

A Systematic Literature Review: Effectiveness of Wearable Devices in Monitoring Arterial Hypertension in Older Adults

Albornoz Huaman, Sebastian Enrique Victor¹ ; Cosavalente Pastor, Gianpiere Enrique¹ ; Cruz Morales, Jesus Miguel Antonio¹ ; Soto Solano, Mauro Alejandro¹ ; Reggiardo Romero, Roxana Ruth² 

¹Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas, Universidad Nacional Federico Villareal, Peru, 2025028504@unfv.edu.pe, 2025038812@unfv.edu.pe, 2025028674@unfv.edu.pe, 2024024709@unfv.edu.pe

²Universidad Tecnológica del Perú, rreggiardo@utp.edu.pe

Abstract- Small devices have become important objects for monitoring health, giving new opportunities to measure pressure without touching. This paper looks at new studies about the accuracy and how well small devices work for viewing blood pressure in larger people. The way to search for words like "small devices" and "older people", using Scopus as a primary basis. The findings show that although small devices have promising practicality and ease, there are still problems with calibration accuracy and validation standards in elderly groups. This study indicates the need to join forces between engineers, doctors and healthcare leaders to ensure the safe and effective use of these portable technologies and the care of the elderly.

Keywords-- Wearable devices, blood pressure, older adults, accurate health monitoring.

Una Revisión Sistemática de la Literatura: Efectividad de Dispositivos Wearables en el Monitoreo de la Hipertensión Arterial en Adultos Mayores

Albornoz Huaman, Sebastian Enrique Victor¹ ; Cosavalente Pastor, Gianpiere Enrique¹ ; Cruz Morales, Jesus Miguel Antonio¹ ; Soto Solano, Mauro Alejandro¹ ; Reggiardo Romero, Roxana Ruth² 

¹Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas, Universidad Nacional Federico Villareal, Peru, 2025028504@unfv.edu.pe, 2025038812@unfv.edu.pe, 2025028674@unfv.edu.pe, 2024024709@unfv.edu.pe

²Universidad Tecnológica del Perú, rreggiardo@utp.edu.pe

Resumen– Los dispositivos pequeños se han convertido en herramientas importantes para el monitoreo de la salud, ofreciendo nuevas oportunidades para medir la presión arterial sin contacto. Este artículo analiza estudios recientes sobre la precisión y el funcionamiento de estos dispositivos para medir la presión arterial en personas mayores. Se describe cómo buscar términos como "dispositivos pequeños" y "personas mayores" utilizando Scopus como base de datos principal. Los resultados muestran que, si bien los dispositivos pequeños son prometedores por su practicidad y facilidad de uso, aún existen problemas con la precisión de la calibración y los estándares de validación en este grupo poblacional. Este estudio señala la necesidad de una colaboración entre ingenieros, médicos y líderes del sector salud para garantizar el uso seguro y eficaz de estas tecnologías portátiles y el cuidado de las personas mayores.

Palabras clave– Dispositivos portátiles, presión arterial, adultos mayores, monitorización precisa de la salud.

I. INTRODUCCIÓN

La hipertensión arterial representa una de las condiciones médicas con las más alarmantes repercusiones desde la perspectiva de la salud pública internacional, localizándose específicamente en el principal factor de riesgo que es susceptible de poder intervenir en la génesis de trastornos cardiovasculares, cerebrales y renales. Su tasa de ocurrencia progresa ampliamente en paralelo a la edad, lo que condiciona su gran perturbación entre las personas mayores, con lo que éstas tienden a sufrir patologías concurrentes que incrementan la dificultad en la posibilidad de abordajes clínicos [1] La adopción de un seguimiento riguroso de la tensión arterial es importante y necesario para no tener riesgos de un posible aguante de cuantiosas complicaciones y de evitar la posibilidad de crisis hipertensivas. Los métodos convencionales, a partir de tensiómetros de brazo o de mediciones manuales, presentan algunas desventajas que tienen que ser tomadas en consideración: pueden ser incómodos si la medición se lleva a término de un modo intensivo y tienen un grado de dificultad de llevarlos a cabo y

transportarlos, ya que requieren de la supervisión continua por parte de profesionales [2]. En este sentido, la tecnología portable moderna representa una opción técnica válida, logrando la determinación y la monitorización automática en el contexto de los datos circulatorios continuos, controlable por el propio paciente y disponible fuera del entorno asistencial habitual, todo ello favoreciendo con ello la búsqueda activa del paciente y la posibilidad de identificar patrones de advertencia de alteraciones en su estado vascular.

En los últimos años y a consecuencia de diferentes adversidades, el ser humano ha decidido evolucionar las nuevas tecnologías que son capaces de digitalizar y automatizar en su totalidad, todos los tipos de sistema previamente existentes, el sistema medico al ser uno de los más esenciales lógicamente no ha sido la excepción, este sector ha hallado su forma de modernizarse en la utilización de la telemedicina y el internet de las cosas, dejando atrás la utilización de las formas tradicionales, por las formas mucho más eficaces en la atención y el diagnóstico para los pacientes que cuenten con hipertensión arterial [3]. La mayoría de estos medios han tenido como protagonistas a los dispositivos wearables, tecnología avanzada capaz de poder cuantificar parámetros fisiológicos que son muy relevantes para el seguimiento de un paciente como puede ser la frecuencia cardíaca, presión arterial o variabilidad en ritmo cardíaco, pero el provecho de estos van muchísimo más allá de eso la verdadera utilidad radica en que gracias a estos podemos emitir alertas rápidas en tiempo real y vía remota, para los profesionales de la salud, alertas que pueden llegar a salvar muchas vidas y extender otras tantas más.

Ghavami et al. [1] consiguieron demostrar que la aplicación Green hertz ayudó a gran cantidad de pacientes a mejorar el control arterial, mediante una reducción de niveles de LDL-C, dándonos un buen indicador de lo efectivo que puede llegar a ser el control digital. De forma parecida tenemos a Wang et al.[4] cuya investigación nos muestra

como unos monitores wearables por bluetooth generar un compromiso por parte del paciente con el tratamiento, que se siente más implicado y tomado en consideración, creando compromiso en el mismo con el proceso, estos antecedentes solamente corroboran que un buen uso de las tecnologías digitales pueden complementar un tratamiento farmacológico, funcionando como un buen método de control y seguimiento en el tratamiento de hipertensivos.

A continuación, tampoco podemos representar a estos instrumentos de medida como medios de medición infalible, dado que como toda tecnología nueva tienen falencias que deben mejorarse con el tiempo, de la misma forma que continúan siendo una fuente de polémica porque son objeto de comparaciones constantes con métodos clínicos tradicionales, por ejemplo investigaciones recientes han ido mostrando cómo son estas nuevas alternativas, tal como es el caso de las tecnologías cuffless o sin brazalete, una alternativa que es mucho más cómoda que los brazaletes tradicionales que se inflaban y producían una gran presión, estos presentan otro tipo de mecanismos ya que no realizan la medida de la presión con la compresión del brazo sino que usan fotoplethismográficas y algoritmos de aprendizaje como el machine learning (ML) para relacionar y comparar señales ópticas con valores reales estandarizados, no obstante, un caso que puso en duda la infalibilidad de estos dispositivos es el caso de Sholokhova et al. [2] Ellos sugirieron el uso de un dispositivo tipo cuffless al que llamaron ACSA+ y que se encargaba también de usar modelos de ML, gracias a este modelo se le lograron programar los valores ideales de presión arterial para ser comparados en diversos casos clínicos, se adquirió la certeza que era muy aplicable a las distintas poblaciones debido a su fácil y cómodo uso, seleccionar el dispositivo no obstante Tana et al. [5] nos dio a conocer todo el conocimiento de otra tecnología cuffless llamada “Aktiia”, dispositivo que mostró debilidades en condiciones de oscuridad a causa de que su dispositivo central para su identificación era mediante señales ópticas que en condiciones muy oscuras y variaciones farmacológicas presentó limitantes por lo que se adquirió la certeza que para ese tipo de dispositivo se deben crear unas políticas internacionales de validación. De la misma manera Desebbe et al. [3] contrastaron las mediciones de su aplicativo OptiBP™ vs. los estándares mundiales medidos mediante equipos médicos tradicionales (AAMI/ISO) demostrando que en condiciones controladas estos dispositivos y aplicaciones digitales pueden llegar a ser igual de efectivos que los métodos tradicionales mientras que es cierto que el talonario de las posibles limitaciones de estas aplicaciones por la propia situación de las mediciones digitales como medios de mediciones de presión arterial.

La indagación actual ha progresado los estudios acerca de los wearables hacia las clínicas aplicadas y hacia grupos de pacientes específicamente vulnerables. Un trabajo representativo es el de Choi y sus colaboradores [6] usando

parches de ECG adhesivos para monitorizar la variabilidad del ritmo cardíaco durante los periodos intervenidos entre sesiones de diálisis encontrando alteraciones autonómicas importantes en sujetos con alto riesgo cardiovascular. Siguiendo esta misma línea, Vaseekaran y su equipo [7] compararon las mediciones del monitor en un reloj con tecnología oscilométrica (Omron HeartGuide), y, en paralelo, los monitores ambulatorios obteniendo que la correlación de la presión arterial medida durante periodos largos es sistemáticamente alta. Estos resultados corroboran el potencial de wearables correctamente validados para ofrecer datos viables a partir del seguimiento de los pacientes hipertensos aún en ausencia del contexto clínico.

Sin embargo, la evolución técnica todavía no ha encontrado su correlato en evidencias contundentes sobre su eficacia real en la población geriátrica. La literatura expuesta presenta un marcado desequilibrio en favor de los aspectos técnicos, y de la práctica clínica, la sostenibilidad del uso a largo plazo o los elementos de aceptabilidad en personas mayores son dimensiones críticas que quedan relegadas. En este sentido, los elementos prácticos tales como el diseño ergonómico, la curva de aprendizaje, el funcionamiento en condiciones de vida real, la integración con los sistemas de salud son tópicos que merecen una mayor profundización [6], [7].

La evidencia, que ha sido sintetizada con el uso de un metaanálisis, concluye que las intervenciones mHealth sí que mejoran el control de la HTA frente al cuidado habitual, con descensos medios en PAS (~4.5 mmHg) y PAD (~2.5 mmHg) así como con mayor tasa de control en hipertensos no controlados [8]. Programas de autogestión cardiovascular que van en la dirección de un monitoreo + feedback + coaching digital sí que muestran asociaciones con los descensos clínicamente relevantes no sólo de la PA sino también de lípidos y de peso, lo que aumenta el beneficio cardiometabólico [9]. Además, la adherencia a la medicación sí que aumentaría con el uso de apps móviles, tal y como enuncian revisiones sistemáticas y metaanálisis de ensayos que muestran notorias mejoras en las escalas estandarizadas, aunque hace falta más soporte que avisen para la integración de módulos de la adherencia [10].

En términos de tecnología también comparas los estudios concluyendo que el monitor tipo reloj (WBPM) logra aproximarse a las referencias ambulatorias siempre y cuando se pase por las variaciones y, por tanto, precisar del estricto cumplimiento de los protocolos y de calibraciones [11] y que las soluciones cuffless en base a PTT (smartphone) pueden tener diferencias medias absolutas dentro de los criterios AAMI/ESH/ISO para la mayoría de las mediciones aunque requieren las validaciones propias para el uso clínico rutinario [12]. Simultáneamente los estudios de tecnología móvil para el tamizaje de riesgo CV concluyen como aceptable la precisión y la reducción del tiempo de medición asesoran también para

el papel que ahora se le otorga al tamizaje y al monitoreo en los escenarios de los sistemas de salud con pocos recursos [13].

En relación a la adopción, el análisis configuracionales muestra diversas vías hacia la intención de uso en los pacientes con HTA, lo cual implica diseñar intervenciones que aborden diferentes perfiles de motivación, alfabetización digital, y valor percibido [14]. La media de monitorización continua inalámbrica en la sala general se asocia a una estancia, claramente reducida y aceptabilidad, ofreciendo espacios de transición segura y posteriormente, alternativas de seguimiento domiciliario [15]. Por otro lado, las experiencias con agentes comunitarios y herramientas móviles en poblaciones vulnerables, presentan diagnósticos/seguimientos factibles y reducciones de presión arterial (PA), especificando una escalabilidad en su forma de articularse con los senderos locales de atención y acompañamiento [16], y los programas de carácter urbano que se vinculan a atención primaria dan cuenta de reducciones de la PA significativas en intervalos cortos, si bien queda pendiente aún la dificultad de la captación y la de seguimiento [12].

Frente a este panorama, la presente revisión sistemática se orienta a examinar críticamente la evidencia disponible acerca de la efectividad de los wearables para el monitoreo de la hipertensión en adultos mayores. El análisis busca trascender la validación técnica para enfocarse en los beneficios prácticos, las limitaciones de implementación y los desafíos en contextos clínicos reales. El objetivo final reside en contribuir al desarrollo de soluciones tecnológicas que genuinamente promuevan un envejecimiento saludable mediante modelos de atención más preventivos y centrados en el paciente.

II. METODOLOGÍA

A continuación, se mostrará cómo ese trabajo utiliza la metodología PICO para la creación de la pregunta de investigación y los datos existentes, resultados de evidencia que incluyen la problemática población la intervención y la comparación de los artículos obtenidos de un tema específico a través de una búsqueda con palabras clave. Todo esto fue clave para la creación de esta revisión sistemática la cual se procederá plantear una búsqueda a través de una pregunta que así obtener los artículos de investigación relacionados específicamente con nuestro tema de investigación.[17]

Para continuar con una recolección más específica sobre el tema, se formuló la siguiente pregunta:
¿Qué tan eficaces son los dispositivos wearables para el monitoreo de la hipertensión en adultos mayores?
Para el primer componente del método PICO, el problema/población son los adultos mayores con hipertensión, en el cual se busca medir la efectividad de las herramientas de control sobre la población objetivo.

Para la intervención se utilizan dispositivos wearables o portátiles que permiten el monitoreo de la presión arterial.

Para la comparación, se utilizan los métodos tradicionales de medición de la presión arterial que son los tensiómetros convencionales o el monitoreo ambulatorio estándar.

Por último, en los resultados se espera que se contribuyan en la precisión de las mediciones, la adherencia al tratamiento y el control de la hipertensión de manera activa.

En la Tabla 1 se recogen los componentes del método PICO y las palabras clave que se utilizaron para la búsqueda de información de cada componente.

TABLA I
MÉTODO PICO

Componente	Descripción	Palabras clave
P (Problema/Población)	Adultos mayores con hipertensión arterial	"elderly", "older adults", "aged", "hypertension", "high blood pressure"
I (Intervención)	Uso de dispositivos wearables o portátiles para monitorear la presión arterial	"wearable devices", "wearable sensors", "smartwatch", "mobile health", "mHealth", "wearable technology"
C (Comparación)	Métodos convencionales de medición de la presión arterial	"blood pressure cuff", "manual measurement", "traditional methods", "ambulatory blood pressure monitoring"

Luego de definir el método PICO, se utilizaron las palabras claves para cada componente para conseguir lo siguiente algoritmo de búsqueda: ("Aged" OR "Older adults" OR "Elderly") AND ("Wearable Electronic Devices" OR "Wearable Devices" OR "Wearable Sensors" OR "Smartwatch" OR "Mobile Health") AND ("Blood Pressure Monitoring" OR "Hypertension" OR "Hypertension management" OR "Self-monitoring").

Finalmente, se hizo una declaración basada en un diagrama de flujo PRISMA, que es útil para entender cómo se llevó a cabo esta revisión sistemática y asegura que esta investigación sea transparente. Ayuda en la selección de documentos basada en criterios de inclusión y exclusión específicos y en el desarrollo de una investigación que vale la pena y en el análisis de los resultados más adelante. Es bien conocido que este enfoque se utiliza en revisiones sistemáticas del sector salud, pero hoy en día, esta metodología se aplica a cualquier tipo de investigación.[18], [19]

Criterios de Inclusión:

- IC1: Estudios que involucren adultos mayores (≥60 años) diagnosticados con hipertensión arterial.
- IC2: Los estudios deben abordar cuestiones estadísticas sobre la efectividad o precisión de los dispositivos wearables para el monitoreo de la presión arterial

IC3: Los estudios deben comparar los resultados obtenidos por los dispositivos wearables frente a métodos tradicionales de medición, como monitores de brazo o medición clínica estándar.

IC4: Se incluirán únicamente estudios que utilicen dispositivos wearables definidos como tecnologías electrónicas portátiles que pueden llevarse sobre el cuerpo.

Criterios de Exclusión:

EC1: Estudios que evalúen métodos tradicionales de medición de la presión arterial o digitales de uso no portátil, que no involucren dispositivos wearables.

EC2: Estudios que involucren poblaciones distintas a adultos mayores, como niños, adolescentes o mujeres embarazadas

EC3: Estudios que presentan únicamente propuestas teóricas o prototipos no validados, sin prueba empírica o sin resultados documentados sobre el desempeño del dispositivo wearable.

EC4: Artículos cuyo objetivo principal es el desarrollo de software o algoritmos de IA sin presencia física del wearable o sin integración sensorial real.

III. RESULTADOS

Primero, se realizó la búsqueda en la base de datos Scopus y se obtuvieron 897 documentos. Luego, se utilizaron operadores booleanos excluyentes NOT y se quitaron 581 documentos, reduciendo la cantidad a 316 estudios, porque no se relacionaban con la población objetivo. Luego, se aplicó el filtro por fechas de publicación, considerando sólo el intervalo 2020-2025, lo que redujo la cantidad a 239 documentos (disminución de 77). Después, se limitó el tipo de documento a sólo artículos científicos (article), resultando en 210 publicaciones. Luego se agregó la palabra 'hypertension', en la cual 114 documentos se encontraron.

Después, el filtro por área de investigación se aplicó, manteniendo sólo aquellas publicaciones que se catalogan en las disciplinas de Medicina, Ingeniería o Computer Science, con lo cual el conjunto se redujo a 100 documentos. Luego, se restringió la búsqueda a documentos de acceso abierto, con lo que se obtuvieron 75 artículos. Luego, se realizó un examen manual de los títulos y resúmenes, lo que permitió reducir el conjunto a 50 estudios. Finalmente, los criterios de exclusión fueron aplicados, resultando 40 artículos seleccionados para la investigación.

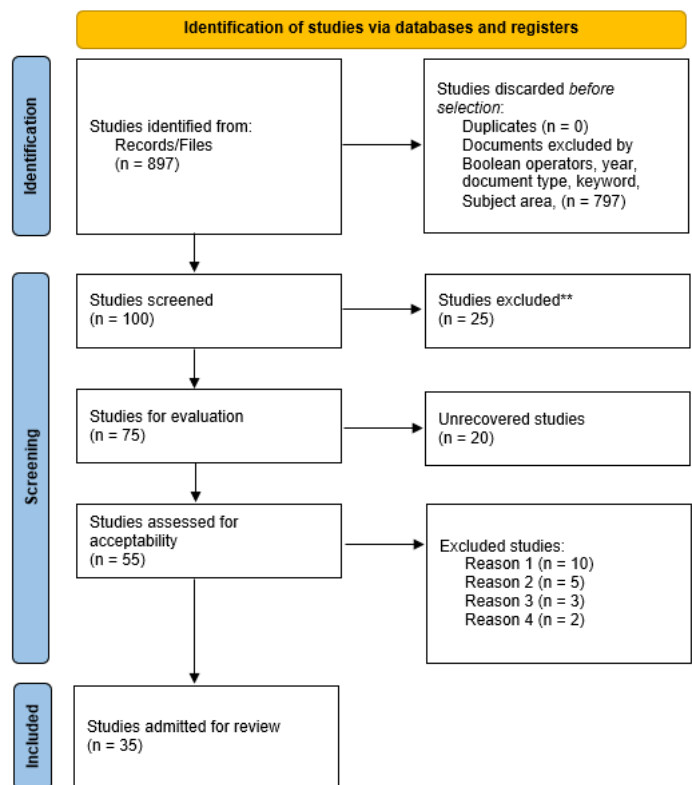


Fig. 1. Diagrama de flujo PRISMA

Una vez terminado de aplicar los filtros se obtuvieron 35 artículos, los siguientes fueron analizados para la revisión sistemática. En base a esto, se realizó un análisis profundo de las palabras clave que se mostraba en cada artículo (ver figura 2) donde se puede ver cuál es la palabra clave más utilizada la cual es “Hypertension” que se utiliza en 19 artículos, seguida de “mHealth” y “mobile health” y “blood pressure” las cuales se utilizan en 13, 9 y 8 artículos respectivamente.

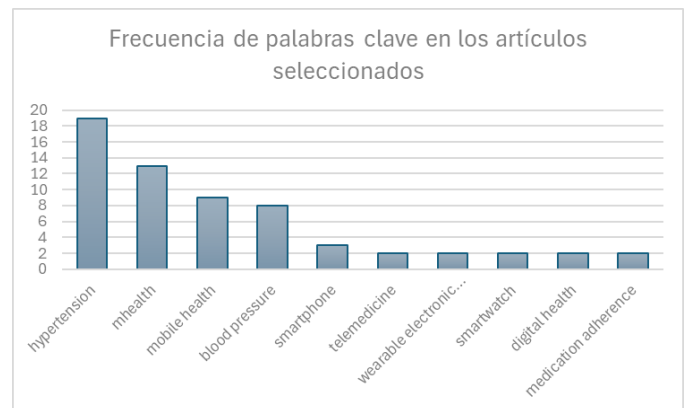


Fig. 2. Palabras clave de los autores más mencionados

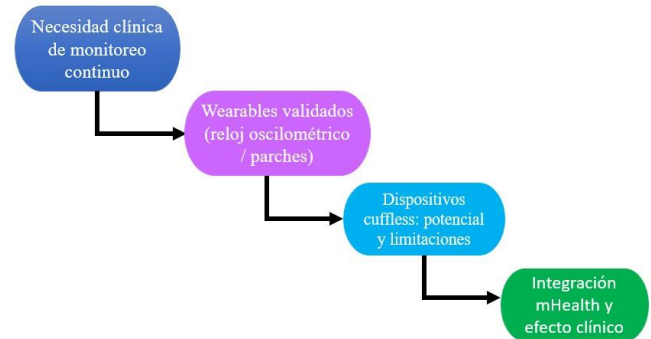
También veremos de dónde vienen estos artículos que mostraron que la mayoría de estos son de China, con 6 artículos (ver figura 3) todo esto se debe ya que China se

NºRepetición

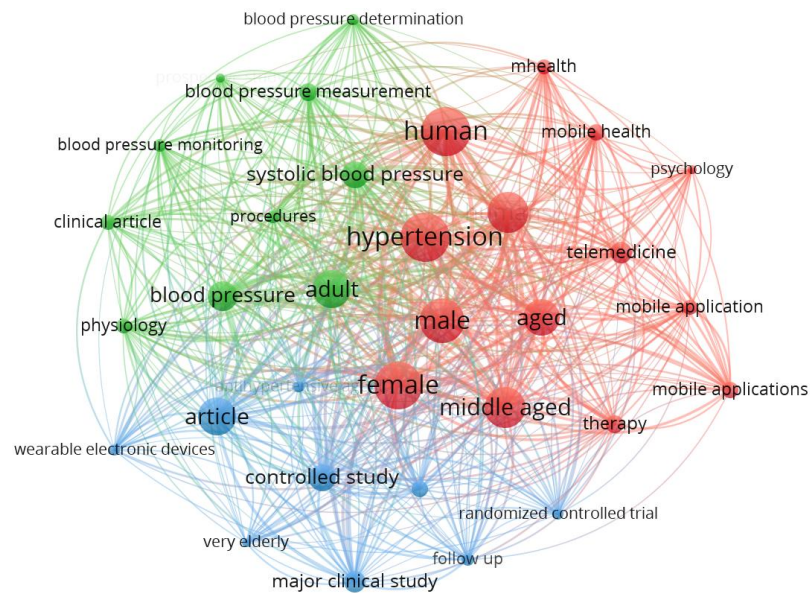
1 6

En la Figura 4 se sintetiza el proceso metodológico y los ejes de efectividad observados en la revisión centrada en wearables para hipertensión. Estudios de validación comparativa demuestran que monitorizadores tipo reloj oscilométricos (por ejemplo, Omron HeartGuide) pueden ofrecer valores de presión arterial comparables a los métodos convencionales para mediciones únicas y en mediciones a 24 h, mostrando correlaciones intraclase satisfactorias para PAS y PAD en subgrupos analizados [7]. Sin embargo, evaluaciones de dispositivos cuffless comerciales evidencian limitaciones importantes: algunos sistemas no rastrean correctamente la caída nocturna ni responden fielmente a cambios inducidos por medicación, lo que cuestiona su uso para seguimiento terapéutico sin calibraciones y validaciones adicionales [5].

mHealth estructuradas— constituyen una alternativa prometedora para el monitoreo y control de la hipertensión en adultos; sin embargo, su implementación clínica requiere validación específica por dispositivo, protocolos de calibración y caminos claros de integración con la atención sanitaria.



En el mapa de visualización de redes creado con VOSviewer, la palabra "hypertension" se muestra como el nodo más grande y central, indicando la mayor frecuencia y conectividad con "wearables" y "mHealth". Este tipo de análisis permite la identificación de relaciones temáticas entre palabras clave a través de co-ocurrencias y agrupación bibliométrica. [23][24]



IV. DISCUSIÓN

6

mHealth y protocolos de acompañamiento, forman un método eficaz para el control y supervisión de la hipertensión en adultos mayores. Se analizaron ensayos controlados que mostraron una reducción de dificultades en esta enfermedad clínicamente importantes. Por ejemplo, intervenciones basadas en aplicaciones móviles y supervisión remota mostraron aumentos en la proporción de pacientes con PA controlada y disminución de la presión sistólica en rangos clínicamente significativos [1], [22]. Los efectos no solo se proyectan en cifras puntuales, sino en la mejoría de la farmacología y hábitos saludables, factores clave en poblaciones con elevada comorbilidad [22], [25].

El engagement (frecuencia y calidad de compromiso) resulta ser un factor importante del efecto terapéutico. Diferentes estudios basados en plataformas de autogestión mostraron que la repetición de registros e interacción sostenida con la aplicación están asociados directamente con descensos mayores de la presión sistólica a 3, 6, 9 y 12 meses, a lo cual indica que el beneficio se demuestra en función al uso continuado del sistema más que únicamente por disponibilidad del dispositivo [26]. Otros análisis secundarios de intervenciones realizadas en poblaciones urbanas vulnerables llegaron a demostrar que los “high engagers” (alto nivel de respuesta a los prompts) sufrieron reducciones de PAS en adultos mayores que los “low engagers”, además que su configuración de la frecuencia de prompts (por ejemplo, semanal vs. diario) influye en la adherencia y resultado clínico [27], [1].

En el caso de la precisión tecnológica, estudios de validación que comparan los dispositivos wearables con diferentes técnicas de referencia demuestran resultados prometedores, pero a la vez heterogéneos. Pruebas clínicas en dispositivos portátiles (relojes y parches) demostraron diferencias respecto al MAPA o métodos invasivos en márgenes aceptables de subgrupos, lo que termina respaldando su uso complementario externo a la consulta [3], [4]. Los parches de bioimpedancia han demostrado, además, la capacidad de detectar cambios fisiológicos relevantes (p. ej., correlación entre cambio en resistencia extracelular y volumen ultrafiltrado $r = 0.82$; $p < 0.001$), lo que ilustra la utilidad de ciertos sensores para monitorización hemodinámica en pacientes con comorbilidades relevantes [4]. No obstante, la precisión de dispositivos *cuffless* basados en PTT o fotopletomografía varía según condiciones (movimiento, arritmias, perfusión periférica), y varios estudios describen limitaciones nocturnas o en la detección de cambios inducidos por medicación, enfatizando la necesidad de calibraciones periódicas y validaciones por población [3], [28], [1].

La implementación de algoritmos de inteligencia artificial y aprendizaje automático garantiza un valor clínico demostrado: modelos que emplean datos de actividad, parámetros fisiológicos y sueño lograron con éxito reconocer

factores de estilo de vida de mayor impacto y así crear recomendaciones personalizadas que producen reducciones adicionales de la PAS en ensayos controlados pequeños (p. ej., ~ 3.8 mmHg basado a recomendaciones generales) [28]. Adicionalmente, modelos que anticipan sucesos basados en datos de smartwatch llegaron a alcanzar altos índices de diferenciación para anticipar la aparición de hipertensión en poblaciones con presión límite, al cual genera una nueva forma en como analizar estrategias dirigidas a un grupo específico de forma preventiva [29].

Las intervenciones en situaciones precarias respecto a la economía demostraron que soluciones factibles (SMS + educación + dispositivos básicos) pueden tener cambios conductuales y demostrar mejoras tensionales medibles. En un ensayo rural de Bangladesh, la unión entre educación presencial y mensajes interactivos llegaron a producir mejoras significativas en las conductas relacionadas con el consumo de sal y actividad física, con efectos temporales de PAS y PAD [30]. Otro caso se demuestra en programas de vinculación entre trabajadores comunitarios con aplicaciones mHealth que también llegaron a alcanzar niveles altos de concordancia diagnóstica con médicos ($Kappa \approx 0.8$; acuerdo $\approx 93\%$) en cribado de hipertensión, resaltando la viabilidad de escalar detección en áreas con recursos limitados [22].

Un factor por considerar de forma común en adultos mayores es la utilidad y alfabetización digital. A pesar de que intervenciones bien diseñadas reportan tasas de adherencia elevadas ($>80\%$ en estudios con seguimiento a largo plazo), esto puede llegar a depender críticamente de la facilidad de navegación y simplicidad de la interfaz, retroalimentación clara y soporte educativo constante [4], [31]. Encuestas entre profesionales y pacientes identifican. Se realizaron encuestas entre profesionales y pacientes que llegaron a identificar algunas omisiones: muchos médicos no se sienten suficientemente capacitados y formados para llegar a recomendar apps y wearables que trabajan con la identificación de hipertensión, lo que llega a limitar el consejo clínico y la implementación de estos dispositivos en la práctica cotidiana [31]. Concluyendo que la efectividad real en la población de edad avanzada exige unir la tecnología validada con capacitación dirigida a profesionales y programas de instrucción y acompañamiento para los usuarios.

De igual forma, se observan efectos favorecedores cuando los wearables se complementan de buena manera con estrategias no farmacológicas (biofeedback, actividad física guiada, control de sueño): revisiones y metaanálisis llegaron a mostrar que la retroalimentación fisiológica y el entrenamiento conductual siendo complementado con wearables pueden contribuir a reducciones sostenidas de PAS y PAD y a una disminución de alteración tensional, un predictor importante de daño orgánico [28], [4]. Estas metodologías tienen una

finalidad de manejo más holístico de la hipertensión, especialmente en personas mayores con pluripatologías.

Aún con los diferentes resultados, limitaciones metodológicas llegan a persistir en la literatura: heterogeneidad en parámetros de validación, tamaños muestrales variables, breves periodos de seguimiento en diferentes ensayos y selección de participantes con mayor alfabetización digital, lo que distorsiona la estimación del efecto a nivel poblacional. Cabe añadir que los problemas de interoperabilidad, protección de datos y falta de regulaciones armonizados pueden representar diferentes barreras para la escala e integración sanitaria [31]. Teniendo en cuenta una visión económica, hay una escasez en estudios de costo-efectividad que midan el impacto a largo plazo de lanzar plataformas integradas de wearables en sistemas de salud con recursos limitados.

La participación del paciente tiene una influencia directa en los resultados. En el caso del estudio Reach Out, se notó que quienes mantenían una respuesta más constante a los recordatorios sobre el control de la presión arterial mostraban mejoras más claras en sus niveles. También se vio que los recordatorios enviados una vez por semana funcionaban mejor que los diarios, ya que evitaban el cansancio digital en los grupos más sensibles [32]. De forma concordante, un estudio transversal identificó De manera similar, otro estudio transversal encontró que los principales factores que impulsan a los pacientes a participar en programas de monitoreo remoto de la presión arterial (RBPM) son el conocimiento que tengan del programa y la comunicación electrónica con su médico. Esto demuestra que tanto la recomendación directa del profesional como los canales de comunicación disponibles son claves para lograr una buena adopción [33]. Desde el punto de vista de los médicos, una investigación con enfoque mixto mostró que, si bien existe una actitud positiva hacia el uso de estas herramientas, todavía hay una falta importante de información sobre cómo funcionan y qué aplicaciones existen. Por eso, ofrecer materiales educativos y soporte técnico puede ser determinante para que los profesionales empiecen a recomendarlas con mayor confianza [34]. En el caso de los pacientes con hipertensión, también se ha visto que aspectos como la facilidad para usar la tecnología, el acceso a portales de salud o el uso de apps de bienestar influyen en que se animen a emplear sus teléfonos o tabletas para cuidar su salud y comunicarse con su equipo médico. Esto sugiere que las estrategias deben adaptarse según las características de cada usuario [35]. Finalmente, un estudio cualitativo realizado en Arabia Saudita resaltó que las aplicaciones más útiles son aquellas que permiten hacer seguimiento de la actividad física, ofrecen orientación sobre la alimentación y garantizan una buena protección de los datos personales, ya que todo esto ayuda a mantener la motivación y el autocontrol [36].

El largo alcance y la precisión de las métricas señalan que la detección de arritmias y el control de comorbilidades son aspectos importantes para interpretar los registros de PA: un parche de ECG con 7 días de duración demostró ser superior a un Holter de 24 horas para detectar arritmias significativas [37], e incluso la PPG en smartwatch pudo estimar correctamente la FC media en 1 minuto durante FA en segmentos válidos con sensiblemente una sensibilidad al movimiento y mejor rendimiento nocturno [38]. Casuísticas también demuestran la utilidad diagnóstica de wearables (p. ej., FA tras ESUS), en los que la captura ambulatoria incrementa la ventana de detección [39], así como modelos de IA mediante ECG de una derivada + factores de riesgo que permiten identificar pacientes con FA durante un ritmo sinusal con un rendimiento equiparable a los modelos de 12 derivadas, siendo notable el potencial de IA + wearables para la estratificación y cribado de forma oportunista [40]. Más allá de PA, sensores vestibles como la bioimpedancia rastrean cambios de hidratación en hemodiálisis con correlaciones fuertes con ultrafiltración y peso, lo que sugiere aplicaciones complementarias en comorbilidades que influyen en el control tensional [41]. En hospitalizados, una mayor variabilidad de PA se asoció con menor integridad de sustancia blanca en COVID-19, lo que reivindica el valor de series densas de PA para comprender daño orgánico asociado a inestabilidad hemodinámica [42].

En síntesis, la evidencia de 22 estudios recientes muestra que los **wearables** y las soluciones *mHealth* mejoran el monitoreo y el control de la hipertensión en adultos mayores cuando: (a) el dispositivo ha sido validado frente a referencias clínicas; (b) existe un plan de calibración y supervisión; (c) se combinan con estrategias de *engagement* y educación; y (d) se integran en rutas asistenciales con apoyo profesional. Las prioridades para investigación futura deben centrarse en ensayos pragmáticos de mayor duración y tamaño, evaluaciones de subgrupos geriátricos con comorbilidades, análisis económicos y el desarrollo de estándares regulatorios que garanticen seguridad, privacidad y desempeño clínico.

V. CONCLUSIÓN

Se determinó que los dispositivos wearables son buenas alternativas para monitorizar y controlar la hipertensión arterial en los ancianos, aportando nuevas alternativas a la monitorización tradicional. Se encontró que los smartwatches, parches de bioimpedancia y tecnologías sin brazaletes cumplían unas características similares a los equipos clínicos, siempre que se aplicaran protocolos de calibración adecuados. Además, las intervenciones aplicadas mediante aplicaciones móviles, educación y seguimiento remoto obtuvieron una disminución considerable de los valores en presión arterial sistólica y diastólica, así como un aumento considerable en la adherencia terapéutica y la participación de los pacientes en su tratamiento.

Los estudios revisados pusieron de manifiesto que la eficacia de estas herramientas depende de ciertos factores como la usabilidad, la alfabetización digital del usuario y el acompañamiento por parte del equipo de salud, si bien sigue habiendo límites en lo que concierne a la heterogeneidad de las mediciones, la falta de estandarización universal y el escaso número de ensayos clínicos a largo plazo centrados en la población geriátrica, lo cual evidencia la necesidad de reforzar los procesos de validación e introducir los wearables en los sistemas de salud.

Por ello, se finaliza diciendo que el uso de las tecnologías portátiles es un paso muy importante hacia una atención preventiva, personalizada y en continuidad, y que mejora la calidad de vida y el control de las enfermedades crónicas en personas mayores. Sin embargo, su consolidación requerirá políticas que garanticen la seguridad de los datos y la interoperabilidad de las plataformas. Asimismo, será necesario capacitar tanto a los usuarios como a los profesionales de la salud. Para las investigaciones futuras se plantea evaluar el impacto económico, la sostenibilidad del uso y el potencial de la inteligencia artificial para optimizar la precisión y el diagnóstico temprano de la hipertensión.

REFERENCIAS

- [1] M. Ghavami et al., «Effectiveness of the Green Heart Smartphone Application as a Self-Management Intervention for Hypertension and Dyslipidemia: A Randomized Clinical Trial», *Arch Iran Med*, vol. 27, n.o 6, pp. 313-322, jun. 2024, doi: 10.34172/aim.28501.
- [2] K. Sholokhova, W. S. Jian, H. C. Yang, y Y. C. J. Li, «Adjustable Cuffless Smartphone Attachment (ACSA+) for Estimation of Blood Pressure Trends: A Pilot Study», *Stud Health Technol Inform*, vol. 310, pp. 534-538, ene. 2024, doi: 10.3233/SHTI231022.
- [3] O. Desebbe et al., «Evaluación de una nueva aplicación de presión arterial óptica para teléfonos inteligentes: un estudio comparativo de métodos frente a la monitorización invasiva de la presión arterial en pacientes de la unidad de cuidados intensivos», *BMC Anesthesiol*, vol. 22, n.o 1, dic. 2022, doi: 10.1186/s12871-022-01797-0.
- [4] Y. Wang et al., «Wearable Devices as Tools for Better Hypertension Management in Elderly Patients», *Medical Science Monitor*, vol. 31, 2025, doi: 10.12659/MSM.946079.
- [5] I. Tan et al., «Evaluation of the ability of a commercially available cuffless wearable device to track blood pressure changes», *J Hypertens*, vol. 41, n.o 6, pp. 1003-1010, jun. 2023, doi: 10.1097/HJH.0000000000003428.
- [6] H. Y. Choi et al., «Arritmia y variabilidad de la frecuencia cardíaca durante largos periodos interdiálisis en pacientes en hemodiálisis de mantenimiento: estudio de cohorte observacional prospectivo», *J Clin Med*, vol. 12, n.o 1, ene. 2023, doi: 10.3390/jcm12010265.
- [7] M. Vaseekaran, S. Kaese, D. Görlich, M. Wiemer, y A. Samol, «WATCH-BPM—Comparison of a WATCH-Type Blood Pressure Monitor with a Conventional Ambulatory Blood Pressure Monitor and Auscultatory Sphygmomanometry», *Sensors* 2023, Vol. 23, Page 8877, vol. 23, n.o 21, p. 8877, oct. 2023, doi: 10.3390/S23218877.
- [8] L. Zhou, L. He, Y. Kong, Y. Lai, J. Dong, y C. Ma, «Effectiveness of mHealth interventions for improving hypertension control in uncontrolled hypertensive patients: A meta-analysis of randomized controlled trials», *J Clin Hypertens*, vol. 25, n.o 7, pp. 591-600, jul. 2023, doi: 10.1111/JCH.14690.
- [9] E. Paz et al., «Comprehensive Cardiovascular Risk Factor Control With a Mobile Health Cardiovascular Risk Self-Management Program», *J Am Heart Assoc*, vol. 13, n.o 10, p. 33328, may 2024, doi: 10.1161/JAHA.123.033328;PAGE:STRING:ARTICLE/CHAPTER.
- [10] V. Lanke, K. Trimm, B. Habib, y R. Tamblyn, «Evaluating the Effectiveness of Mobile Apps on Medication Adherence for Chronic Conditions: Systematic Review and Meta-Analysis», *J Med Internet Res*, vol. 27, 2025, doi: 10.2196/60822.
- [11] K. Kario, D. Shimbo, N. Tomitani, H. Kanegae, J. E. Schwartz, y B. Williams, «The first study comparing a wearable watch-type blood pressure monitor with a conventional ambulatory blood pressure monitor on in-office and out-of-office settings», *J Clin Hypertens*, vol. 22, n.o 2, pp. 135-141, feb. 2020, doi: 10.1111/jch.13799.
- [12] Y. H. Yoon et al., «Blood Pressure Measurement Based on the Camera and Inertial Measurement Unit of a Smartphone: Instrument Validation Study», *JMIR Mhealth Uhealth*, vol. 11, n.o 1, ene. 2023, doi: 10.2196/44147.
- [13] V. G. C. Devanbu, S. Vijayalakshmi, y S. M. Suruliraman, «Validation of mobile health technology (mhealth tech) for cardiovascular risk detection», *Clin Epidemiol Glob Health*, vol. 23, p. 101398, sep. 2023, doi: 10.1016/J.CEGH.2023.101398.
- [14] T. Sun et al., «Pathways to usage intention of mobile health apps among hypertensive patients: A fuzzy-set qualitative comparative analysis», *Health Informatics J*, vol. 31, n.o 1, ene. 2025, doi: 10.1177/14604582251315600.
- [15] J. P. L. Leenen, V. Ardesch, C. J. Kalkman, L. Schoonhoven, y G. A. Patijn, «Impact of wearable wireless continuous vital sign monitoring in abdominal surgical patients: before-after study», *BJS Open*, vol. 8, n.o 1, feb. 2024, doi: 10.1093/bjsopen/zrad128.
- [16] K. Kario, D. Shimbo, N. Tomitani, H. Kanegae, J. E. Schwartz, y B. Williams, «The first study comparing a wearable watch-type blood pressure monitor with a conventional ambulatory blood pressure monitor on in-office and out-of-office settings», *J Clin Hypertens*, vol. 22, n.o 2, pp. 135-141, feb. 2020, doi: 10.1111/jch.13799.
- [17] M. S. Cumpston, J. E. McKenzie, J. Thomas, y S. E. Brennan, «The use of 'PICO for synthesis' and methods for synthesis without meta-analysis: protocol for a survey of current practice in systematic reviews of health interventions», *F1000Research* 2021 9:678, vol. 9, p. 678, ene. 2021, doi: 10.12688/f1000research.24469.2.
- [18] J. K. D. D. T. Jayanetti, B. A. K. S. Perera, y K. G. A. S. Waidyasekara, «Defining a 'maturity model' in the construction context: A systematic review», *World Construction Symposium*, pp. 298-312, jun. 2022, doi: 10.31705/WCS.2022.25.
- [19] M. J. Page et al., «The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews», *BMJ*, vol. 372, mar. 2021, doi: 10.1136/BMJ.N71.
- [20] Y. hui Liu et al., «The 100 most-cited articles on cardiovascular diseases from Mainland China», *BMC Cardiovasc Disord*, vol. 15, n.o 1, pp. 1-8, ago. 2015, doi: 10.1186/S12872-015-0083-4/FIGURES/5.
- [21] M. Kapoor, B. Holman, y C. Cohen, «Contactless and Calibration-Free Blood Pressure and Pulse Rate Monitor for Screening and Monitoring of Hypertension: Cross-Sectional Validation Study», *JMIR Cardio*, vol. 8, n.o 1, p. e57241, ago. 2024, doi: 10.2196/57241.
- [22] M. Arshed, A. Mahmud, H. S. Minhat, P. Y. Lim, y R. Zakar, «Effectiveness of a Multifaceted Mobile Health Intervention (Multi-Aid-Package) in Medication Adherence and Treatment Outcomes Among Patients With Hypertension in a Low- to Middle-Income Country: Randomized Controlled Trial», *JMIR Mhealth Uhealth*, vol. 12, p. e50248, jun. 2024, doi: 10.2196/50248.
- [23] N. J. van Eck y L. Waltman, «Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping», *Scientometrics*, vol. 84, n.o 2, pp. 523-538, 2010, doi: 10.1007/S11192-009-0146-3.
- [24] A. Kirby, «Exploratory Bibliometrics: Using VOSviewer as a Preliminary Research Tool», *Publications* 2023, Vol. 11, Page 10, vol. 11, n.o 1, p. 10, feb. 2023, doi: 10.3390/PUBLICATIONS11010010.
- [25] K. Gong et al., «Aplicaciones móviles de salud para el manejo de la hipertensión primaria: un ensayo multicéntrico, aleatorizado y controlado», *Medicine (United States)*, vol. 99, n.o 16, p. E19715, abr. 2020, doi: 10.1097/MD.00000000000019715.
- [26] N. Zhang et al., «Impact of Patient Engagement on Blood Pressure Control Among Older Individuals With Hypertension in a Mobile Health Intervention: Longitudinal Analysis Using Latent Growth Curve Modeling», *J Med Internet Res*, vol. 27, 2025, doi: 10.2196/71668.

- [27] L. E. Skolarus et al., «Reach Out Emergency Department: A Randomized Factorial Trial to Determine the Optimal Mobile Health Components to Reduce Blood Pressure», *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*, vol. 16, n.o 5, may 2023, doi: 10.1161/CIRCOUTCOMES.122.009606.
- [28] P. H. Chiang, M. Wong, y S. Dey, «Uso de wearables y aprendizaje automático para ofrecer recomendaciones personalizadas de estilo de vida y mejorar la presión arterial», *IEEE J Transl Eng Health Med*, vol. 9, 2021, doi: 10.1109/JTEHM.2021.3098173.
- [29] Y. Liu et al., «A smartwatch sphygmomanometer-based model for predicting short-term new-onset hypertension in individuals with high-normal blood pressure: a cohort study», *Clin Exp Hypertens*, vol. 46, n.o 1, 2024, doi: 10.1080/10641963.2024.2304023.
- [30] Y. Jahan et al., «Desarrollo de la concienciación y uso de la tecnología de salud móvil entre personas con hipertensión en una comunidad rural de Bangladesh: ensayo controlado aleatorio», *J Med Internet Res*, vol. 22, n.o 12, dic. 2020, doi: 10.2196/19137.
- [31] M. Guo y L. Lyu, «A scale to measure the perceived quality of mHealth by elderly patients with hypertension in China», *BMC Health Serv Res*, vol. 23, n.o 1, pp. 1-13, dic. 2023, doi: 10.1186/S12913-023-09357-Z/TABLES/7.
- [32] L. E. Skolarus et al., «Engagement in mHealth-Prompted Self-Measured Blood Pressure Monitoring Among Participants Recruited From a Safety-Net Emergency Department: Secondary Analysis of the Reach Out Trial», *JMIR Mhealth Uhealth*, vol. 12, p. e54946, jun. 2024, doi: 10.2196/54946.
- [33] C. E. Eze, M. P. Dorsch, A. B. Coe, C. A. Lester, L. R. Buis, y K. B. Farris, «Behavioral Factors Related to Participation in Remote Blood Pressure Monitoring Among Adults With Hypertension: Cross-Sectional Study», *JMIR Form Res*, vol. 8, n.o 1, p. e56954, dic. 2024, doi: 10.2196/56954.
- [34] S. May et al., «Bridging the knowledge gap: a mixed-methods study on general practitioners' information needs for mHealth apps in hypertension treatment in Germany», *BMC Health Serv Res*, vol. 25, n.o 1, dic. 2025, doi: 10.1186/s12913-025-13192-9.
- [35] C. E. Eze et al., «Predictores del uso de teléfonos inteligentes y tabletas entre pacientes con hipertensión: análisis secundario de datos de la Encuesta Nacional de Tendencias de Información de Salud», *J Med Internet Res*, vol. 24, n.o 1, ene. 2022, doi: 10.2196/33188.
- [36] A. Alzahrani, V. Gay, y R. Alturki, «Análisis de las perspectivas y necesidades de los ciudadanos saudíes para diseñar una solución tecnológica móvil para el control de la hipertensión: estudio cualitativo», *Int J Environ Res Public Health*, vol. 19, n.o 19, oct. 2022, doi: 10.3390/ijerph191912956.
- [37] J. Y. Kim et al., «The efficacy of detecting arrhythmia is higher with 7-day continuous electrocardiographic patch monitoring than with 24-h Holter monitoring», *J Arrhythm*, vol. 39, n.o 3, pp. 422-429, jun. 2023, doi: 10.1002/JOA3.12865.
- [38] A. N. L. Hermans et al., «Accuracy of continuous photoplethysmography-based 1 min mean heart rate assessment during atrial fibrillation», *Europace*, vol. 25, n.o 3, pp. 835-844, mar. 2023, doi: 10.1093/EUROPACE/EUAD011.
- [39] D. Patel y K. G. Tarakji, «Diagnóstico mediante reloj inteligente de fibrilación auricular en paciente con accidente cerebrovascular embólico de origen desconocido: Informe de un caso», *Cardiovasc Digit Health J*, vol. 2, n.o 1, pp. 84-87, feb. 2021, doi: 10.1016/j.cvdhj.2021.01.001.
- [40] S. Dupulthys et al., «Single-lead electrocardiogram Artificial Intelligence model with risk factors detects atrial fibrillation during sinus rhythm», *Europace*, vol. 26, n.o 2, feb. 2024, doi: 10.1093/europace/euad354.
- [41] F. Bremnes et al., «Measuring fluid balance in end-stage renal disease with a wearable bioimpedance sensor», *BMC Nephrol*, vol. 26, n.o 1, dic. 2025, doi: 10.1186/s12882-024-03929-9.
- [42] T. J. van Lith et al., «Higher blood pressure variability during hospitalisation is associated with lower cerebral white matter integrity in COVID-19 patients», *Blood Press*, vol. 34, n.o 1, 2025, doi: 10.1080/08037051.2025.2493828.