

Sinergia entre las ingenierías y la medicina: control metrológico y buenas prácticas en la medición de la presión arterial para estudiantes de la Facultad de Ingeniería y Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Tecnológica de Pereira

**María Estefanía Gutiérrez Gómez, Marcela Botero Arbeláez, María Elena Leyes
Sánchez**

**Universidad Tecnológica de Pereira
Pereira, Colombia**

Resumen

El avance exponencial de las ciencias biomédicas exige un enfoque multidisciplinario que trascienda las fronteras tradicionales. La convergencia entre las ingenierías y la medicina se erige como un paradigma esencial para impulsar la innovación y la mejora de la calidad de vida. Las ingenierías, con su capacidad para diseñar, construir y optimizar sistemas, aportan herramientas y metodologías cruciales para la medicina. Desde el desarrollo de dispositivos médicos de vanguardia y la creación de prótesis inteligentes, hasta la implementación de sistemas de información hospitalarios y la aplicación de la inteligencia artificial en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades, la ingeniería se ha convertido en un aliado indispensable de la medicina.

En este sentido, se presenta una experiencia de apropiación del conocimiento, donde es fundamental fomentar la formación de profesionales con una visión integral de las ciencias biomédicas, capaces de trabajar en equipo y de traducir los avances científicos y tecnológicos en beneficios tangibles para la salud y el bienestar de la sociedad. La colaboración entre ingenieros y médicos no solo impulsa la innovación tecnológica, sino que también promueve la humanización de la medicina, al poner la tecnología al servicio del paciente y mejorar la calidad de la atención médica. El objetivo es divulgar y concienciar a los estudiantes de ingeniería y ciencias de la salud sobre la importancia del control metrológico y las buenas prácticas en la medición de la presión arterial.

La medición confiable de la presión arterial es fundamental para el diagnóstico y control de la hipertensión, una de las principales causas de morbilidad y mortalidad a nivel mundial (ODS 3). En esta propuesta se evidencia la importancia del control metrológico y las buenas prácticas en la medición de la presión arterial, destacando la necesidad de equipos calibrados y personal capacitado para garantizar diagnósticos confiables. Se presentan los fundamentos de la metrología aplicada a la medición de la presión arterial, así como las recomendaciones de las principales organizaciones internacionales. Además, se discute la relevancia de la educación y la capacitación en este campo para estudiantes de ingeniería y ciencias de la salud (ODS 4), con el fin de promover la salud y el bienestar en la sociedad.

La hipertensión arterial, conocida como el "asesino silencioso", afecta a millones de personas en todo el mundo y es un factor de riesgo importante para enfermedades cardiovasculares, accidentes cerebrovasculares y enfermedad renal (ODS 3). La medición precisa de la presión arterial es esencial para el diagnóstico y control de esta condición, pero la calidad de las mediciones puede verse comprometida por diversos factores, como la falta de calibración de los equipos, el uso de técnicas inadecuadas y la falta de capacitación del personal. En este contexto, la medición de la presión arterial fundamenta la confiabilidad de las mediciones y, por ende, la calidad de la atención médica. La metrología, como ciencia de las mediciones, proporciona las herramientas y los métodos necesarios para asegurar su trazabilidad y confiabilidad de las mediciones de la presión arterial.

Palabras clave: metrología; ODS; buenas prácticas; presión arterial

Abstract

The exponential advance of biomedical sciences requires a multidisciplinary approach that transcends traditional boundaries. The convergence between engineering and medicine is emerging as an essential paradigm for driving innovation and improving the quality of life. Engineering, with its ability to design, build and optimize systems, provides crucial tools and methodologies for medicine. From the development of cutting-edge medical devices and the creation of intelligent prostheses to the implementation of hospital information systems and the application of artificial intelligence in the diagnosis and treatment of diseases, engineering has become an indispensable ally of medicine.

In this sense, an experience of appropriation of knowledge is presented, where it is essential to promote the training of professionals with a comprehensive vision of biomedical sciences, capable of working as a team and of translating scientific and technological advances into tangible benefits for the health and welfare of society. Collaboration between engineers and physicians not only drives technological innovation, but also promotes the humanization of medicine, by putting technology into the service of the patient and improving the quality of medical care. The aim is to disseminate and raise awareness among engineering and health sciences students about the importance of metrological control and good practices in blood pressure measurement.

Reliable blood pressure measurement is essential for the diagnosis and control of hypertension, one of the leading causes of morbidity and mortality worldwide (SDG 3). This proposal demonstrates the importance of metrological control and good practices in blood pressure measurement, highlighting the need for calibrated equipment and trained personnel to ensure reliable diagnoses. The fundamentals of metrology applied to blood pressure measurement are presented, as well as the recommendations of the main international organizations. In addition, the relevance of education and training in this field for engineering and science students is discussed.

Arterial hypertension, known as the “silent killer,” affects millions of people worldwide and is a major risk factor for cardiovascular disease, stroke, and kidney disease (ODS 3). Accurate blood pressure measurement is essential for the diagnosis and control of this condition, but the quality of measurements can be compromised by a few factors, such as lack of equipment calibration, use of inadequate techniques, and lack of staff training. In this context, blood pressure measurement underpins the reliability of measurements and, therefore, the quality of medical care. Metrology, as the science of measurements, provides the necessary tools and methods to ensure traceability and reliability of blood pressure measurements.

Keywords: metrology; ODS; good practice; blood pressure

1. Introducción

Es importante recordar que el avance vertiginoso de las ciencias biomédicas ya no puede hacerse solo. Hoy, más que nunca, la colaboración entre ingenieros y médicos es clave para transformar la innovación en mejoras reales para nuestra calidad de vida.

La ingeniería aporta herramientas poderosas: desde dispositivos médicos de última generación hasta prótesis inteligentes que cambian vidas. También desarrolla sistemas hospitalarios eficientes y aplica inteligencia artificial para diagnosticar y tratar enfermedades con mayor precisión. En pocas palabras, la ingeniería es la mano amiga que la medicina necesita para avanzar.

Pero no basta con la tecnología. Formar profesionales con una visión integral, capaces de trabajar en equipo y traducir la ciencia en soluciones tangibles, es fundamental. Esta colaboración no solo impulsa la innovación, sino que también humaniza la medicina, poniendo la tecnología al servicio del paciente y mejorando la atención.

Un ejemplo claro es la medición de la presión arterial. ¿Por qué es tan importante? Porque una lectura confiable puede salvar vidas al detectar la hipertensión, una de las principales causas de enfermedad y muerte en el mundo. Para lograrlo, es esencial contar con equipos calibrados y personal entrenado, siguiendo las mejores prácticas y estándares internacionales.

Por eso, educar a estudiantes de ingeniería y ciencias de la salud sobre el control metrológico y la correcta medición de la presión arterial es vital. Así, contribuimos a un futuro donde la tecnología y el conocimiento se unan para promover la salud y el bienestar de todos.

2. Método de Medición de la Presión Arterial (OMS)

Antes de considerar el método de medición de la presión arterial, se define lo siguiente:

- Presión Arterial: En cada latido del corazón se produce una onda de presión máxima (presión sistólica), cuando la sangre es impulsada por la arteria pulmonar y la aorta, y una onda de presión mínima (presión diastólica) que se presenta cuando el corazón se relaja. Estas ondas producen los llamados ruidos del Korotkoff. La presión arterial se crea por la combinación de la fuerza del corazón que bombea la sangre contra las paredes arteriales, el volumen sanguíneo y la elasticidad de las arterias musculares. La presión arterial es un indicador esencial del estado fisiológico y funcional.

A continuación, se establecen los métodos de medición:

- Método Auscultatorio: Se usa un brazalete inflable para rodear el brazo a la altura de la arteria humeral y una bomba de aire manual. Usando un estetoscopio se escuchan los ruidos de Korotkoff. Este método debe ser utilizado por personal capacitado, experimentado y con entrenamiento pertinente.
- Método Oscilométrico: También se usa un brazalete inflable, pero en este caso, incluye sensores de presión que registran las oscilaciones de la arteria sobre el brazalete y muestra un resultado promediado en una pantalla. Este proceso es completamente automatizado y no depende de la experiencia del observador.

¿Con qué se mide la presión arterial?

Esfigmomanómetros: Comúnmente conocidos como “tensiómetros” es el instrumento de medición utilizado para medir la presión arterial. Existen esfigmomanómetros analógicos, usados para el método auscultatorio, y esfigmomanómetros digitales, usados para el método oscilométrico.

¿Quién toma la presión?

El método auscultatorio, por su gran riesgo de sesgo y tendencia a error, solamente debe ser desarrollado por personal médico capacitado con amplia experiencia en la escucha de los ruidos de Korotkoff.

El método Oscilométrico puede ser desarrollado por cualquier persona con acceso a un esfigmomanómetro digital.

¿Qué se hace mal?

Según las especificaciones técnicas de la OMS para dispositivos automáticos de medición arterial no invasivos y con brazaletes, lo siguiente:

- Falta de acceso a dispositivos de determinación de la presión arterial exactos y asequibles
- Falta de calibración y mantenimiento regulares.
- No se hace uso del método estandarizado (no hay reproducibilidad),

- No hay mediciones repetidas (se considera que una persona tiene hipertensión cuando la presión arterial se mantiene por encima de 130/80 o 149/90 mmHg).
- En los países de ingresos bajos y medianos (PIBM) se sigue prefiriendo el método auscultatorio, a pesar de las recomendaciones de la OMS, la Heart Association y demás organizaciones internacionales.
- Falta de capacitación y recapitación.
- Ego médico.

Esta medición es la prueba clínica más común. A nivel mundial, más de mil millones de personas tiene hipertensión, presentándose una mayor prevalencia en los países de ingresos bajos y medianos. La medición exacta de la presión arterial es crítica para detectar y tratar adecuadamente a las personas con hipertensión que recordemos constituye un riesgo de muerte causando pocos síntomas. A pesar de esto, la medición de la presión arterial sigue siendo una de las más imprecisas, inexactas y no estandarizadas del campo médico.

Hearts en las Américas: Esta iniciativa creada en 2016 busca promover la adopción de las mejores prácticas mundiales en la prevención y el control de las enfermedades cardiovasculares (ECV) y mejorar desempeño de los servicios a través del mejor control de la hipertensión y la promoción de la prevención secundaria con énfasis en la atención primaria de salud. En 2020, emitió un documento titulado “Especificaciones Técnicas de la OMS para dispositivos automáticos de medición de la presión arterial no invasivos y con brazaletes”, forma parte de una serie de documentos técnicos de la OMS sobre dispositivos médicos que tienen como fin mejorar la comprensión de los dispositivos de Presión Arterial y la capacidad de medirla con exactitud.

Estrategias de impacto para la mejora en la medición de la presión arterial.

- Desarrollar métodos estandarizados de entrenamiento en métodos exactos para la medición de la presión arterial para pacientes y personal de la salud.
- Usar instrumentos de medición validados, a los cuales se les debe hacer un correcto control metrológico con calibración y comprobaciones intermedias.
- Adición de presupuesto a las organizaciones prestadoras de servicios de salud para la migración hacia dispositivos automáticos de medición de presión arterial.

¿Cómo se debe tomar correctamente la presión? (Método de medición)

La OMS y la Heart Association son muy claras con el procedimiento de toma de presión arterial, existe un método estandarizado que consta de 5 pasos. Se recomienda que el personal médico se recapacite cada 6 meses en la toma de la presión arterial.

Paso 1: Seleccione un dispositivo semiautomático o automático validado que haya sido calibrado en un periodo no mayor a 6 meses y que cuente con control metrológico.

Paso 2: Seleccione el tamaño del brazalete adecuado para la persona a la cual se le va a realizar la medida.

Paso 3: Preparar a la persona para la medición. El paciente debe reposar sentado, cómodamente, durante al menos durante 5 minutos antes de la medición, sin hablar, en un ambiente ni caluroso, ni frío, ni demasiado estimulante. El brazo debe estar descubierto o con manga muy delgada y debe estar apoyado. El brazalete debe estar al nivel del corazón. El pliegue del codo debe estar alineado con el ápice del corazón. Si la espalda y el brazo no están bien colocados pueden obtener medidas incorrectas.

Paso 4: El brazalete no debe quedar ni muy ajustado ni muy flojo, debe poder introducir dos dedos cómodamente dentro del brazalete. Se procede a tomar la lectura. Durante la medición no se debe hablar ni mover al paciente. Se recomienda medir en ambos brazos. Una medición completa consta de 4 lecturas separadas por un minuto en el brazo con la lectura más alta.

Paso 5: Se deben registrar las 3 últimas mediciones. Desechar la primera y promediar las dos últimas. Se registran el brazo en el que se tomó, el tamaño del brazalete, la frecuencia cardiaca, la edad, el género, la fecha y el consumo de algún antihipertensivo.

¿Qué instrumento se recomienda utilizar?

Para dispositivos manuales o analógicos, tales como: Esfigmomanómetros de mercurio o Esfigmomanómetros aneroide, ya no se recomiendan debido a la toxicidad del mercurio y el otro debido a que requiere una recalibración frecuente y una capacitación repetida del evaluador. Para dispositivos electrónicos o automáticos, tales como: Semibrazalete, brazalete o manguito. Automáticos, brazalete o manguito, solamente se recomiendan para el uso clínico DMPA automática cuya exactitud haya sido validada.

Para tecnología sin brazalete o manguito, aplicación de telefonía móvil, no son apropiados o recomendados para uso clínico debido a la falta de patrones de referencia universales para validar la exactitud de las mediciones de la presión arterial.

3. Control Metrológico de los Esfigmomanómetros

Como todos los instrumentos de medición, los esfigmomanómetros tienen requisitos y normas regulatorias para su uso y mantenimiento. Todo dispositivo médico debe cumplir regulaciones y procedimientos complejos, atenerse a especificaciones estrictas y tener un funcionamiento clínico seguro. Dado que los esfigmomanómetros se consideran "críticos para la vida", deben ser seguros y eficientes en su uso en la práctica clínica.

En 1918, el doctor F.A Faught afirmaba con desesperación que el mercado estaba inundado de instrumentos de todas las descripciones para la determinación de la PA, por lo que era importante que el futuro usuario fuera capaz de distinguir lo bueno de lo malo. Han transcurrido más de 100 años y continúa habiendo DMPA inexactos, no verificados y sin control metrológico.

Las normas para dispositivos médicos permiten a los fabricantes, los laboratorios, los ingenieros biomédicos, el personal técnico, los médicos clínicos, los pacientes y otras partes involucradas inspeccionar y evaluar los equipos y dispositivos para garantizar su calidad y usabilidad.

Normas aplicables a los DMPA automáticos no invasivos:

- ISO 81060-2:2018 (E) norma para esfigmomanómetro no invasivo-Parte 2: Investigación clínica del tipo de medición automatizado intermitente.
- ISO/IEEE 11073-10407:2010 -parte 10407: Especialización de dispositivos – Monitor de presión arterial.
- IEC 80601-2-30:2009 -Parte 2-30. Requisitos particulares para la seguridad básica y el funcionamiento esencial de esfigmomanómetros automáticos no invasivos.
- DS/EN 1060-3 Esfigmomanómetros no invasivos – parte 3: Sistema de medición electromecánico de la presión arterial.

A todo esfigmomanómetro utilizado debe conocerse la exactitud, lo que se logra mediante el proceso de calibración. Este proceso debe ser realizado por un centro de servicio autorizado, conocido como laboratorio de Metrología o Calibración (en Colombia, acreditado por ONAC).

Los dispositivos deben verificarse de manera periódica de conformidad con lo indicado en los manuales de uso y mantenimiento del fabricante.

Se recomienda realizar calibración cada 1 o 2 años. No obstante, si un DMPA se usan todos los días, debe hacerse una comprobación de la integridad del brazalete, os tubos de conexión, y el correcto funcionamiento de la fuente de alimentación por lo menos un vez al mes por parte de un laboratorio autorizado.

Antes de comprar un esfigmomanómetro, se debe verificar que se encuentre validado. Todos los esfigmomanómetros deben contar con un programa de mantenimiento preventivo periódico, el cual se debe registrar en su hoja de vida.

Se necesita los siguientes elementos para un programa de mantenimiento satisfactorio: personal técnico capacitado, herramientas de buena calidad, quipo de pruebas para calibración, uso adecuado de accesorios, repuestos, instrucciones y manuales para el usuario. El intervalo sugerido para el mantenimiento es al menos una vez cada 12 meses.

4. Conclusiones

La articulación con los ODS se puede establecer lo siguiente:

Objetivo 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades, como meta para 2030, reducir en un tercio la mortalidad prematura por enfermedades no transmisibles mediante la prevención y el tratamiento y promover la salud mental y el bienestar, al aplicar las buenas prácticas y el control metrológico de los tensiómetros, se puede:

- Mejorar la exactitud y precisión en la medición de la presión arterial, lo que contribuye reducir el número de diagnósticos erróneos
- Elevar los estándares de calidad en el servicio médico garantizando la integridad y bienestar de los pacientes

Objetivo 4: Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos, de aquí a 2030 como meta, aumentar considerablemente el número de jóvenes y adultos que tienen las competencias necesarias, en particular técnicas y profesionales, para acceder al empleo, el trabajo decente y el emprendimiento, con la información impartida:

- Los participantes adquirirán competencias en el control metrológico de los tensiómetros y las buenas prácticas para la medición de la presión arterial
- Los profesionales de la salud se actualizarán con las normativas y recomendaciones de la OMS, mejorando así su práctica diaria.
- Desarrollar el Boletín Divulgativo con la información más relevante del control metrológico de los instrumentos empleados para medir la presión arterial, a partir de esta actividad.
- El diagnóstico de la hipertensión no depende únicamente de la experiencia y conocimiento de la persona que toma la presión, sino de la calidad de las mediciones del instrumento utilizado.
- Es fútil contar con el personal médico de la mayor competencia si no se dispone de instrumentos de medición confiables.
- La confiabilidad de los instrumentos solamente se puede garantizar con su calibración y control metrológico

5. Referencias

- Aberos Pineida, D. A. (2022). Diseño e Implementación de un sistema invasivo de monitoreo de la presión arterial y la frecuencia cardíaca: microsistema de Energía y Control para el Tensiómetro (Bachelor's thesis, Quito: EPN, 2022.).
- Ramos, S. M., Hervás, M. R., Morales, E. V., García, M. G., & Cervera, R. J. (2008). Presión arterial: ¿Esfigmomanómetro manual o digital? *Enfermería global*, 7(2).
- Instituto Español de Formadores en Salud. Ruidos de Korotkoff, ¿qué son? Mayo 26, 2022. Disponible en: Ruidos de Korotkoff, ¿qué son? – IEFS.
- Mundaca, R. A. E. (2024). Evaluación de alternativas tecnológicas para el telemonitoreo de hipertensión arterial (Doctoral dissertation, Universidad de Concepción).
- Batista, V., Rodríguez, Y., Estepan, T., & De La Rosa, A. (2024). Desarrollo de capacidades en salud a través de la Iniciativa HEARTS en República Dominicana. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 48, e110. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2024.110>

- World Health Organization. (2017). WHO global model regulatory framework for medical devices including in vitro diagnostic medical devices. In WHO global model regulatory framework for medical devices including in vitro diagnostic medical devices.
- Emmanuel, J. (2013). Guidance on Maintaining and Calibrating Non-mercury Clinical Thermometers and Sphygmomanometers. United Nations Development Programmer, GEF
- Bruce, N. G., Shaper, A. G., Walker, M., & Wannamethee, G. (1988). Observer bias in blood pressure studies. Journal of hypertension, 6(5), 375-380. <https://doi.org/10.1097/00004872-198805000-00006>
- Campbell, N. R., Schutte, A. E., Varghese, C. V., Ordunez, P., Zhang, X. H., Khan, T., ... & Lackland, D. T. (2019). São Paulo call to action for the prevention and control of high blood pressure: 2020. The Journal of Clinical Hypertension, 21(12), 1744-1752. <https://doi.org/10.1111/jch.13741>

Sobre los autores

- **María Estefanía Gutiérrez Gómez:** Ingeniera Física. Profesora Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Tecnológica de Pereira. estefa.ggm@utp.edu.co
- **María Elena Leyes Sánchez:** Ingeniera Electricista, Máster en Instrumentación Física, Doctor© en Ciencias de la Educación. Profesora Facultad de Ciencias Básicas y Facultad de Tecnología, Universidad Tecnológica de Pereira. mleyes@utp.edu.co
- **Marcela Botero Arbeláez:** Ingeniera Electricista, Máster en Instrumentación Física. Profesora Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Tecnológica de Pereira. maboar@utp.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2025 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)