

Desarrollo de un Prototipo de Monitor Cardíaco Portátil Basado en ESP32 para Monitoreo Remoto de Signos Vitales

Angeles Barrios

Estudiante de Ingeniería en Sistemas

angelesbarrios0112@gmail.com

Resumen

Este trabajo detalla el diseño y desarrollo de un prototipo de monitor cardíaco portátil adaptado al contexto venezolano, específicamente para la Universidad Bicentennial de Aragua. El sistema integra el microcontrolador ESP32-S3 con el sensor MAX30102 para medir frecuencia cardíaca (FC) y saturación parcial de oxígeno (SpO2), junto con una aplicación móvil en React Native y almacenamiento en Firebase. Las funcionalidades clave incluyen adquisición de señales fotopletismográficas (PPG), transmisión inalámbrica vía WiFi, visualización en tiempo real, registro histórico y alertas por valores anómalos. La solución busca democratizar el acceso a tecnologías de telemonitoreo en entornos de recursos limitados, reduciendo costos en un 250% respecto a dispositivos comerciales y mejorando el seguimiento de pacientes con patologías cardiorrespiratorias, un problema que afecta negativamente al sistema de salud público en Venezuela.

Palabras Clave: Monitor cardíaco, ESP32, Signos vitales, Telemedicina, Aplicación móvil, Firebase.

Abstract

This paper details the design and development of a portable cardiac monitor prototype adapted to the Venezuelan context, specifically for the Bicentennial University of Aragua. The system integrates the ESP32-S3 microcontroller with the MAX30102 sensor to measure heart rate (HR) and partial oxygen saturation (SpO2), along with a mobile application in React Native and storage in Firebase. Key functionalities include photoplethysmographic (PPG) signal acquisition, wireless transmission via WiFi real-time visualization, historical logging, and alerts for anomalous values. The solution aims to democratize access to telemonitoring technologies in resource-limited environments, reducing costs by 250% compared to commercial devices and improving follow-up for patients with cardiorespiratory pathologies, a problem that negatively impacts the public health system in Venezuela.

Keywords: Cardiac monitor, ESP32, Vital signs, Telemedicine, Mobile application, Firebase.

Introducción

En el ámbito de la salud pública, el monitoreo continuo de signos vitales es esencial para la detección temprana de complicaciones en pacientes con patologías cardiovasculares y respiratorias. En Venezuela, donde las enfermedades del sistema circulatorio representan el 30% de la mortalidad anual según el Ministerio Popular para la Salud (2016), existe una brecha significativa en el acceso a tecnologías de monitoreo debido a los altos costos de equipos comerciales (\$300-\$8,000 USD) y la limitada infraestructura hospitalaria. La Universidad Bicentenaria de Aragua, ubicada en San Joaquín de Turmero, enfrenta desafíos similares en la investigación aplicada, considerando necesaria la implementación de soluciones digitales de bajo costo para mejorar la eficiencia en el seguimiento de pacientes.

En este documento se presenta la información relevante de la solución tecnológica propuesta, destacando cómo un prototipo basado en hardware libre como ESP32 ofrece múltiples beneficios, incluyendo mediciones accesibles, transmisión inalámbrica, almacenamiento en la nube y generación de alertas. Se detallan los pasos desde la recopilación de información, el concepto, el diseño, el desarrollo, las pruebas y la validación, evidenciando el uso de buenas prácticas en ingeniería de sistemas biomédicos.

Desarrollo

Funcionalidades

Para la planeación del desarrollo del prototipo en alto nivel, se decidió separarlo en varios módulos funcionales que hacen referencia a distintos aspectos de trabajo (Figura 1).

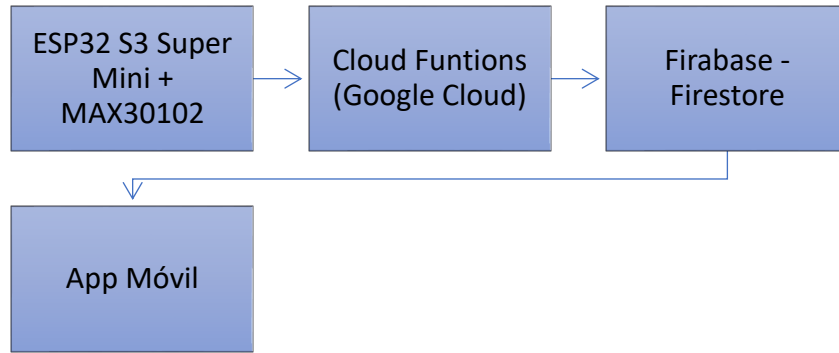


Figura 1: Diagrama de componentes desde la perspectiva del desarrollo, muestra los módulos lógicos y de cuáles depende cada uno para empezar a desarrollarse.

Adquisición de Datos: Integración del sensor MAX30102 para capturar señales PPG y calcular FC y SpO2, dependiente del microcontrolador ESP32-S3.

Procesamiento y Firmware: Programación en C++ (ESP-IDF/Arduino) para filtrado digital, algoritmos de cálculo y gestión energética, empleando protocolos I2C.

Transmisión Inalámbrica: Uso de Bluetooth Low Energy (BLE) y WiFi para enviar datos a la aplicación móvil, con autonomía de hasta 10 días en uso intermitente.

Aplicación Móvil: Desarrollada en React Native para visualización en tiempo real, registro histórico y alertas, conectada a Firebase.

Interfaz

Para la elección de colores se utilizó un tema compuesto de azules claros y blancos para transmitir confianza y claridad médica, con un color secundario verde temático en aplicaciones de salud. Como convención se utilizan bordes redondeados para botones y elementos de formularios, usando fundamentos de Material Design para ajustarse a estándares modernos. Se utiliza la fuente Roboto para su legibilidad, además, se hace uso frecuente de las estructuras

de maquetación en React Native como Flexbox, que ayudan a posicionar elementos en filas, columnas o ambas, con relativa facilidad.

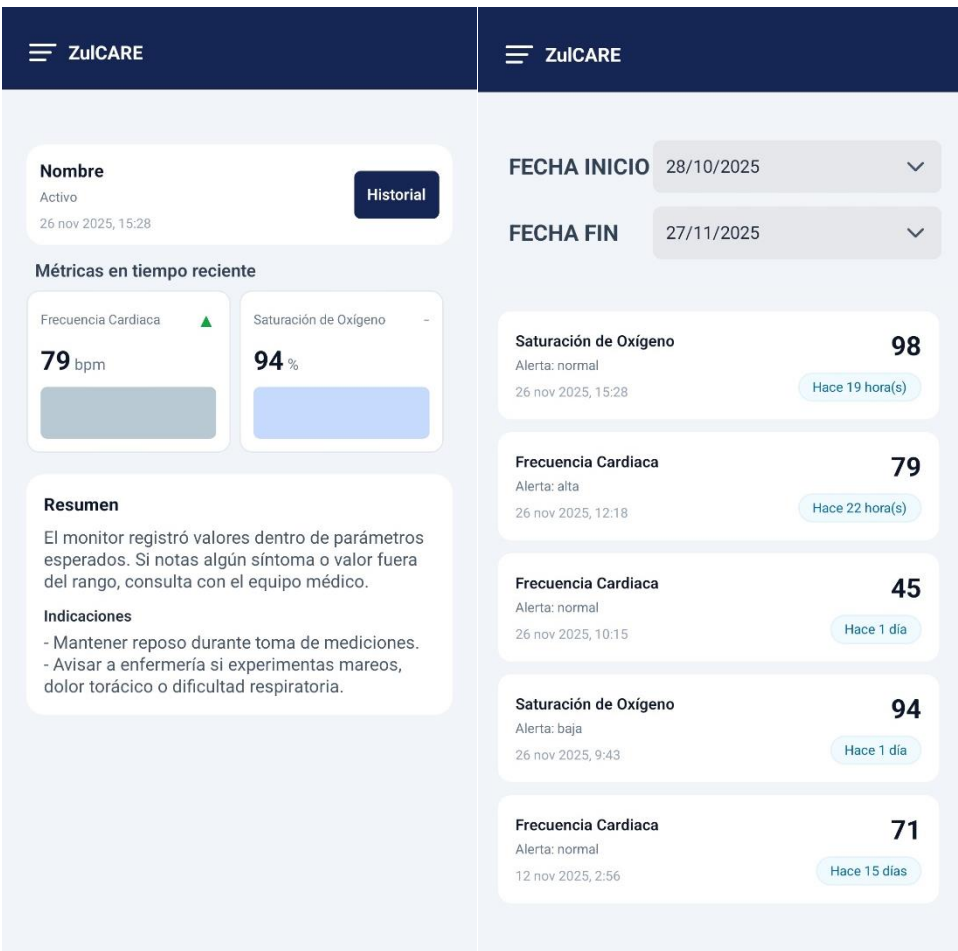


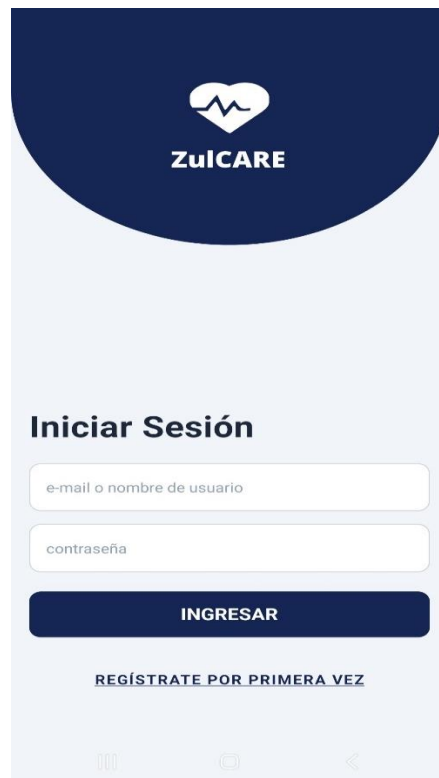
Imagen 1: Ejemplo de la paleta de colores (arriba a la izquierda) y patrones de diseño utilizados en las interfaces de usuario.

A excepción de la sección de login y otras vistas particulares, la aplicación

en general sigue una estructura con una barra de navegación inferior para accesibilidad móvil. Se ha elegido una barra inferior por practicidad, ya que en el uso de la aplicación requiere frecuentemente cambiar de módulos, por lo que es necesario dejarlos siempre a la mano. El header superior se mantiene constantemente en su misma posición e incluye el atajo de regresar.

Para poder usar adecuadamente el espacio, el posicionamiento de los elementos del layout se basó en la tecnología de Flexbox en React Native, que ajusta bien a distintos tamaños de pantallas móviles. El resto del contenido varía dependiendo del módulo, siguiendo las convenciones de diseño ya mencionadas. La aplicación cuenta con vistas principales como:

Login: Estructura estándar para introducir correo y contraseña.



ZulCARE

Iniciar Sesión

e-mail o nombre de usuario

contraseña

INGRESAR

[REGÍSTRATE POR PRIMERA VEZ](#)

Imagen 2: Login principal de acceso.

Formularios de Registro: Formularios para usuarios, con inputs para datos personales y métricas vitales, posicionados en columnas para facilitar la lectura.

The image displays two mobile application screens. The left screen, titled 'Crear Cuenta', is at 'Paso 1 de 3: Cuenta' and features input fields for 'Correo electrónico' and 'Contraseña (Mínimo 8 caracteres)'. It includes buttons for 'VOLVER AL LOGIN' and 'CONTINUAR', and a link for existing users to 'Iniciar sesión'. The right screen, under the 'Zu!CARE' header, shows a 'Ver Perfil Completo' button and a 'Datos Personales y Métricas' section. This section contains fields for 'Nombre Completo' (Angeles Barrios), 'Correo Electrónico' (angeles@gmail.com), 'Teléfono' (Ej. 412 123 4567), and 'Fecha de Nacimiento' (1/12/2004). It also has separate fields for 'Peso (kg)' (50) and 'Altura (cm)' (160), which calculate the 'Índice de Masa Corporal (IMC)' as 19.53. A 'GUARDAR INFORMACIÓN' button is at the bottom.

Crear Cuenta
Paso 1 de 3: Cuenta

Correo electrónico

Contraseña (Mínimo 8 caracteres)

VOLVER AL LOGIN CONTINUAR

¿Ya tienes cuenta? [Iniciar sesión](#)

Zu!CARE

Ver Perfil Completo

Datos Personales y Métricas

Nombre Completo
Angeles Barrios

Correo Electrónico
angeles@gmail.com

Teléfono
Ej. 412 123 4567

Fecha de Nacimiento
1/12/2004

Peso (kg) Altura (cm)
50 160

Índice de Masa Corporal (IMC): **19.53**

GUARDAR INFORMACIÓN

Imagen 3: Formularios para el registro y edición de datos

Tablas de Visualización de Datos: Tablas para histórico de métricas con filtros por fecha, incluyendo columnas de acción como ver detalles.



Imagen 4: Ejemplo de tabla de datos con un filtro; vista de listado de métricas vitales.

Estructura Interna del Proyecto

Diseño del prototipo

Se siguió una arquitectura híbrida de sistemas embebidos y cliente-servidor, donde el hardware (ESP32-S3) actúa como modelo para adquisición de datos,

la app móvil como vista para interacción, y Firebase como controlador para procesamiento y almacenamiento. Los distintos recursos, como código firmware, scripts de app y configuraciones de base de datos, se almacenan en sus propias carpetas respectivas. Esta estructura busca adaptarse a las diferentes necesidades que pueda tener el sistema en: futuros mantenimientos, implementación de módulos nuevos, refactorización, añadido de nuevas funciones aisladas y escalabilidad.

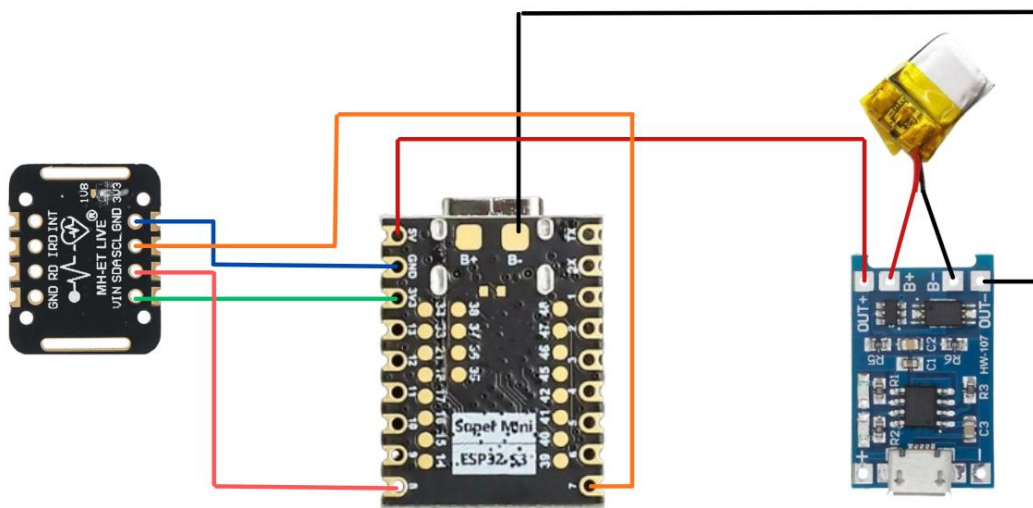


Imagen 5: Diseño del prototipo.

Estructura de la Base de Datos

Como sistema gestor de base de datos NoSQL se usó Firebase Realtime Database, sumado a esto se utilizó la consola web de Firebase para revisar y editar fácilmente los registros de las tablas.

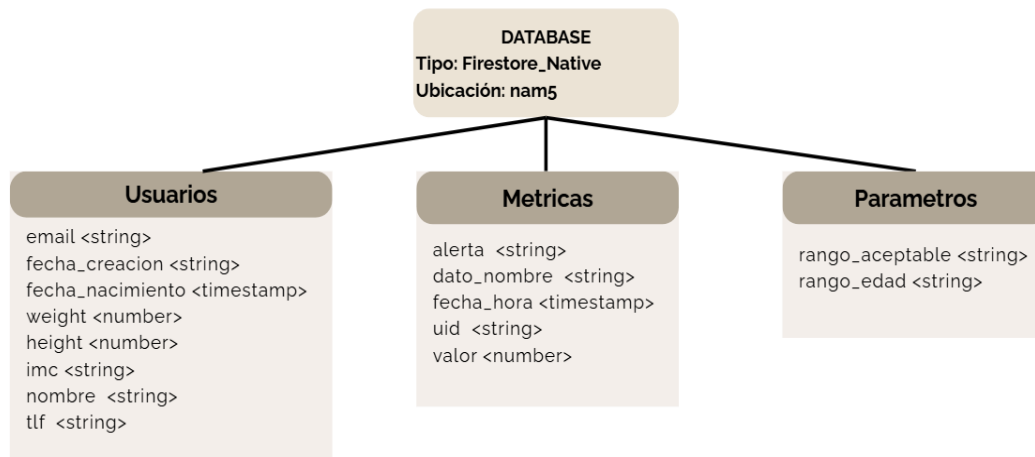


Figura 2: Diagrama de Bases de Datos.

Se manejan colecciones principales: la tabla de usuarios con campos como email, contraseña y datos personales; la tabla de métricas con valores de FC, SpO2 y timestamps; y tablas auxiliares para parámetros, con fines de normalización para reducir el peso de los registros y almacenar referencias en vez de texto completo.

Conclusiones

El presente estudio ha culminado en el diseño y desarrollo de un prototipo de monitor cardíaco portátil basado en ESP32, con arquitectura híbrida y base de datos en Firebase, lo cual representa un paso significativo para optimizar los procesos de monitoreo de signos vitales en entornos de recursos limitados.

A través de la implementación de funcionalidades como adquisición PPG, transmisión WIFI y visualización en app móvil, se logra mejorar la accesibilidad en el seguimiento de pacientes cardiorrespiratorios. Adicionalmente, esta propuesta se alinea directamente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible 3 y 9, adoptados por todos los países miembros de la ONU en septiembre de

2015 (Agenda 2030) para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos de aquí al año 2030

En síntesis, el trabajo demuestra la viabilidad técnica, económica y social de este tipo de dispositivos biomédicos accesibles, estableciendo un precedente valioso para futuras investigaciones en telemedicina, wearables médicos y aplicaciones de inteligencia artificial en el sector salud, y fortaleciendo las capacidades nacionales de innovación tecnológica en un área estratégica para el desarrollo sostenible del país.

Referencias

Alcendra, E. (2018). Diseño y Construcción de un Sensor de Ritmo Cardíaco (Tesis de pregrado). Cartagena: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR.

Boillat-Blanco, N. (2023). Pulse Oximetry as an Aid to Rule Out Pneumonia among Patients with a Lower Respiratory Tract Infection in Primary Care.

Calles, Ó. (2021). La pobreza en Venezuela llega al 94,5% de la población | ENCOVI 2021. PROVEA.

Castaneda, D. (2018). A review on wearable photoplethysmography sensors and their potential future applications in health care.

Castanedo, F. (2019). A Review on Wearable Photoplethysmography Sensors and Their Potential Future Applications in Health Care.

Díaz Zagal, S. (2024). Sistema de monitoreo de signos vitales de manera remota, empleando IoT y dispositivos móviles.

Dunn, J. (2018). Wearables and the medical revolution.

Fernández Iglesias, M. (2023). Brief introduction to database systems.

Bejarano Reyes, MA y Manzano Ramos, EA (2021). Implementación del prototipo de un sistema de monitoreo de signos vitales: pulso, temperatura y saturación de oxígeno para pacientes. Interfaces, (14), 17-40.

M. Pawar, S. Rusia, S. Tijare, A. Gadpalliwar, M. Ashtekar and R. Pichkate, "Development of Health Monitoring Wearable Device using ESP32," 2024 International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT), Lalitpur, Nepal, 2024, pp. 2007-2012, doi: 10.1109/ICICT60155.2024.10544910.

Gotter, A. (2017). Oximetría de pulso. Healthline.

Holmes, E. (2015). Getting Started with React Native. Birmingham: Packt Publishing.

Martínez-Sedas, G. (2024). El oxímetro de pulso: más información de la que pensamos.

Monitores de eventos cardíacos: MedlinePlus enciclopedia médica. (s. f.). Monitores de eventos cardíacos.

What is Systems Engineering. (s. f.). INCOSE. https://www-incose-org.translate.goog/about-systems-engineering/what-is-systems-engineering?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc

Monitor cardíaco, ¿qué es y cómo funciona? (s. f.). Monitor cardíaco, ¿qué es y cómo funciona?

República Bolivariana de Venezuela Ministerio del Poder Popular para la Salud. (2016). Anuario de mortalidad 2016. Caracas: Ministerio del Poder Popular para la Salud.

Reyes, D. (2025). La fotopletimografía como método para el monitoreo de la presión arterial.

Tapia, V. (2023). Sistema de transferencia de datos biomédicos con protocolos de comunicación de bajo consumo.

Tamplin, J. (2015). Developing Extraordinary Apps with Firebase.

Administrator. (s. f.). Frecuencia cardiaca. Fundación Española del Corazón.

Bsn, M. (2025). Vital Signs: Comprehensive guide. Nurseslabs.

Centro Colaborador Español De Instituto Joanna Briggs Para Los Cuidados De Salud Basado En La Evidencia. (s. f.). Signos vitales. murciasalud.es.

IBM. (2024). ¿Qué es una base de datos? IBM.

Meta Platforms, Inc. (2025). React Native: Learn once, write anywhere. Meta Platforms, Inc.

scielo.sld.cu. (2002). La evaluación del crecimiento y el estado nutricional del niño y adolescente: aspectos teóricos y metodológicos. (scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-81202002000200003).