

Mobile application for remote patient monitoring

Mayra A. Tovar Martínez¹, Solange Ivette Rivera Manrique¹

¹Ingeniería Biomédica, Facultad de Tecnologías de la Información,
Universidad de la Salle Bajío, León, Guanajuato, México.

Abstract— Cardiovascular disease is the leading cause of death worldwide, according to the World Health Organization (WHO) an estimated 23.6 million people will die by 2030 from this cause. The main challenge of health-focused science and technology is to achieve a variety of timely diagnostic methods that are more accessible and more far-reaching for society.

This paper deals with the design of a mobile application based on the Blynk platform, in which heart rate and oxygen saturation in the blood are monitored. These signals are acquired via a portable electronic device synchronized via Wi-Fi to the mobile application, in order to reduce patient care times and thus minimize mortality levels of cardiovascular diseases.

Keywords— Monitoring, Blynk, Ischemic Cardiopathy, Internet of Things.

Resumen— Las enfermedades cardiovasculares son la principal causa de defunción a nivel mundial, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) se estima que 23,6 millones de personas fallecerán para el año 2030 por esta causa. El principal reto de la ciencia y la tecnología enfocada a la salud es lograr diversos métodos de diagnóstico oportuno que sean más accesibles y tengan un mayor alcance para la sociedad.

El presente trabajo trata sobre el diseño de una aplicación móvil basada en la plataforma Blynk, en la cual son monitoreados la frecuencia cardíaca y la saturación de oxígeno en la sangre. Dichas señales son adquiridas mediante un dispositivo electrónico portátil sincronizado vía Wi-fi a la aplicación móvil, con el fin de reducir los tiempos de atención a los pacientes y así minimizar los niveles de mortalidad de las enfermedades cardiovasculares.

Palabras clave— Monitoreo, Blynk, Cardiopatía Isquémica, Internet de las Cosas.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, al menos la mitad de la población mundial esta privada de servicios de salud esenciales. [1] La atención sanitaria es de suma importancia para las personas, ya que al contar con una buena salud obtienen muchos beneficios en la educación, el mercado laboral y la productividad; además de tener mayor calidad y esperanza de vida. En promedio, los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) tienen una esperanza de vida de 80 años, mientras que México se encuentra en uno de los extremos más bajos con un promedio de 75 años [2].

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), las enfermedades cardiovasculares son la principal causa de defunción a nivel mundial y cerca de 7.4 millones se deben a cardiopatías coronarias. Se estima que para el año 2030, casi 23.6 millones de personas morirán por alguna enfermedad cardiovascular [3]. En la población mexicana la Cardiopatía Isquémica es la principal responsable de las muertes de origen cardíaco; asimismo, el gasto destinado para su diagnóstico y tratamiento impacta de gran manera a los sistemas de salud pública y privada. [4]

Es así como, uno de los principales retos de la ciencia y la tecnología enfocada a la salud es lograr diversos métodos de diagnóstico oportuno con el fin de hacerlos más accesibles

para la sociedad. Una de las tecnologías más evolucionarias, llamada *Internet of Medical Things*, ayuda a reducir los costos generales para la prevención o el tratamiento de enfermedades, incluyendo dispositivos que monitorean constantemente los parámetros de salud del paciente, dispositivos que administran automáticamente terapias o dispositivos que rastrean datos de salud en tiempo real. [5]

En este contexto, el desarrollo de nuevos métodos de diagnóstico, tratamiento y seguimiento de pacientes brinda muchas oportunidades para las personas que no pueden trasladarse rápidamente a una unidad de salud.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El desarrollo de este trabajo se dividió en tres etapas, que serán explicadas a detalle posteriormente. La primera constó de la selección del microcontrolador, el sensor y la aplicación móvil que fueran las adecuadas para el prototipo, priorizando su portabilidad, autonomía y comodidad para los pacientes.

En la segunda etapa, se realizó la programación de la aplicación móvil basada en la plataforma Blynk con el microprocesador y el sensor, además de la configuración Wi-fi para su sincronización. Por último, se procedió a montar el sensor con el microprocesador y se realizaron las calibraciones necesarias. En la Fig. 1, se observa el diagrama de bloques del proyecto desarrollado.

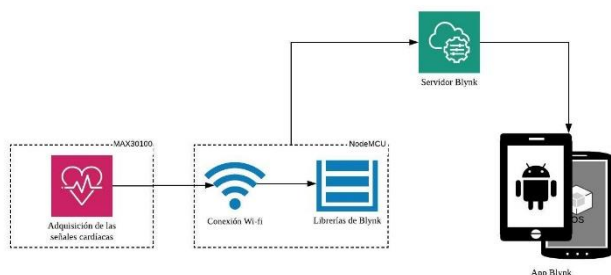


Fig. 1: Diagrama de bloques del sistema.

A. Selección de los materiales.

Como se mencionó, el prototipo debe ser portátil, cómodo y autónomo, además de poder sincronizarse vía Wi-fi con una aplicación móvil para que un médico o enfermera pueda monitorear y llevar un seguimiento de los pacientes con cardiopatía isquémica. También se tuvo en cuenta que fuera económico y de tamaño reducido para que no represente una carga al paciente.

Para lograr esto, se eligió la tarjeta *NodeMCU* que esta basada en el System on Chip (SoC) ESP8266. Este chip cuenta con un módulo Wi-Fi, hardware para manejo del TCP/IP, un servidor web y pines de entrada y salida. [6] El sensor que se utilizó para este trabajo es el *MAX30100*, el cual dispone de dos LEDs (uno rojo y uno infrarrojo) y un fotodiodo; además, cuenta con una memoria *FIFO* de 64 bytes para almacenar hasta 16 lecturas completas. [7]

Por último, se seleccionó la plataforma donde se desarrolló la aplicación móvil para la monitorización de los datos. Se eligió Blynk, ya que cuentan con una infraestructura basada en la nube, además de que se conecta vía Wi-Fi, LTE, 2G-4G o Ethernet; [8] adicional a esto, Blynk es soportado por iOS y Android, lo que la hace de mayor alcance.

B. Firmware.

La programación para la adquisición de datos del sensor *MAX30100*, el cual trabaja mediante el principio de fotopleto-mografía, así como la conexión y sincronización con la plataforma Blynk se realizó en el software *Arduino IDE*. En este software se obtuvieron las librerías correspondientes de cada elemento: la librería *Blynk* versión 0.5.3 y la librería *MAX30100lib* versión 1.0.0.

El código consta de la habilitación de cada parámetro a medir, así como la configuración de sus entradas y salidas. Que son configuradas también en la plataforma Blynk para adquirir los datos de dichas señales, como se muestran en la Fig. 2.

Asimismo, se configura la red Wi-Fi a la que estará conectado el microcontrolador y con el que se sincronizará la aplicación móvil, aunque esta puede utilizar una red diferente a la del microcontrolador que se configura en el dispositivo móvil.

La programación del sensor *MAX30100* consta de la configuración de lectura del pulso, el cual despliega 1000 muestras por segundo, y también del consumo de corriente para los LEDs ROJO e IR el cual es de 50 mA.

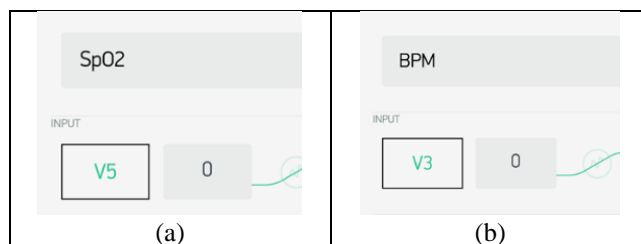


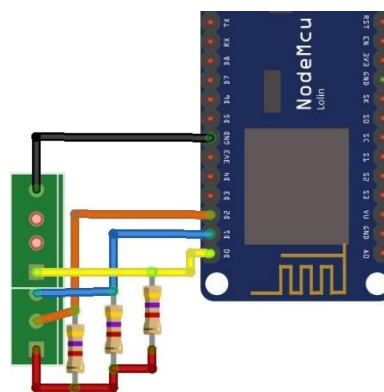
Fig. 2: Configuración de las señales adquiridas a la aplicación móvil.

(a) Configuración de la saturación de oxígeno en la sangre (SpO2).

(b) Configuración de la frecuencia cardíaca (BPM).

C. Hardware.

En esta etapa, se realizó el diseño y el desarrollo del dispositivo electrónico. En la Fig. 3, se muestra el diagrama desarrollado para las pruebas iniciales donde se conectaron resistencias de $4.7k\Omega$ a los pines SCL, SDA e INT del sensor *MAX30100*, debido a que este cuenta con un error de fabricación donde estos pines se encuentran conectados a resistencias de montaje superficial que van conectadas a una entrada de 1.8V, lo que ocasiona que no funcione correctamente con microcontroladores de niveles lógicos altos.

Fig. 3: Circuito esquemático del sensor *MAX30100* al microcontrolador *NodeMCU*.

Es por esto que se prosiguió a desmontar las resistencias del sensor y se conectaron externamente tres resistencias de $4.7k\Omega$ hacia el microcontrolador. Posteriormente, como se observa en la Fig. 4, se realizó el diseño del PCB en el programa *Ultiboard*.

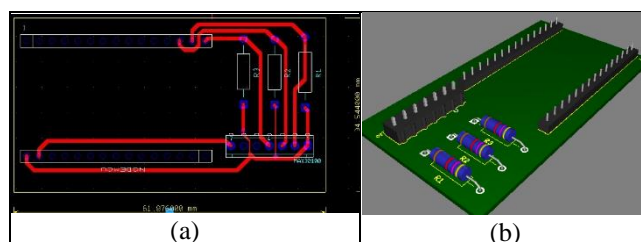


Fig. 4: Diseño final en PCB del circuito desarrollado.

(a) Diseño PCB donde se muestran las conexiones entre los componentes.

(b) Perspectiva a 2 puntos, modelo 3D del PCB diseñado.

III. RESULTADOS

Se realizaron varias pruebas del prototipo en conjunto con la aplicación móvil, con el fin de calibrar el sensor. Posteriormente se obtuvo el resultado que se muestra en la Fig. 5, donde se obtienen la frecuencia cardíaca y la saturación de oxígeno en la sangre.

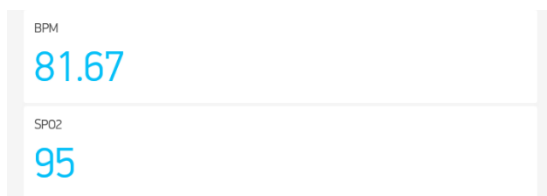


Fig. 5: Datos obtenidos del prototipo que son visualizados en la aplicación móvil.

La frecuencia cardíaca además de visualizarse como se aprecia en la Fig. 5, se registra en un gráfico que realiza un histórico de los datos por periodos de 15 minutos, 1 hora, 6 horas, un día, una semana y un mes (Fig. 6). Adicionalmente, se agregó una alarma visual en forma de notificación móvil para la monitorización continua del paciente que informa cuando se eleva la frecuencia cardíaca arriba de los 100 latidos por minuto.

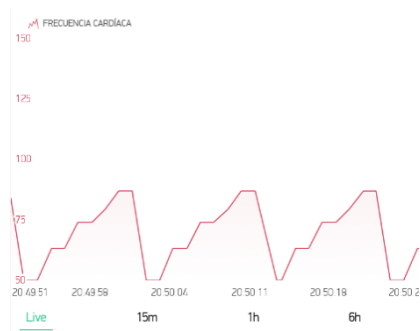


Fig. 6: Grafico de la frecuencia cardíaca registrada.

Este registro puede ser enviado vía e-mail al correo de un profesional de la salud para un análisis más detallado y un diagnóstico oportuno en algún tipo de arritmia cardíaca o enfermedad cardiovascular.

IV. DISCUSIÓN

El presente trabajo presenta el desarrollo de un dispositivo electrónico que es capaz de adquirir la frecuencia cardíaca y la saturación de oxígeno en la sangre, además de sincronizarse vía Wi-Fi para ser visualizado en una aplicación móvil basada en la plataforma Blynk. El dispositivo tiene como principales ventajas la portabilidad, ya que sus medidas lo hacen idóneo como una banda elástica o pulsera de 6x3 cm y que además lo hace cómodo para el paciente; otra ventaja es su autonomía, puesto que la conexión Wi-Fi es automática en cuanto se alimenta el dispositivo, la aplicación tendrá la misma conexión a internet que el celular móvil donde se esté monitoreando.

La alarma con la que cuenta la aplicación ayuda a que si el paciente tiene un evento isquémico agudo pueda ser priorizado y ser atendido en la brevedad posible, para así aumentar las esperanzas de vida del paciente.

V. CONCLUSIONES Y TRABAJO A FUTURO

Se presentó el diseño de un dispositivo de tamaño reducido y cómodo para las personas con cardiopatía isquémica, capaz de adquirir y monitorizar constantemente las señales provenientes del sensor. Sin embargo, el diseño del dispositivo permite utilizar cualquier otro tipo de sensores lo que lo hace personalizable para cada paciente, simplemente se realizaría una modificación en el circuito y su debida programación para la aplicación móvil.

Se plantean futuras mejoras al dispositivo como la realización de diversas pruebas sistemáticas con un grupo de personas para conocer el porcentaje de error que arroja este prototipo, así como el añadir un sensor óptico para la adquisición de la presión arterial, y mejorar el diseño de la banda o pulsera para que sea más ergonómico y práctico para el paciente.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Dra. Solange Rivera Manrique por el apoyo y colaboración en el desarrollo de este trabajo, así como a la Facultad de Tecnologías de la Información de la Universidad de la Salle Bajío. Y al programa EDUCAFIN por el apoyo otorgado para la investigación de este proyecto.

REFERENCIAS

- [1] OMS, «Organizacion Mundial de la Salud,» 13 Diciembre 2017. [En línea]. Available: <https://www.who.int/es/news-room/detail/13-12-2017-world-bank-and-who-half-the-world-lacks-access-to-essential-health-services-100-million-still-pushed-into-extreme-poverty-because-of-health-expenses>.
- [2] OCDE, «OECD Better Life Index,» Sodexo, 2015.
- [3] Organización Mundial de la Salud, «WHO,» OMS, 2019..
- [4] Instituto Mexicano del Seguro Social, «Guia de Practica Clinica: Diagnostico y Tratamiento de la Cardiopatía Isquémica Crónica,» Instituto Mexicano del Seguro Social, Ciudad de México, 2009.
- [5] D. V. Dimitrov, «Medical Internet of Things and Big Data in Healthcare,» Julio 2016. e: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4981575/#>.
- [6] J. Pizarro Peláez, «Internet de las Cosas (IoT) con Arduino. Manual práctico,» de *NodeMCU*, Madrid, Paraninfo, 2019, pp. 5-8.
- [7] Maxim Integrated Products, Inc., «MAX30100. Pulse Oximeter and Heart-Rate Sensor IC for Wearable Health,» Septiembre 2014.
- [8] Blynk Inc., «The most comprehensive IoT stack,» Blynk Inc., 2019.