

OXINET

S.M. Rodríguez Bocanegra; G.E Rodríguez González; A. Martínez Ramírez

Unidad Académica Multidisciplinaria Región Altiplano UAMRA-UASLP, Matehuala,
S.L.P., MÉXICO,

a308772@alumnos.uaslp.mx; a344463@alumnos.uaslp.mx; alejandro.martinez@uaslp.mx

RESUMEN

En la actualidad, el monitoreo remoto de los signos vitales se ha convertido en una herramienta clave para fortalecer la atención médica preventiva y hospitalaria. El proyecto Oxinet propuso el desarrollo de un dispositivo portátil basado en un microcontrolador ESP32 que integra el sensor MAX30102, capaz de medir de forma no invasiva la saturación de oxígeno en sangre (SpO₂) y la frecuencia cardíaca. Los datos obtenidos se muestran en una pantalla OLED y se transmiten en tiempo real mediante conectividad Wi-Fi utilizando el protocolo MQTT, lo que permitió su integración con una aplicación móvil creada en App Inventor. Durante las pruebas, el sistema mostró resultados confiables y una rápida respuesta en la adquisición y envío de datos, demostrando su potencial como herramienta accesible para el seguimiento de pacientes en hospitales o en el hogar. Investigaciones recientes respaldan la implementación de este tipo de tecnologías en entornos de salud digital (Durley. T., et al., 2023; Batool,I., 2025).

Palabras Claves: Microcontrolador ESP32, sensores MAX30102, monitoreo remoto.

ABSTRACT

Currently, remote monitoring of vital signs has become a key tool for strengthening preventive and hospital healthcare. The Oxinet project proposes the development of a wearable device based on an ESP32 microcontroller that integrates the MAX30102 sensor, capable of noninvasively measuring blood oxygen saturation (SpO₂) and heart rate. The data obtained is displayed on an OLED screen and transmitted in real time via Wi-Fi connectivity using the MQTT protocol, allowing its integration with a mobile application created in App Inventor. During testing, the system showed reliable results and a rapid response in data acquisition and transmission, demonstrating its potential as an accessible tool for patient monitoring in hospitals or at home. Recent research supports the implementation of this type of technology in digital health environments (Durley. T., et al., 2023; Batool,I., 2025).

Keywords: ESP32 microcontroller, MAX30102 sensors, remote monitoring.

INTRODUCCIÓN

El pulsioxímetro es un dispositivo esencial para medir la saturación de oxígeno (SpO₂) y la frecuencia cardíaca de manera no invasiva. Su relevancia se destacó durante la pandemia de COVID-19, ya que permitió la detección temprana de hipoxemias silenciosas, un problema

que afecta a muchos pacientes sin signos evidentes (Durley. T., et al., 2023; Batool,I., 2025). Esta situación evidenció la necesidad de contar con sistemas de monitoreo remoto sin contacto, capaces de brindar seguimiento continuo y seguro. El proyecto Oxinet propuso el diseño y desarrollo desde cero de un sistema integral que incluye un pulsioxímetro funcional y una red de comunicación basada en MQTT. Esto permitió transmitir los datos en tiempo real a una aplicación accesible y disponible para el personal médico, mejorando la atención y reduciendo la exposición física de médicos y pacientes (Batool, I., 2025; Salazar, P. F). La solución combina la construcción del hardware, programación del firmware y la integración a una aplicación personalizada, con el objetivo de optimizar el monitoreo continuo de pacientes tanto en hospitales como en el hogar.

MARCO TEÓRICO

El pulsioxímetro es un dispositivo utilizado para medir la saturación de oxígeno en la sangre (SpO₂) y la frecuencia cardíaca (HR), a través de la absorción de luz en diferentes longitudes de onda. Durante la pandemia de COVID-19, se evidenció la importancia de detectar de manera temprana la hipoxemia silenciosa, lo que impulsó la necesidad de sistemas de monitoreo remoto sin contacto.

El sensor MAX30102, integrado en pulsioxímetros modernos, permite obtener mediciones confiables de SpO₂ y HR mediante un emisor y receptor de luz, y su conexión con microcontroladores como el ESP32 facilita la construcción de dispositivos portátiles y conectados (SparkFun Electronics, s.f.). La transmisión de datos se puede realizar mediante protocolos de IoT, como MQTT, que garantizan la comunicación eficiente entre múltiples dispositivos y plataformas de visualización remota (Salazar, P. F).

Diversos estudios han mostrado que los sistemas de monitoreo de signos vitales basados en IoT y redes inalámbricas permiten alertas tempranas y seguimiento continuo de pacientes, lo que disminuye la necesidad de contacto físico y mejora la atención médica, siendo especialmente útiles para adultos mayores, niños y pacientes con enfermedades crónicas (Durley. T., et al., 2023; Batool,I., 2025).

METODOLOGÍA

El proyecto Oxinet se desarrolló con el objetivo de construir un sistema de monitoreo remoto de signos vitales basado en pulsioxímetros hechos desde cero, conectados mediante una red MQTT. Se realizó de manera sistemática, combinando diseño de hardware, programación, comunicación y visualización de datos.

Se ensambló un pulsioxímetro utilizando el sensor MAX30102, un microcontrolador ESP32 y una pantalla OLED para mostrar en tiempo real los valores de saturación de oxígeno y frecuencia cardíaca, como se muestra en la Figura 1. La elección del ESP32 se basó en su capacidad de procesamiento, conectividad Wi-Fi y compatibilidad con múltiples sensores. Para la programación del firmware se utilizó Arduino IDE para capturar, procesar y enviar los datos del sensor a través del protocolo MQTT, como se muestra en la Figura 2. Cada ESP32 funcionó como un cliente MQTT, transmitiendo datos a un broker accesible desde la

red local o internet. Para la visualización remota se desarrolló una aplicación en App Inventor que grafica los datos en tiempo real mediante el complemento ChartMaker, facilitando el seguimiento inmediato de variables, como se muestra en la Figura 3 y Figura 4. Todos los componentes se integraron en un diseño tipo pulsera fabricado mediante impresión 3D, priorizando la comodidad y portabilidad para el paciente, como se muestra en la Figura 5. Finalmente se procedió a la validación del sistema mediante pruebas experimentales con usuarios reales. Se realizaron mediciones a cuatro grupos poblacionales: niños (entre 6 y 12 años), atletas, personas mayores de 65 años y un grupo formado por adultos-jóvenes seleccionados al azar sin antecedentes clínicos conocidos. Se realizaron 40 pruebas bajo condiciones simuladas, calculando el porcentaje de saturación de oxígeno y la frecuencia cardiaca, para luego realizar una comparación entre cada grupo. Estas pruebas permitieron verificar la precisión en la captura de datos, la fiabilidad en la comunicación y la correcta visualización en la aplicación, asegurando que el sistema funciona de manera integrada y confiable para su uso.

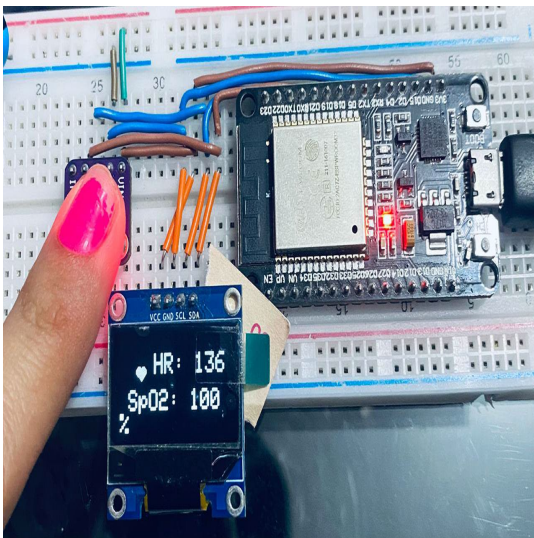


Figura 1. Circuito inicial de pulsioxímetros

```

PRUEBA_F.ino
1 #include <Wire.h>
2 #include "MAX30105.h"
3 #include "spo2_algorithm.h"
4 #include <Adafruit_GFX.h>
5 #include <Adafruit_SSD1306.h>
6
7 #define SCREEN_WIDTH 128
8 #define SCREEN_HEIGHT 64
9 #define OLED_RESET -1
10 Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, OLED_RESET);
11
12 MAX30105 particleSensor;
13
14 #define BUFFER_SIZE 50
15
16 uint32_t irBuffer[BUFFER_SIZE];
17 uint32_t redBuffer[BUFFER_SIZE];
18
Output Serial Monitor x
Message (Enter to send message to 'DOIT ESP32 DEVKIT V1' on 'COM8')
20:41:43.241 -> Tomando muestras...
20:41:44.475 -> Calculando HR y SpO2...
20:41:44.475 -> HR: 83 | SpO2: 97
20:41:45.516 -> Tomando muestras...
20:41:46.776 -> Calculando HR y SpO2...
20:41:46.776 -> HR: 60 | SpO2: 99
20:41:47.774 -> Tomando muestras...
20:41:49.010 -> Calculando HR y SpO2...
20:41:49.010 -> HR: 107 | SpO2: 96
  
```

Figura 2. Programación del ESP32 en Arduino IDE

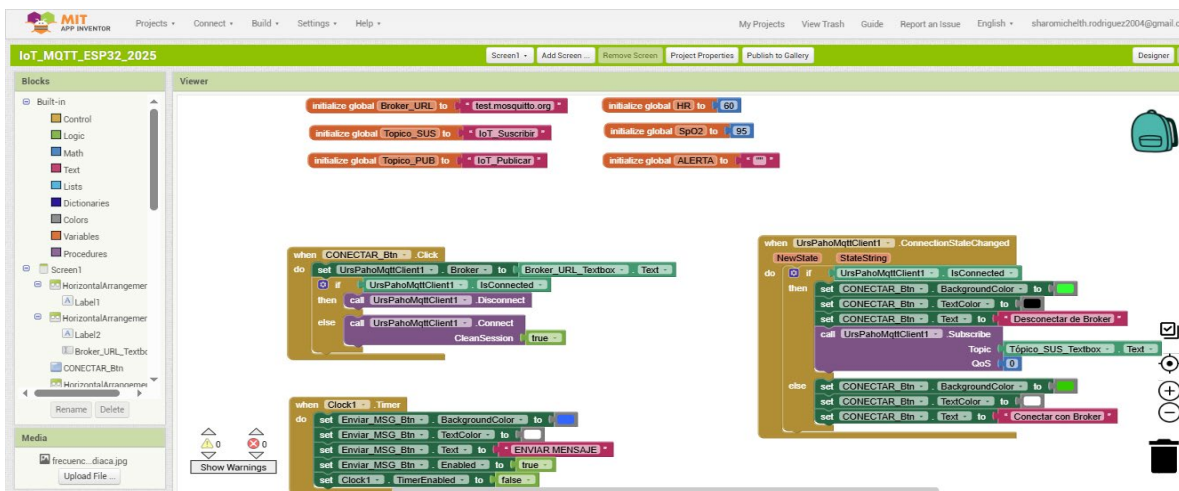


Figura 3. Programación de bloques en App Inventor

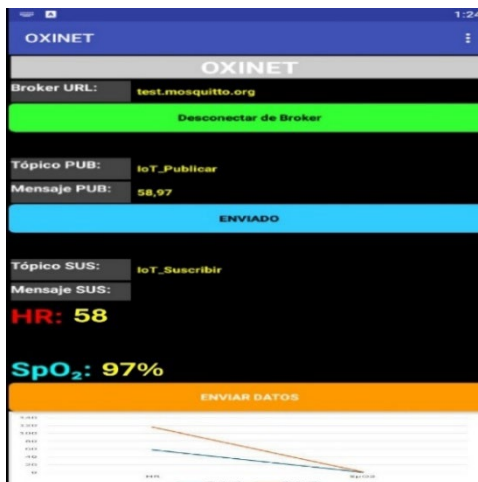


Figura 4. Aplicación móvil mostrando datos en tiempo real



Figura 5. Diseño de prototipo tipo pulsera

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante las mediciones, el sistema demostró un comportamiento estable, preciso y confiable, proporcionando datos continuos de saturación de oxígeno en sangre y frecuencia cardíaca. Estos datos fueron mostrados en tiempo real tanto en la pantalla OLED como en una plataforma visual conectada por Wi-Fi a través del protocolo MQTT.

Los resultados revelaron tendencias fisiológicas esperadas. Los atletas mostraron una frecuencia cardíaca en reposo significativamente más baja que los demás grupos, debido a su acondicionamiento físico, mientras que los niños presentaron una frecuencia cardíaca más alta y una excelente oxigenación. Las personas mayores evidenciaron una mayor variabilidad en los valores de SpO₂ y HR, lo cual refuerza la importancia de un monitoreo continuo para este grupo. En cuanto el grupo de personas al azar presentó valores intermedios y consistentes. Estos resultados confirman que el sistema es confiable y capaz de monitorear signos vitales en tiempo real para distintos perfiles de usuario, demostrando la viabilidad de nuestros pulsioxímetros. Esto se puede ver representado en la siguiente Figura.

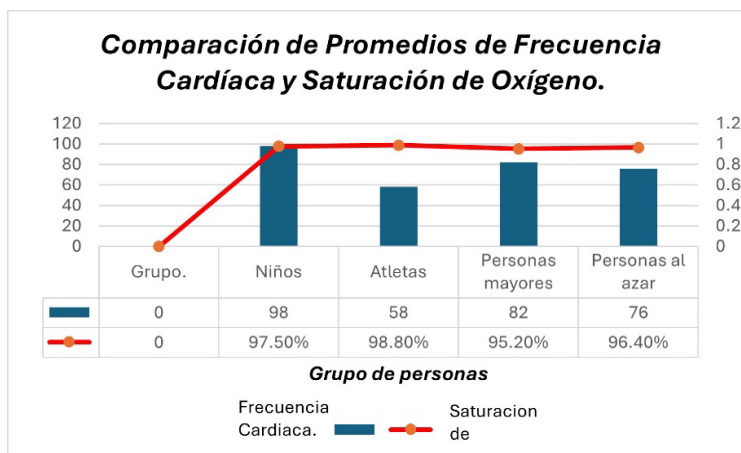


Figura 6. Comparación de promedios de frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno de 40 pruebas realizadas

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos mostraron una adecuada precisión al comparar las mediciones de saturación de oxígeno y frecuencia cardíaca en diferentes perfiles de usuarios: niños, personas mayores, atletas y sujetos al azar. Estas variaciones eran coherentes con los rangos fisiológicos esperados, lo que valida el desempeño del sistema. El envío en tiempo real de los datos a una plataforma accesible por internet y su visualización en una pantalla OLED facilitan el monitoreo continuo sin necesidad de contacto físico, reduciendo riesgos y optimizando recursos de atención médica. En conclusión, OXINET es una alternativa viable y escalable para el monitoreo remoto de pacientes, con posibles aplicaciones en el seguimiento domiciliario, control de enfermedades crónicas y vigilancia postoperatoria.

BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Durley-Torres, I., Guzmán-Luna, J. A., Barros-Ligan, C. M., & Gutiérrez-López, J. P. (2023). Medición de parámetros de signos vitales para emisión de alertas móviles. *Revista Politécnica*, 19(37), 43–56.
- [2]. SparkFun Electronics. (s.f.). MAX30102 Pulse Oximeter and Heart Rate Sensor. Recuperado de <https://www.sparkfun.com/products/15219>.
- [3]. Batool, I. (2025). RealTime health monitoring using 5G networks: a deep learning-based architecture for remote patient care.
- [4]. Salazar, P. F. (2024). Análisis de la seguridad del protocolo de transporte MQTT en dispositivos para internet de las cosas.