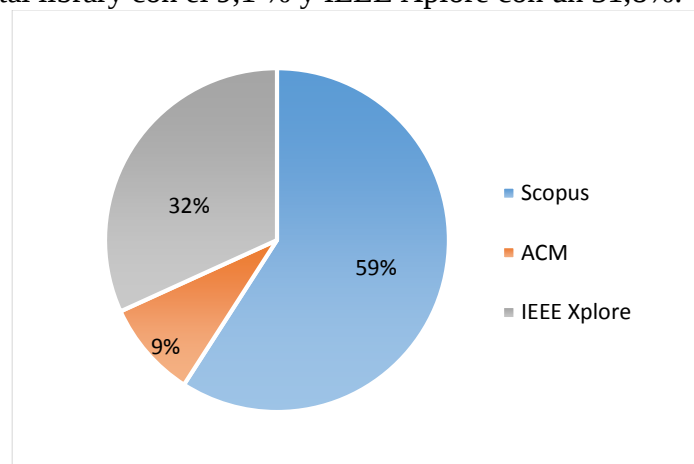


Figura 3. Porcentaje de artículos de acuerdo a las fuentes de búsqueda.

La base de datos Scopus es la fuente con mayor aportación tanto en la fase de búsqueda como en la inclusión final. En la figura 4, se representan los artículos desde su fase inicial hasta los aceptados por fuentes.

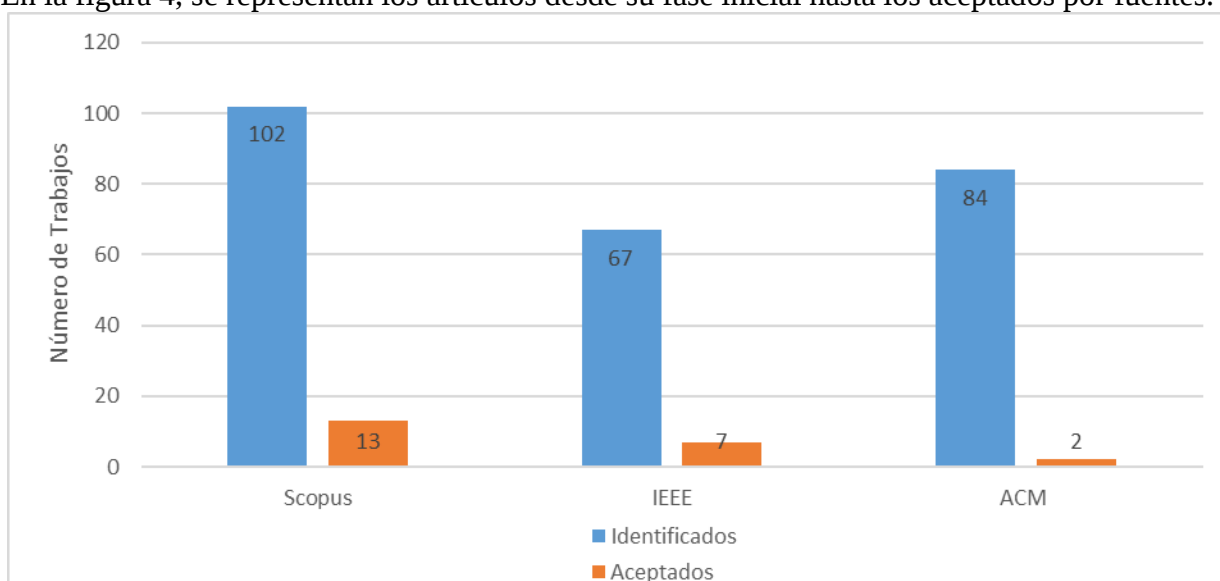


Figura 4. Resultados de trabajos identificados y aceptados por fuentes.

A continuación, en la figura 5 se muestra los resultados que se obtuvieron en las publicaciones con respecto a los años de búsqueda desde el 2018 al 2024. En este se nota una tendencia negativa respecto al número de publicaciones en los años más recientes, se infiere que esto se debe a la accesibilidad de documentos más nuevos, y de la misma manera la alerta mundial por la salud a distancia ha sido relegada luego de la superación a la crisis sanitaria del covid-19.

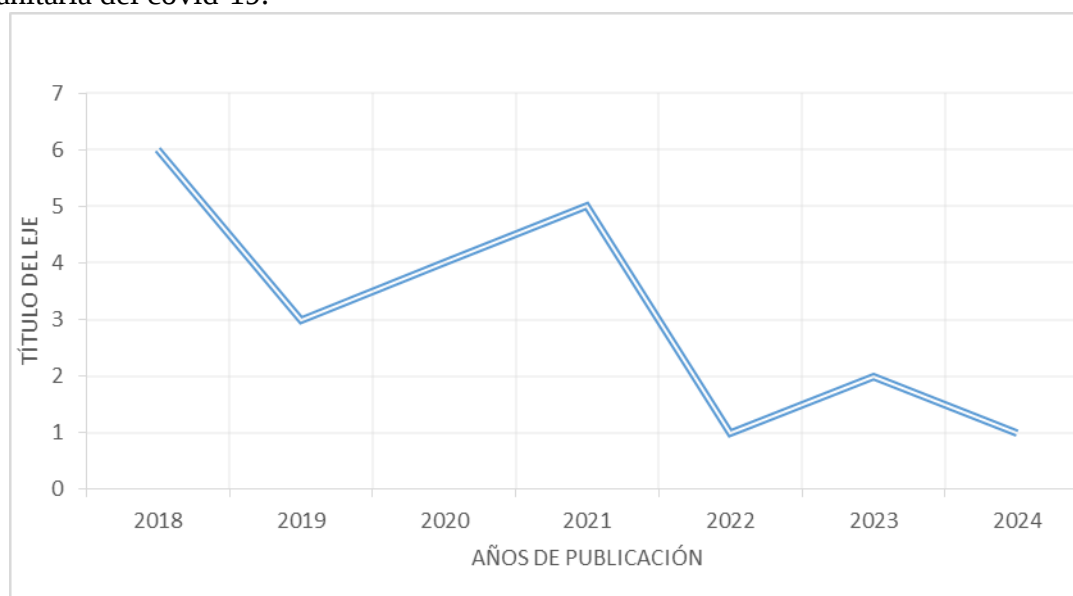


Figura 5. Publicaciones incluidas por año.

Con estos resultados se procede a la extracción de datos de los trabajos seleccionados acerca de las tecnologías IoT en la telemedicina para el tratamiento de enfermedades cardiovasculares, se realizó un análisis donde se abarcan dispositivos y herramientas, factores críticos para la implementación en sistemas de salud reales, las funciones que desempeñan estos dispositivos como el monitoreo en tiempo real y el acceso a servicios médicos en áreas remotas, y las tecnologías empleadas para acceder remotamente a los datos.

Resultados y discusión

En esta sección se presentan los resultados correspondientes al contenido de los trabajos incluidos en la revisión, mismos que responden directamente las preguntas de investigación planteadas en la sección de la metodología en conjunto con la discusión de las mismas.

ANÁLISIS

Los datos extraídos de los trabajos finales son tabulados y analizados objetivamente en este apartado, denotando las frecuencias en los resultados y la categorización de los mismos.

PI1. ¿Qué factores inciden en la implementación de tecnologías IoT para la Telemedicina cardiovascular?

La adopción de tecnologías IoT en la telemedicina cardiovascular está condicionada por varios factores. Los estudios analizados indican que estos factores se dividen en tres categorías principales: tecnológicos, económicos y sociales (Tabla 4). Entre ellos, los factores sociales y económicos son los más destacados y parecen tener una mayor influencia en la implementación y éxito de estas tecnologías; entre esto se destaca la importancia de buscar el bienestar del paciente y que sea accesible en precio para disminuir brechas económicas.

Tabla 4. Factores en la adopción de IoT en la telemedicina cardiovascular.

ID	FACTOR	SUB-FACTOR	REFERENCIA
FA1	Tecnológico	Interferencia de transmisión	(Ren et al., 2018), (Basari & Agung, 2018)
		Funcionalidad tecnológica	(Gomez-Garcia et al., 2021), (Shanin et al., 2018), (Pramukantoro & Gofuku, 2020), (Shafiq et al., 2023), (Sobya et al., 2018)
FA2	Económico	Bajo costo	(Zhang et al., 2020), (Khoumeri et al., 2020), (Villanueva-Miranda et al., 2018), (Carchiolo et al., 2020), (Wang et al., 2022), (Aggoune et al., 2023), (Shanin et al., 2018)
		Accesible para personas	(Iqbal et al., 2024)
		Alto costo	(Rincon et al., 2020)
FA3	Social	Mejor atención	(Kassem et al., 2021)
		Bienestar del paciente	(Khoumeri et al., 2020), (Villanueva-Miranda et al., 2018), (Albahri et al., 2021), (Bolívar Pulgarín et al., 2019), (Wang et al., 2022), (Aggoune et al., 2023), (Di Palma et al., 2019), (Enriko et al., 2018)
		Reducir Mortalidad	(Shafiq et al., 2023)
		Traslado de pacientes	(Basari & Agung, 2018)

PI2. ¿Qué tipos de dispositivos IoT son usados en la telemedicina para el monitoreo de enfermedades cardiovasculares?

Los dispositivos IoT utilizados en la telemedicina para el monitoreo de enfermedades cardiovasculares son variados y cada uno tiene un propósito específico dentro del proceso de tratamientos y seguimiento médico. Según el análisis bibliográfico realizado los dispositivos comunes incluyen sensores portátiles de temperatura corporal, electrocardiogramas, frecuencia cardíaca, oxigenación de la sangre (SpO2) y otros. Estos dispositivos no solo permiten vigilancia continua, sino que también supervisan en tiempo real los parámetros vitales del paciente, lo que facilita la detección temprana de anomalías y la intervención oportuna. En la Tabla 5 que se presenta a continuación se detallan los dispositivos IoT encontrados, los cuales también son catalogados de acuerdo a la ubicación respecto al paciente; estos mayormente son externos ya que no son invasivos con el paciente, no obstante, existen excepciones como el IVUS/IVOCT que controla internamente la salud arterial. Además, hay propuestas que aspiran a converger en la internalización de estos dispositivos, priorizando las mediciones de la presión arterial de forma interna.

Tabla 5. Tipos de dispositivos usados en la telemedicina cardiovascular.

ID	DISPOSITIVO	TIPO	REFERENCIA
D1	Sensor de temperatura corporal	Externo	(Huang et al., 2021), (Kassem et al., 2021), (Di Palma et al., 2019), (Gomez-Garcia et al., 2021), (Shanin et al., 2018)
D2	Sensor de ritmo/ Frecuencia cardíaca	Externo	(Zhang et al., 2020), (Shanin et al., 2018), (Pramukantoro & Gofuku, 2020), (Sobya et al., 2018)
D3	IVUS/IVOCT	Interno	(Huang et al., 2021)
D4	Módulo AD8232 para pulso cardíaco	Interno	(Basari & Agung, 2018)
		Externo	(Basari & Agung, 2018), (Aggoune et al., 2023)
D5	Sensores de ECG	Externo	(Kassem et al., 2021), (Huang et al., 2021), (Khoumeri et al., 2020), (Enriko et al., 2018), (Shanin et al., 2018)
D6	Sensor de pulsioxímetro (SpO2)	Externo	(Kassem et al., 2021), (Khoumeri et al., 2020), (Gomez-Garcia et al., 2021)
D7	Sensor de frecuencia respiratoria	Externo	(Huang et al., 2021)
D8	Sensor de independencia torácica	Externo	(Iqbal et al., 2024)
D9	Sensor EMG	Externo	(Khoumeri et al., 2020)
D10	Sensor flujo de aire	Externo	(Khoumeri et al., 2020)
D11	Sensor de viscosidad	No especificado	(Latha & Vetrivelan, 2019)
D12	Sensor de gas	Externo	(Di Palma et al., 2019)
D13	Sensor de humedad	Externo	(Di Palma et al., 2019)
D14	Sensor de sonido	Externo	(Di Palma et al., 2019)
D15	Sensor de dirección	Externo	(Di Palma et al., 2019)

D16	Sensor de voz	Externo	(Di Palma et al., 2019)
D17	Sensor FSR	Externo	(Shanin et al., 2018)
D18	Multi sensor 3LLT	Externo	(Albahri et al., 2021)

PI3. ¿Qué funciones desempeñan los sistemas basados en dispositivos IoT?

Los sistemas basados en dispositivos IoT desempeñan roles fundamentales en el ámbito de la salud, agrupándose en cuatro funciones principales: diagnóstico automático, envío de alertas, apoyo en la toma de decisiones médicas y monitoreo remoto en tiempo real (Tabla 6). El diagnóstico automático emplea la computación en la nube para analizar datos médicos y ofrecer diagnósticos precisos de manera rápida. El envío de alertas se encarga de notificar automáticamente a cuidadores o médicos cuando se detectan anomalías. El apoyo en la toma de decisiones facilita a los doctores, especialmente en el campo de la telemedicina y la telecirugía, al proporcionar datos detallados y en tiempo real. Finalmente, el monitoreo remoto en tiempo real permite la supervisión continua del estado de salud del paciente, incluyendo parámetros como la frecuencia respiratoria (FR), frecuencia cardíaca (FC), temperatura corporal (TC), niveles de oxígeno en la sangre y presión del pie, con los datos almacenados en la nube para un acceso constante y una gestión óptima de la salud.

Tabla 6. Funciones que desempeñan los dispositivos IoT.

ID	FUNCIÓN	DETALLE	REFERENCIA
F1	Diagnostico automático	Monitorización de ECG y el diagnostico automático a través de computación en la Nube.	(Zhang et al., 2020)
		Recopila de forma remota sonidos cardíacos, procesa señales y predecir enfermedades cardíacas comunes con el modelo de aprendizaje automático entrenado.	(Wang et al., 2022)
		Utiliza tecnología M2M para pacientes cardiovasculares en zonas rurales, incorporando autodiagnóstico mediante el algoritmo k-vecino más cercano (My Kardio).	(Enriko et al., 2018)
		Integra IA e IoT, utiliza redes de sensores de próxima generación para mejorar la eficiencia en la detección de enfermedades.	(Shafiq et al., 2023)
F2	Envío de alertas	Sensores vinculados a un panel IoT con lógica difusa para enviar alertas.	(Kassem et al., 2021)
		Envía datos a cuidadores y médicos usando Bluetooth y transformada de Hilbert-Huang para eficiencia energética.	(Ren et al., 2018)
F3	Facilita la toma de decisiones de médicos	Recopila y monitorea la FR, FC y TC. Emplea redes profundas para clasificar imágenes cardiovasculares, facilitando la telecirugía.	(Huang et al., 2021)
		Monitorea mediante IoT y usa computación de niebla para clasificar automáticamente ECG mediante redes neuronales profundas.	(Rincon et al., 2020)
		Utiliza computación de borde/niebla para análisis rápido de predicción de riesgo de enfermedad cardíaca basado en la viscosidad de la sangre.	(Latha & Vetrivelan, 2019)

F4	Monitoreo remoto en tiempo real	Sigue datos clínicos y ambientales en tiempo real a través de sensores no invasivos, lo que permite crear modelos de rehabilitación en el domicilio del paciente.	(Di Palma et al., 2019)
		Ayuda en procedimientos de triaje en hospitales.	(Gomez-Garcia et al., 2021)
		Determina el estado del paciente con un multi sensor IoT y determina el hospital al que se puede acudir.	(Albahri et al., 2021)
		Monitorea la FC, el oxígeno en sangre, la impedancia torácica y el estado de actividad en tiempo real conectado a una base de datos basada en la nube.	(Iqbal et al., 2024)
		Monitoriza con Raspberry Pi y presenta datos de manera eficiente y accesible a través de una plataforma basada en IoT.	(Khoumeri et al., 2020)
		Monitoriza ECG mediante la nube, lo que mejorar el seguimiento y cuidado de la salud cardíaca (CardiaQloud).	(Villanueva-Miranda et al., 2018)
		Recolecta y digitaliza datos de los pacientes y se conecta a un dispositivo médico portátil a través de Bluetooth para medir varios parámetros.	(Carchiolo et al., 2020)
		Mide la presión arterial y procesa estos datos, una alternativa para un análisis de mayor calidad y precisión.	(Bolívar Pulgarín et al., 2019)
		Recopila datos de ECG, posteriormente se guardan en una base de datos y se muestra en una app web basada en IoT.	(Aggoune et al., 2023)
		Supervisión remota de la salud del paciente, y seguimiento del autocuidado mediante dispositivos personales.	(Gomez-Garcia et al., 2021)
		Monitorea en tiempo real de diversos parámetros (ECG, FC, TC y presión del pie). Estos se envían a la nube mediante IoT.	(Shanin et al., 2018)
		Monitoriza ECG en tiempo real, integra tecnología WiFi y transmite la información a la nube.	(Sobya et al., 2018)
		Usa un sistema de 3 derivaciones con un dispositivo de ECG inalámbrico de un solo canal en un esquema punto a punto.	(Basari & Agung, 2018)
		Combina sensores con enfoque IoT junto a la computación en la nube y en el borde resolviendo la interoperabilidad.	(Pramukantoro & Gofuku, 2020)

PI4. ¿Cuáles son las tecnologías que permiten la conectividad y gestión de datos de los pacientes?

Las tecnologías que facilitan la conectividad y gestión de datos de los pacientes abarcan WiFi y Bluetooth, siendo las más comunes debido a su accesibilidad y eficiencia en la transferencia de datos. Además, LoRaWAN es utilizada para comunicaciones a largas distancias con bajo consumo de energía; ANT+ es ideal para dispositivos de fitness y monitoreo de actividades físicas; RF 2.4GHz equilibra alcance y consumo energético; 3G y 4G permiten la conectividad móvil, con 4G ofreciendo mayores velocidades de datos. El protocolo MQTT es crucial en el IoT médico por su eficacia en la transmisión de datos con baja latencia y su capacidad para operar en redes de ancho de banda reducido.

Tabla 7. Tecnologías empleadas para transmitir o comunicar los datos.

ID	TECNOLOGIA	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
T1	Wifi	IEEE 802.11, facilita la conexión fluida de dispositivos electrónicos inalámbricamente a una red a través de señales de radio, ofrece velocidades de 11 Mbps, 5,5 Mbps, 2 Mbps y 1 Mbps y un alcance de 100 metros (Roldán Martínez & Alba, 2004).	(Zhang et al., 2020), (Iqbal et al., 2024), (Rincon et al., 2020), (Khoumeri et al., 2020), (Villanueva-Miranda et al., 2018), (Wang et al., 2022), (Gomez-Garcia et al., 2021), (Shanin et al., 2018), (Pramukantoro & Gofuku, 2020), (Soby et al., 2018)
T2	Bluetooth	IEEE 802.15.1, tecnología de comunicación de datos punto a punto sin conexión utilizada para conectividad inalámbrica de corto alcance entre dispositivos, celulares, teclados, máquinas de fax, computadoras, etc (Gonzalez Vergara Sergio Alberto, 2008).	(Zhang et al., 2020), (Ren et al., 2018), (Carchiolo et al., 2020), (Wang et al., 2022), (Di Palma et al., 2019), (Gomez-Garcia et al., 2021)
T3	LoRaWAN	Estándar global que ofrece comunicaciones que opera en bandas de radio ISM en frecuencias inferiores a 1 GHz, bidireccionales de alcance de hasta 15 km en línea de vista (Álvarez et al., 2021).	(Rincon et al., 2020)
T4	ANT+	Tecnología de transmisión inalámbrica versátil y de confianza a corta distancia y de bajo consumo energético, enlazar dos dispositivos distintos entre sí (zycle, 2024).	(Gomez-Garcia et al., 2021)
T5	RF 2.4GHz	Es un módulo de comunicación (emisor y receptor) que opera en la banda de 2,4 GHz, se subdivide en canales cada uno de 20 MHz con un consumo energético ultra bajo (López Alberto, 2024).	(Basari & Agung, 2018)
T6	3G	Tecnología de red con velocidades de 200kbps. Rediseñada para mejorar la capacidad de transmisión y ofrecer servicios de internet tanto a dispositivos móviles como fijos (Navarro-Giovanetti, 2008).	(Enriko et al., 2018)

T7	4G	Servicio de Internet móvil de 3000Mbps, apoya el continuo acceso de dispositivos portátiles a la red (Pedroza, 2021).	(Enriko et al., 2018)
T8	MQTT	No es una tecnología de transmisión como tal, es un protocolo de mensajería estandarizado para IoT (publicación/suscripción) (Carrasco, 2023).	(Kassem et al., 2021)

DISCUSIÓN

Se ha realizado una revisión sistemática de la literatura sobre el uso de tecnologías IoT en la telemedicina para el tratamiento de enfermedades cardiovasculares, identificándose 253 trabajos potenciales de los cuales se han incluido 22. Obteniendo 3 factores, 19 dispositivos, 4 funciones categorizadas y 8 tecnologías para la conectividad. Lo que supone un margen relativamente amplio de investigación, con el potencial de evolucionar y descubrir aportes novedosos a este campo de estudio.

Factores a destacar en la aplicación de dispositivos IoT en la telemedicina cardiovascular

La aceptación de tecnologías IoT en la telemedicina cardiovascular depende de factores tecnológicos, económicos y sociales. Los factores sociales y económicos son los más influyentes que reflejan un 52,63% dentro de la revisión. En el ámbito social, es crucial que los pacientes y profesionales de la salud confíen en estas tecnologías, valorando su facilidad de uso, privacidad de los datos y precisión (Basari & Agung, 2018; Kassem et al., 2021; Khoumeri et al., 2020; Shafiq et al., 2023). Desde una perspectiva económica para reducir brechas económicas y permitir que más pacientes accedan a estos avances. Los costos iniciales y recurrentes deben ser manejables para asegurar una ayuda razonable (Rincon et al., 2020; Shanin et al., 2018; Wang et al., 2022). Los factores tecnológicos, mencionados en el 36,84% de los estudios, se centran en la interoperabilidad, seguridad de los datos y robustez de la infraestructura (Basari & Agung, 2018; Soby et al., 2018), lo que refleja que la integración con sistemas de salud existentes y la transmisión de datos fiable deben ser esenciales.

Tipos de dispositivos IoT empleados en la telemedicina de enfermedades cardiovasculares

El uso de dispositivos IoT en la telemedicina ha revolucionado el monitoreo y tratamiento de enfermedades cardiovasculares. Estos dispositivos son variados y cada uno tiene un propósito específico dentro del proceso de tratamientos y seguimiento médico. El análisis bibliográfico realizado revela que los dispositivos más comunes son los sensores de temperatura corporal y de electrocardiogramas, ambos con el 33,33%, seguidos de medidores de frecuencia cardíaca o ritmo cardíaco con 26,66% y pulsioxímetros con el 20%, además de estos se presentan otros dispositivos con menor frecuencia de uso. La implementación de estos dispositivos no solo permite una vigilancia continua, sino que también supervisa en tiempo real los parámetros vitales del paciente, facilitando la detección temprana de anomalías y la intervención oportuna.

Los dispositivos IoT utilizados se han categorizado de acuerdo a su ubicación en relación con el paciente. La mayoría de estos dispositivos son externos, minimizando la invasión corporal y mejorando la comodidad del paciente (Kassem et al., 2021; Zhang et al., 2020). Sin embargo, hay excepciones significativas como el IVUS/IVOCT (Huang et al., 2021), que monitorea la salud arterial de manera interna. Este dispositivo es crucial para la evaluación detallada de las arterias y para intervenciones más precisas.

Un aspecto interesante es la tendencia hacia la internalización de los dispositivos IoT en el monitoreo cardiovascular. Las propuestas emergentes apuntan a integrar dispositivos internos que prioricen la medición de la presión arterial de manera interna (Basari & Agung, 2018). Esta evolución no solo promete una precisión mayor en la recolección de datos, sino también una mejor capacidad de respuesta ante cualquier cambio en el estado del paciente.

Funciones de sistemas basados en IoT para cardiopatías

Los sistemas basados en dispositivos IoT desempeñan roles esenciales en la salud, organizándose en cuatro funciones principales. El 50% de los trabajos están enfocados en el monitoreo remoto en tiempo real, el cual permite la supervisión continua del estado de salud del paciente (Sobya et al., 2018). Parámetros como la frecuencia respiratoria, frecuencia cardíaca, temperatura corporal (Shanin et al., 2018), niveles de oxígeno en la sangre (Iqbal et al., 2024) y presión del pie son monitoreados y almacenados en la nube, lo que garantiza un acceso constante a los datos y una gestión óptima de la salud del paciente (Gomez-Garcia et al., 2021).

Por otra parte, se encuentra la colaboración de modelos médicos basados en IoT que facilitan la toma de decisiones, un rol fundamental para eficientizar la telemedicina y telecirugía (Huang et al., 2021), proporcionando a los médicos datos detallados y en tiempo real, evaluados conjuntamente con técnicas de inteligencia artificial, computación en la niebla y procesamiento de datos (Latha & Vetrivelan, 2019).

De la misma manera, con un 18,18% tenemos el diagnóstico automático que utiliza la computación e IA en la nube para analizar datos (Shafiq et al., 2023) (Zhang et al., 2020), proporcionando diagnósticos precisos permitiendo identificar problemas de salud de manera eficiente, mejorando la respuesta y tratamiento de los pacientes, especialmente a zonas desatendidas, como las rurales (Enriko et al., 2018). Finalmente, con un 9,09% se encuentra el envío de alertas, siendo crucial para la seguridad del paciente, ya que notifica automáticamente a cuidadores o médicos cuando se detectan anomalías, permitiendo intervenciones oportunas (Ren et al., 2018). Este tipo de sistema de notificación proactiva es vital para prevenir complicaciones graves (Kassem et al., 2021).

Tendencias en tecnologías de conectividad usadas en sistemas IoT en la telemedicina cardiovascular

Las tecnologías que facilitan la conectividad y gestión de datos en la telemedicina incluyen Wifi y Bluetooth siendo las más destacadas por su accesibilidad y eficiencia. El 58,82% de los trabajos indican que Wifi es la tecnología más utilizada, se infiere que debido a su conveniencia, popularidad y facilidad en la conectividad entre dispositivos (Zhang et al., 2020)(Wang et al., 2022). Por otro lado, Bluetooth con el 35,29% se considera otra de las tecnologías con mayor recurrencia de uso, se estima alta eficiencia en la transmisión y reducción de costos (Carchiolo et al., 2020)(Di Palma et al., 2019).

Otras tecnologías aparecen con el 5,88%, entre ellas destacan, LoRaWAN para las comunicaciones a larga distancia y bajo consumo de energía (Rincon et al., 2020). ANT+ como una tecnología poco común pero

perfecta para dispositivos relacionados al fitness o monitoreo de actividades físicas (Gomez-Garcia et al., 2021). Asimismo, la tecnología radiofrecuencia (RF) 2.4GHz se considera un método versátil para diversas aplicaciones hospitalarias (Basari & Agung, 2018). También se resaltan las conectividades móviles 3G y 4G que permiten tasas de transmisión importantes en tiempo real (Enriko et al., 2018). Por último, ya mencionadas las diferentes tecnologías implementadas es necesario indicar el protocolo MQTT, aunque no es una tecnología de transmisión, es una alternativa en el IoT por su baja latencia y capacidad para operar en redes de ancho de banda reducido, facilitando una comunicación rápida y eficaz (Kassem et al., 2021).

Conclusiones

Esta revisión denota la importancia de la incursión de la tecnología en otros campos, específicamente los dispositivos IoT en la medicina, la realización de esta demuestra la importancia de condensar conocimientos respecto al tópico, que sirva como guía a los profesionales interesados, y marcar pautas y se evalúe el estado del arte acerca de las tecnologías empleadas y los dispositivos usados en la detección, tratamiento y control de enfermedades cardiovasculares, mismas que presentan altos índices de mortalidad.

Se analizaron los factores a considerar en la implementación de este tipo de tecnología en la telemedicina, los de carácter económico y social son los más citados, principalmente por la búsqueda de mejorar la accesibilidad, reduciendo el costo del control de estas enfermedades y al mismo tiempo reducir brechas de atención en zonas de ruralidad. En complemento se denota que emplear dispositivos es sustancial, y los que han presentado una mayor usabilidad son los sensores portátiles de temperatura corporal, ritmo y/o frecuencia cardiaca, ECG y SpO2, que en conjunto con tecnologías como Wifi y Bluetooth permiten la transferencia de datos y comunicación entre dispositivos se puede mejorar la gestión de cardiopatías cumpliendo funciones como solventar la necesidad del monitoreo constante, enviar alertas sobre el estado de salud del paciente y con ayuda de otras tecnologías como IA y computación en la nube ayudar en la toma de decisiones en las intervenciones y hasta realizar autodiagnósticos. Los resultados de esta investigación generan un espacio importante para que nuevas tecnologías se vayan acoplando a los sistemas médicos y así hacerlos más eficientes y mejorar la calidad de servicio a los pacientes al mismo tiempo que se reducen las brechas de accesibilidad en la atención.

A pesar de los avances significativos en el campo, aún existen limitaciones por abordar, especialmente el desarrollo mecanismos de seguridad sólidos para la gestión de los datos, la insuficiente interoperabilidad entre dispositivos y la inexistencia de dispositivos que controlen internamente el estado de los pacientes. Dado esto, es crucial innovar en el desarrollo de dispositivos internos que mejoren la precisión de las mediciones y los diagnósticos. También es esencial avanzar en sistemas que combinen varios dispositivos (multimodales) y perfeccionar el acoplamiento con otras herramientas como la inteligencia artificial y algoritmos de seguridad. Además de destacar, la constante capacitación a doctores y pacientes para garantizar que estas tecnologías sean acogidas y utilizadas de manera efectiva.

Referencias

- Aggoune, A., Seddiki, L., & Bouguettoucha, R. (2023). IoT health telemonitoring application for cardiovascular patients.
- AISS. (2021, mayo 11). Telemedicina: Buenas prácticas en América Latina. International Social Security Association (ISSA). <https://www.issa.int/es/analysis/telemedicina-buenas-practicas-en-america-latina>
- Albahri, A. S., Zaidan, A. A., Albahri, O. S., Zaidan, B. B., Alamoodi, A. H., Shareef, A. H., Alwan, J. K., Hamid, R. A., Aljbory, M. T., Jasim, A. N., Baqer, M. J., & Mohammed, K. I. (2021). Development of IoT-based mhealth framework for various cases of heart disease patients. *Health and Technology*, 11(5), 1013-1033. <https://doi.org/10.1007/s12553-021-00579-x>
- AlShorman, O., Alshorman, B., Masadeh, M., Alkahtani, F., & Al-Absi, B. (2021). A review of remote health monitoring based on internet of things. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 22(1), Article 1. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v22.i1.pp297-306>
- Álvarez, J. P. M., Abdalá, V. I. R., Barboza, F. M. R. M., & Soria, F. R. C. (2021). Estudio descriptivo de LoRaWAN y aplicaciones específicas. *Difu100ci@*, Revista de difusión científica, ingeniería y tecnologías, 15(1), Article 1.
- American Heart Association. (2023). Las disparidades sanitarias, uno de los muchos desafíos particulares a los que se enfrentan los habitantes de las zonas rurales de Estados Unidos. American Heart Association. <http://newsroom.heart.org/news/las-disparidades-sanitarias-uno-de-los-muchos-desafios-particulares-a-los-que-se-enfrentan-los-habitantes-de-las-zonas-rurales-de-estados-unidos>
- Balamba-Camacho, B. D., & Sacristán-Vargas, J. E. (2019). Prototipo funcional de un servicio e-Health para monitorear, transmitir y almacenar el estado de la presión arterial de pacientes crónicos-hipertensos [Trabajo de grado - Pregrado, UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA]. <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/b6a0ac99-31ad-4da6-8b5e-8fb1643fb650>
- Basari, & Agung, M. A. (2018). Wireless ECG Patient Monitoring System Performance Aimed at Off-/On-body Communications. 2018 Progress in Electromagnetics Research Symposium (PIERS-Toyama), 1000-1004. <https://doi.org/10.23919/PIERS.2018.8597687>
- Bogoslav, D. (1975). LA SALUD RURAL EN CHILE: PROGRAMA PARA ATRAER MEDICOS A LAS ZONAS RURALES.
- Bolivar Pulgarin, N. G., Cangrejo Aljure, L. D., & Salcedo Parra, O. J. (2019). eHeart-BP, Prototype of the Internet of Things to Monitor Blood Pressure. 2019 IEEE/ACM International Conference on Connected Health: Applications, Systems and Engineering Technologies (CHASE), 58-63. <https://doi.org/10.1109/CHASE48038.2019.00025>
- Carchiolo, V., Longheu, A., Tinella, S., Ferrara, S., & Savalli, N. (2020). Data Collection via Wearable Medical Devices for Mobile Health: Proceedings of the 13th International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies, 586-592. <https://doi.org/10.5220/0009100705860592>

- Carrasco, D. (2023, febrero 25). MQTT: ¿Qué es y cómo funciona? ElectroSoftCloud. <https://www.electrosoftcloud.com/mqtt-que-es-y-como-functiona/>
- Dalveren, G. G. M., & Mishra, D. (2019). Software Engineering in Medical Informatics: A Systematic Literature Review. Proceedings of the 9th International Conference on Information Communication and Management, 112-117. <https://doi.org/10.1145/3357419.3357444>
- Di Palma, V., De Venuto, D., Ricci, S., Frangi, A., Savoia, A. S., Di Nocera, D., Zampognaro, P., Coronato, A., Infantino, I., Pescosolido, L., De Luca, N., & Di Matteo, A. (2019). “Medical Assistance in Contextual awareness” (AMICO): A project for a better cardiopathic patients quality of care. 2019 IEEE 8th International Workshop on Advances in Sensors and Interfaces (IWASI), 230-233. <https://doi.org/10.1109/IWASI.2019.8791308>
- Enriko, I. K. A., Suryanegara, M., & Gunawan, D. (2018). My Kardio: A telemedicine system based on machine-to-machine (M2M) technology for cardiovascular patients in rural areas with auto-diagnosis feature using k-Nearest Neighbor algorithm. 2018 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT), 1775-1780. <https://doi.org/10.1109/ICIT.2018.8352452>
- Góez, D. N. R., & Doria, I. Y. (2023). Barreras de acceso a los servicios de salud de telemedicina en Colombia entre 2020—2023 según la literatura. Revista CIES Escolme, 14(2), Article 2.
- Gomez-Garcia, C. A., Askar-Rodriguez, M., & Velasco-Medina, J. (2021). Platform for Healthcare Promotion and Cardiovascular Disease Prevention. IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics, 25(7), 2758-2767. <https://doi.org/10.1109/JBHI.2021.3051967>
- Gonzalez Vergara Sergio Alberto. (2008). Tecnologia Bluetooth—TECNOLOGÍA BLUETOOTH. <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-de-san-martin-de-porres/regulacion-de-telecomunicaciones/tecnologia-bluetooth/33539758>
- Hernández-Leiva, E. (2011). Epidemiología del síndrome coronario agudo y la insuficiencia cardiaca en Latinoamérica. Revista Española de Cardiología, 64, 34-43. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2011.01.022>
- Huang, C., Zong, Y., Chen, J., Liu, W., Lloret, J., & Mukherjee, M. (2021). A Deep Segmentation Network of Stent Struts Based on IoT for Interventional Cardiovascular Diagnosis. IEEE Wireless Communications, 28(3), 36-43. <https://doi.org/10.1109/MWC.001.2000407>
- IBM. (2023, diciembre 14). ¿Qué es el Internet de las cosas? <https://www.ibm.com/mx-es/topics/internet-of-things>
- Iqbal, S. M. A., Leavitt, M. A., Mahgoub, I., & Asghar, W. (2024). A Wearable Internet of Things Device for Noninvasive Remote Monitoring of Vital Signs Related to Heart Failure. IoT, 5(1), 155-167. <https://doi.org/10.3390/iot5010008>
- Kassem, A., Tamazin, M., & Aly, M. H. (2021). A Context-Aware IoT-Based Smart Wearable Health Monitoring System. 2020 International Conference on Communications, Signal Processing, and Their Applications (ICCSA), 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICCSA49915.2021.9385761>

- Khoumeri, E.-H., Cheggou, R., & Ferhah, K. (2020). An IoT Based e-Health Platform Using Raspberry Pi. 257-271. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39445-5_20
- L, C. O., Mac, J. C., Forero, L. P., Mart, I., Camacho, H. M., & Llamas, R. V. (2013). Telemedicina Aplicada a la Valoración del Riesgo Cardiovascular: Experiencia en el Hospital María Angelines de Puerto Leguizamó, Putumayo. Ciencia e Innovación en Salud. <https://doi.org/10.17081/innosa.1.2.54>
- La Paz Trujillo, I. (2019). Propuesta de Arquitectura de Dispositivo para Controlar Parámetros del Corazón. Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas, 12(11), 81-89.
- Latha, R., & Vetrivelan, P. (2019). Blood Viscosity based Heart Disease Risk Prediction Model in Edge/Fog Computing. 2019 11th International Conference on Communication Systems & Networks (COMSNETS), 833-837. <https://doi.org/10.1109/COMSNETS.2019.8711358>
- López Alberto. (2024, mayo 13). Qué bandas de frecuencias WiFi hay: Explicación 2.4 GHz, 5 GHz y 6 GHz. RedesZone. <https://www.redeszone.net/tutoriales/redes-wifi/bandas-frecuencias-wi-fi/>
- Lugmaña Pillajo, H. R. (2020). Implementación de un sistema de adquisición de datos cardiovasculares utilizando tecnología IoMT [bachelorThesis, Quito: Universidad de las Américas, 2020]. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/12111>
- Navarro-Giovanetti, J. (2008). EVOLUCIÓN DE 3G Y SU CONVERGENCIA A 4G EN COMUNICACIONES MÓVILES [UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE]. https://www.academia.edu/22217384/Evolucion_3G_4G
- OMS. (s. f.). Enfermedades cardiovasculares. Organización Mundial de la Salud. Recuperado 23 de abril de 2024, de <https://www.who.int/es/health-topics/cardiovascular-diseases>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). Declaración PRISMA 2020: Una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. Revista Española de Cardiología, 74(9), 790-799. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016>
- Parsifal. (2024). <https://parsif.al/>
- Pedroza, S. (2021, septiembre 18). 4G - Qué es, ventajas y desventajas. Muy Tecnológicos. <https://muytecnologicos.com/diccionario-tecnologico/4g>
- Pérez-Manchón, D. (2015). Telemedicina, una red social médica de ayuda humanitaria entre España y Camerún. Gaceta Sanitaria, 29(1), 59-61. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2014.07.011>
- Pramukantoro, E. S., & Gofuku, A. (2020). Prototype of multi-layer personal cardiac monitoring system for data interoperability problem. Proceedings of the 5th International Conference on Sustainable Information Engineering and Technology, 84-89. <https://doi.org/10.1145/3427423.3427442>
- Ren, H., Jin, H., Chen, C., Ghayvat, H., & Chen, W. (2018). A Novel Cardiac Auscultation Monitoring System Based on Wireless Sensing for Healthcare. IEEE Journal of Translational Engineering in Health and Medicine, 6, 1-12. <https://doi.org/10.1109/JTEHM.2018.2847329>

- Rincon, J. A., Guerra-Ojeda, S., Carrascosa, C., & Julian, V. (2020). An IoT and Fog Computing-Based Monitoring System for Cardiovascular Patients with Automatic ECG Classification Using Deep Neural Networks. *Sensors*, 20(24), 7353. <https://doi.org/10.3390/s20247353>
- Rivero Serrano, O., & Martínez, L. A. (2011). La medicina actual. *Revista de la Facultad de Medicina (México)*, 54(2), 21-32.
- Roldán Martínez, D., & Alba, J. (2004). Aplicaciones de WiFi. *Bit*, 145, 68-70.
- Shafiq, M., Du, C., Jamal, N., Abro, J. H., Kamal, T., Afsar, S., & Mia, Md. S. (2023). Smart E-Health System for Heart Disease Detection Using Artificial Intelligence and Internet of Things Integrated Next-Generation Sensor Networks. *Journal of Sensors*, 2023, 1-7. <https://doi.org/10.1155/2023/6383099>
- Shanin, F., Aiswarya Das, H. A., Arya Krishnan, G., Neha, L. S., Thaha, N., Aneesh, R. P., Embrandiri, S., & Jayakrishan, S. (2018). Portable and Centralised E-Health Record System for Patient Monitoring Using Internet of Things(IoT). 2018 International CET Conference on Control, Communication, and Computing (IC4), 165-170. <https://doi.org/10.1109/CETIC4.2018.8530891>
- Sobya, D., Muruganandham, S. K., Nallusamy, S., & Chakraborty, P. S. (2018). Wireless ECG Monitoring System using IoT based Signal Conditioning Module For Real Time Signal Acquisition. *Indian Journal of Public Health Research & Development*, 9(5), 294. <https://doi.org/10.5958/0976-5506.2018.00457.6>
- Villanueva, A. L. (2012). De la medicina tradicional a la medicina moderna.
- Villanueva-Miranda, I., Nazeran, H., & Martinek, R. (2018). CardiaQcloud: A Remote ECG Monitoring System Using Cloud Services for eHealth and mHealth Applications. 2018 IEEE 20th International Conference on E-Health Networking, Applications and Services (Healthcom), 1-6. <https://doi.org/10.1109/HealthCom.2018.8531164>
- Wang, A., Zhao, L., & Wu, X. (2022). iCare: An Intelligent System for Remote Cardiac Monitoring in Smart Healthcare. 2022 IEEE International Conference on Consumer Electronics - Taiwan, 91-92. <https://doi.org/10.1109/ICCE-Taiwan55306.2022.9869226>
- Zhang, Z., Li, H., Gong, Z., Jin, R., & Chung, T.-S. (2020). A Compatible ECG Diagnosis Cloud Computing Framework and Prototype Application. *Proceedings of the 2020 6th International Conference on Computing and Artificial Intelligence*, 135-139. <https://doi.org/10.1145/3404555.3404640>
- zycle. (2024, marzo 26). Tecnología ANT+: Cómo funciona y qué características principales tiene. ZYCLE. <https://zycle.eu/tecnologia-ant-como-funciona-y-que-caracteristicas-principales-tiene/>