Dispositivo de monitoreo del asma en forma de una banda portátil.

Asthma monitoring device in the form of a wearable band.

Hiram de Jesús Ramírez Cruz* (1).
Estudiante Universidad Politécnica de Chiapas, Suchiapa.
231031@ib.upchiapas.edu.mx.

Karen Alejandra Aguilar Gómez (2). Estudiante Universidad Politécnica de Chiapas, Suchiapa,
231073@ib.upchiapas.edu.mx.

Maria de Lourdes Corzo Cuesta (3). Universidad Politécnica de Chiapas, Suchiapa, mcorzo@ib.upchiapas.edu.mx.

*corresponding author.

Artículo recibido en septiembre 17, 2025; aceptado en octubre 27, 2025.

Resumen.

El asma es un problema de salud global que requiere un monitoreo constante para prevenir episodios asmáticos y mejorar los resultados en los pacientes. Este artículo presenta un prototipo de banda portátil diseñada para el monitoreo en tiempo real de esta condición. El sistema integra un sensor de pulso KY-039 para medir la frecuencia cardíaca y una unidad de medición inercial MPU6050 para registrar el movimiento diafragmático. Ambos sensores están conectados a un microcontrolador ESP32, que permite la transmisión inalámbrica de datos hacia una pantalla TFT. La interfaz personalizada proporciona retroalimentación sobre los parámetros fisiológicos y respiratorios obtenidos del paciente. El diseño compacto, de bajo perfil y portátil del prototipo lo hace adecuado para entornos remotos, ofreciendo una solución rápida y eficiente para la evaluación respiratoria continua.

Palabras claves: Asma, dispositivo portátil, monitoreo.

Abstract.

Asthma is a global health problem that requires constant monitoring to prevent asthma episodes and improve patient outcomes. This paper presents a prototype of a wearable band designed for real-time monitoring of this condition. The system integrates a KY-039 pulse sensor to measure heart rate and an MPU6050 inertial measurement unit to observe diaphragmatic movement. Both sensors are connected to an ESP32 microcontroller, which enables wireless data transmission to a TFT display. The customized interface provides feedback on the physiological and respiratory parameters obtained from the patient. The prototype's compact, low-profile, and portable design makes it suitable for remote locations, offering a quick and efficient solution for continuous respiratory assessment.

Keywords: Asthma, monitoring, wearable.

1. Introducción.

El asma es una enfermedad pulmonar crónica que afecta a personas de todas las edades y constituye un importante problema de salud pública a nivel mundial. Según la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2024), en 2019 aproximadamente 262 millones de personas vivían con esta condición y se registraron alrededor de 455,000 muertes relacionadas. Estas cifras reflejan la necesidad de un monitoreo continuo de los parámetros fisiológicos asociados, como la frecuencia cardíaca y los patrones respiratorios, fundamentales para la detección temprana de exacerbaciones y la prevención de complicaciones graves (Chipps, 2019).

Tradicionalmente, el seguimiento del asma se realiza mediante espirometría, una técnica eficaz para evaluar la función pulmonar. No obstante, este método presenta limitaciones significativas: requiere la colaboración activa del paciente, no permite un registro continuo y no ofrece información en tiempo real sobre el estado respiratorio. Estas limitaciones dificultan la identificación oportuna de crisis asmáticas y restringen su aplicación en el monitoreo cotidiano.
En los últimos años, el avance de la microelectrónica de bajo costo y de las plataformas de hardware abierto ha impulsado el desarrollo de dispositivos biomédicos portátiles, accesibles y personalizables para aplicaciones en salud (Bonato, 2010). Tecnologías como los microcontroladores ESP32 y Arduino permiten integrar sensores biomédicos capaces de registrar y transmitir datos fisiológicos de manera inalámbrica y en tiempo real, fortaleciendo el campo de la telemedicina y promoviendo una mayor autonomía del paciente.

En este contexto, se desarrolla el presente proyecto: una banda ponible para el monitoreo en tiempo real de parámetros asociados al asma. El sistema integra un sensor de pulso KY-039 para la medición de la frecuencia cardíaca y un sensor inercial MPU6050, utilizado para registrar el movimiento diafragmático durante la respiración. Ambos sensores están controlados por un microcontrolador ESP32, encargado del procesamiento y transmisión inalámbrica de los datos hacia una interfaz de visualización. Esta propuesta ofrece una solución compacta, de bajo costo y no invasiva, con potencial de implementación en entornos clínicos con recursos limitados o para uso domiciliario.

Finalmente, cabe destacar que este desarrollo busca mejorar la experiencia del paciente mediante un monitoreo continuo, discreto y cómodo, a diferencia del espirómetro tradicional, que puede resultar incómodo o poco práctico para un uso prolongado. Además, el proyecto fomenta la integración de conocimientos en Ingeniería Biomédica, instrumentación electrónica y adquisición de datos, promoviendo un enfoque multidisciplinario orientado a la innovación tecnológica aplicada a la salud respiratoria.

Las principales características del dispositivo desarrollado son las siguientes:

- Sensor inercial MPU6050
- Sensor de pulso KY-039
- Microcontrolador ESP32
- Pantalla LCD I²C para la visualización de parámetros
- Buzzer para alertas auditivas
- LED indicador de funcionamiento

En la Figura 1 se muestra el diseño de la carcasa del prototipo, elaborado mediante el software SolidWorks, donde se aprecia la disposición de los componentes y su integración ergonómica dentro del sistema ponible.

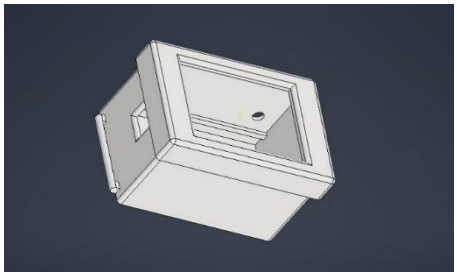

Figura 1. Diseño de la caja del prototipo.

2. Métodos.

La metodología empleada en este proyecto se estructura en tres fases principales: (1) diseño conceptual del dispositivo, (2) selección e implementación del hardware, y (3) desarrollo del software de control, procesamiento y visualización de datos.

2.1 Diseño Conceptual y Principio de Funcionamiento.

El dispositivo se concibe como una banda ponible diseñada para colocarse alrededor del torso del usuario, específicamente a la altura de la aorta abdominal, donde el flujo sanguíneo constante facilita la detección de la señal de pulso. El sistema está orientado al monitoreo no invasivo y en tiempo real de dos parámetros fisiológicos clave en pacientes asmáticos:

- Frecuencia cardíaca: obtenida mediante el sensor de pulso KY-039, que detecta variaciones en la intensidad de la luz infrarroja provocadas por el flujo sanguíneo en los capilares. Dichas variaciones son procesadas por el microcontrolador para calcular con precisión la frecuencia cardíaca del paciente.
- Expansión diafragmática: medida con el sensor inercial MPU6050, capaz de registrar aceleración y movimiento torácico asociados a la respiración. A partir de los datos obtenidos se identifican patrones respiratorios y su variabilidad temporal, permitiendo una estimación indirecta del esfuerzo respiratorio.

Las señales capturadas por ambos sensores son adquiridas y procesadas por el microcontrolador ESP32, que cumple con las funciones de gestión, filtrado, procesamiento y transmisión de los datos en tiempo real a través de dos vías:

- Visualización local: mediante una pantalla LCD I²C, que permite observar de forma inmediata los valores registrados por los sensores (ver Figura 2).
- Exportación inalámbrica: el ESP32, gracias a su conectividad Wi-Fi y Bluetooth, permite la transmisión de los datos para su almacenamiento y análisis posterior con fines clínicos o de investigación (ver Figura 3).

El principio fundamental del diseño consiste en ofrecer una solución compacta, accesible y no invasiva, capaz de proporcionar un monitoreo continuo del estado respiratorio y cardiovascular del paciente asmático, reduciendo las incomodidades y limitaciones asociadas a equipos convencionales como el espirómetro.

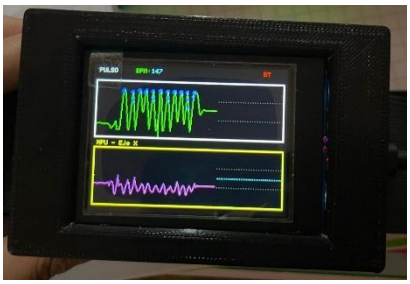

Figura 2. Parámetros fisiológicos mostrados en la pantalla LCD I²C del dispositivo.

Figura 3. Adquisición y almacenamiento de datos recolectados para análisis clínico.

El diseño del sistema está conformado por los principales componentes electrónicos y mecánicos que se detallan en la Tabla 1, los cuales permiten la adquisición, procesamiento y visualización de los parámetros fisiológicos seleccionados.

Tabla 1. Componentes principales del prototipo de banda ponible.

Número	Material	Cantidad
1	Sensor Inercial MPU6050	1
2	Sensor de pulso cardiaco KY-039	1
3	Microcontrolador ESP32	1
4	Placa perforada	1
5	Buzzer	
6	Banda flexible	1
7	LED	1

El funcionamiento general del dispositivo se rige por el código principal implementado en la plataforma ESP32, descrito en el Algoritmo 1. Dicho programa gestiona la adquisición, procesamiento y transmisión de las señales fisiológicas captadas por los sensores KY-039 (frecuencia cardíaca) y MPU6050 (aceleración y movimiento respiratorio).

El algoritmo inicia con la configuración del hardware, definiendo los pines de conexión, la resolución del conversor analógico-digital (ADC) y los parámetros de comunicación I²C del sensor inercial. Posteriormente, se habilita el módulo Bluetooth del microcontrolador, encargado de la transmisión inalámbrica de los datos hacia un dispositivo externo.

Además, se incluye la gestión de la pantalla TFT, donde se muestran en tiempo real las señales obtenidas por ambos sensores, ofreciendo una representación gráfica inmediata de la actividad fisiológica del usuario.

Algoritmo 1. Código principal para la adquisición y transmisión de señales fisiológicas mediante el microcontrolador ESP32.

```
INICIO
  IMPORTAR librerías:
    - Comunicación I2C (Wire)
    - Sensor MPU6050 (Adafruit_MPU6050)
    - Comunicación Bluetooth (BluetoothSerial)
    - Pantalla TFT (TFT_eSPI)

  DECLARAR objetos:
    - tft: pantalla TFT
    - mpu: sensor inercial MPU6050
    - SerialBT: comunicación Bluetooth

  DEFINIR pines:
    PULSE_PIN = 36
    LED_PIN = 15
    BUZZER_PIN = 25
FUNCIÓN setup:
    Iniciar comunicación serial a 115200 baudios
    Inicializar pantalla TFT
    Inicializar sensor MPU6050
    Iniciar Bluetooth con nombre “ESP32_Sensor”
```

Configurar LED_PIN como salida

FUNCIÓN loop (se ejecuta continuamente):
Leer valor del sensor de pulso (PULSE_PIN)
Obtener datos del sensor MPU6050:
- Aceleración
- Giroscopio
- Temperatura

Limpiar pantalla
Mostrar en pantalla:
- Valor del pulso
- Aceleración en eje Y

Enviar por Bluetooth:
- Valor del pulso
- Aceleración en eje Y (separados por coma)

Esperar 100 milisegundos

FIN

3. Desarrollo.

3.1. Implementación del Hardware.

El sistema propuesto está conformado por un microcontrolador ESP32, encargado del procesamiento y transmisión de los datos adquiridos; un sensor de pulso KY-039, utilizado para medir la frecuencia cardíaca; un sensor inercial MPU6050, destinado a registrar la expansión diafragmática y los movimientos torácicos; y una pantalla LCD I²C, que permite la visualización local e inmediata de los parámetros obtenidos.

La alimentación del sistema se realiza mediante una batería portátil recargable, lo que garantiza su autonomía y portabilidad. La conexión de los sensores se efectúa a través de las entradas analógicas y del protocolo de comunicación I²C, optimizando así el uso de pines del microcontrolador y manteniendo un diseño compacto. Finalmente, todos los componentes fueron integrados en una banda textil ligera, asegurando comodidad para el usuario y un posicionamiento adecuado de los sensores sobre el cuerpo.
Como se observa en la Figura 4, la interfaz gráfica desarrollada muestra en tiempo real las señales adquiridas por ambos sensores, proporcionando una visualización clara y dinámica de las variables fisiológicas monitoreadas.

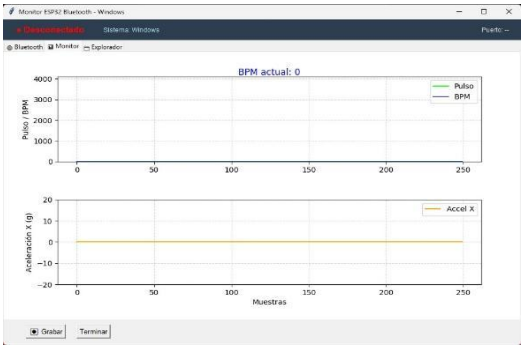

Figura 4. Interfaz gráfica de las señales adquiridas por los sensores KY-039 y MPU6050.

3.2. Transmisión Inalámbrica.

El módulo Bluetooth integrado en el ESP32 permite la transmisión inalámbrica de los datos en tiempo real hacia una interfaz de visualización en computadora, desarrollada en Visual Studio Code. Esta interfaz facilita el almacenamiento, registro y posterior análisis de las señales fisiológicas, contribuyendo al seguimiento remoto del paciente y a la generación de bases de datos clínicas.

En la Figura 5 se presenta el esquema de transmisión de datos mediante la conexión Bluetooth establecida entre el dispositivo ponible y la aplicación de monitoreo.

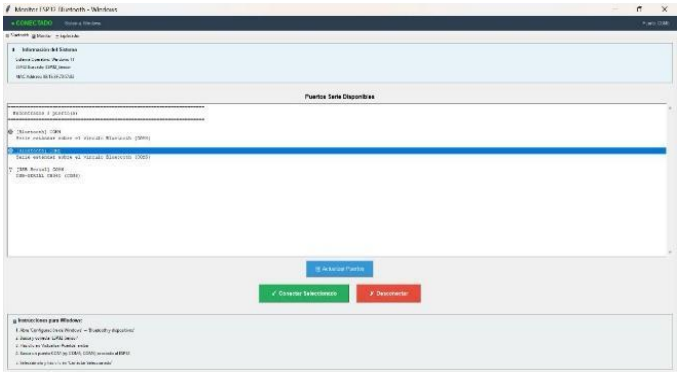

Figura 5. Transmisión de datos en tiempo real por medio de Bluetooth.

3.3. Procesamiento de Señales.

Para mejorar la calidad de las señales capturadas, se implementaron filtros digitales simples, incluyendo un filtro de promedio móvil para suavizar la señal y un método de eliminación de valores atípicos, que contribuye a reducir el ruido provocado por artefactos de movimiento o interferencias ambientales.
Este procesamiento permite obtener lecturas más estables y precisas, fundamentales para el análisis de la variabilidad respiratoria y la frecuencia cardíaca.

3.4. Aplicaciones clínicas.

El sistema desarrollado no solo permite un monitoreo inmediato en tiempo real, sino también la posibilidad de realizar un análisis longitudinal de los datos recopilados. Esto facilita la identificación temprana de patrones respiratorios que podrían asociarse con crisis asmáticas o alteraciones en la frecuencia cardíaca del paciente.
En la Figura 6 se muestran ejemplos de las señales fisiológicas registradas por el dispositivo durante las pruebas experimentales, donde es posible observar la variación del pulso y los ciclos respiratorios del usuario.

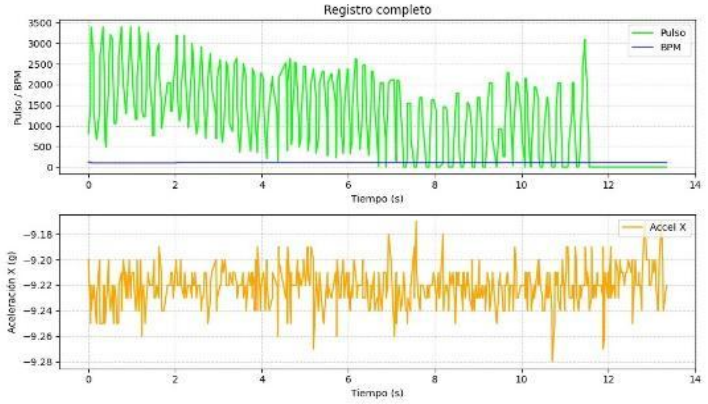

Figura 6. Señales registradas del paciente durante la prueba experimental.

Conclusiones.

El desarrollo del dispositivo ponible propuesto demostró la viabilidad de integrar tecnologías de bajo costo para el monitoreo fisiológico no invasivo en pacientes asmáticos. Gracias a la implementación del microcontrolador ESP32, en conjunto con los sensores KY-039 y MPU6050, fue posible capturar en tiempo real parámetros clave como la frecuencia cardíaca y la expansión diafragmática, lo que permite analizar de forma simultánea el estado respiratorio y cardiovascular del usuario.

El sistema logró una comunicación inalámbrica estable mediante Bluetooth, facilitando la transmisión de datos hacia una interfaz externa desarrollada en Python, donde las señales pueden visualizarse y analizarse con mayor detalle. Esta arquitectura modular y adaptable permite una fácil replicación del prototipo, abriendo la posibilidad de ampliar su aplicación en entornos clínicos, de investigación o en comunidades con recursos limitados.

En conjunto, los resultados obtenidos evidencian que es posible diseñar soluciones portátiles, accesibles y eficientes que contribuyan al monitoreo continuo de enfermedades respiratorias, fortaleciendo el campo de la Ingeniería Biomédica aplicada a la salud digital. Futuros trabajos podrían centrarse en la optimización del procesamiento de señales, la miniaturización del hardware y la implementación de algoritmos de detección temprana de crisis asmáticas para su integración en sistemas de telemedicina.

Referencias bibliográficas.

Global Initiative for Asthma. (2023, julio). *Guía de Bolsillo 2023 para adultos, adolescentes y niños de 6-11 años: Manejo y prevención del asma* [PDF]. https://ginasthma.org/wp-content/uploads/2024/02/GINA-Pocket-Guide-2023-SPANISH-WMS.pdf

lanco-Aparicio, M., Almonacid, C., Calvín Lamas, M., Delgado, J., Gandolfo-Cano, M., López-Carrasco, V., Vega, J. M., Díaz-Pérez, D., & Villamañán, E. (2023). Telemedicina y asma grave en nuestro entorno: Reflexiones sobre la experiencia de los profesionales y propuestas para hacerla realidad. *Open Respiratory Archives*, 5(3), Article 100239. https://doi.org/10.1016/j.opresp.2023.100239

Mass General Brigham Asthma Center. (s. f.). *Folleto #7: Monitorización del asma y del flujo espiratorio máximo* [PDF]. https://www.massgeneralbrigham.org/content/dam/mgb-global/es/patient-care/services-and-specialties/asthma-center/documents/asthma-peak-flow-monitoring-es.pdf

Mayo Clinic. (2025, 8 de marzo). *Asma – Diagnóstico y tratamiento*. https://www.mayoclinic.org/es/diseases-conditions/asthma/diagnosis-treatment/drc-20369660

Información de los autores.

Hiram de Jesús Ramírez Cruz, es estudiante de la carrera de Ingeniería Biomédica en la Universidad Politécnica de Chiapas, Suchiapa, México. Su formación se orienta al diseño y mantenimiento de equipos médicos, así como al desarrollo y aplicación de tecnologías innovadoras en el ámbito de la salud.

Karen Alejandra Aguilar Gómez, es estudiante de Ingeniería Biomédica en la Universidad Politécnica de Chiapas, Suchiapa, México. Sus intereses académicos se centran en el diseño, mantenimiento y desarrollo de dispositivos médicos, además del uso de tecnologías emergentes aplicadas al monitoreo y cuidado de la salud.

Maria de Lourdes Corzo Cuesta, es profesora en la Universidad Politécnica de Chiapas, Suchiapa, México. Cuenta con una Maestría en Ingeniería Eléctrica con especialidad en Bioelectrónica por el CINVESTAV y es candidata al Sistema Nacional de Investigadores.