

Sistema inteligente para pacientes vulnerables para monitorizar sus signos vitales fuera de los centros médicos

(Intelligent system for vulnerable patients to monitor their vital signs outside medical centers)

*Cholota Alvarado Miguel Angel, Jaramillo Reyes Jeyson Ronaldo,
Universidad Técnica Estatal de Quevedo,
miguel.cholota2015@uteq.edu.ec, jeyson.jaramillo2016@uteq.edu.ec*

1. INTRODUCCIÓN

El uso de tecnologías de la información aplicado a – en pacientes ha tenido un impacto considerable en el área médica. Uno de los logros ha sido su integración en las actividades que se realizan en centros médicos dando apertura a otras áreas de estudio como la monitorización de pacientes de forma remota. Esto a su vez permite que desde el exterior de los centros médicos los pacientes puedan monitorizados a través del desarrollo de sistemas inteligentes para el uso médico [1][2].

En la actualidad, la mayoría de los dispositivos que captan signos vitales en el mercado solo pueden detectar datos básicos como frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria y temperatura corporal. La mayoría de estos dispositivos no realizan alguna operación con los datos después de su recopilación ni tienen la capacidad de monitorear los pacientes y su estado en tiempo real [3]. Además, los sensores no se ubican en partes estratégicas para la lectura de los signos vitales y están diseñados para usarse como accesorios [4], pues no es su objetivo principal el cuidado o monitoreo del paciente.

El desarrollo de sistemas inteligentes en ambientes médicos ha logrado beneficiar tanto a médicos como a pacientes. De acuerdo con los escenarios donde se implementen, con la integración correcta de hardware y software, se puede lograr el despliegue de dispositivos conectados a sistemas médicos. El desarrollo de estos sistemas involucrando Internet de las cosas (IoT - Internet of Things) permite mejorar tanto la salud como la calidad de vida del paciente [5][6].

Uno de los factores que permiten determinar la calidad de vida de los pacientes son los signos vitales, que no siempre se monitorizan cuando están fuera de los centros médicos. Esto debido a factores entre los cuales puede destacar la poca existencia de dispositivos comerciales dedicados al monitoreo y registro de signos vitales, lo que conlleva a desconocer si la condición del paciente ha tenido alguna evolución. Esto representa un problema cuando se necesita determinar el estado del paciente, pues como no se han llevado registros de los signos vitales del paciente entonces no se puede determinar si ha mejorado o ha empeorado la condición del paciente. Asimismo, sin registros no se sabe si alguna vez ha tenido una anomalía en el pasado.

Teniendo en cuenta estos escenarios, en este artículo se presentan los resultados del desarrollo de un sistema basado en un dispositivo inteligente que permite monitorear los signos vitales de personas fuera de los centros médicos. Involucrando de manera eficiente tecnologías de la nube y MCU, además de la buena distribución de los sensores, registrar datos relevantes del paciente que permiten al médico dar la debida atención al paciente.

2. TRABAJO RELACIONADO

En el trabajo de Nduka et al. [7] presentan un sistema de monitorización con una placa Arduino y una serie de sensores que permiten captar datos de los signos vitales (la temperatura corporal y la frecuencia cardíaca), los cuales son registrados en la nube. Este proyecto trabaja sobre Gecko, que es una plataforma de código abierto que permite el registro de estos datos. Asimismo, el trabajo de Malche et al. [2] se registran los datos en la nube; trabaja con un dispositivo que se conecta a una aplicación móvil la cual sirve como Gateway para la subida de información de los pacientes. Otra diferencia que se destaca es que el trabajo de Malche capta datos respiratorios con la ayuda de un micrófono, lo cual genera una nueva perspectiva de la manera en que se puede captar los signos vitales de manera no invasiva.

Ravishankar y Sharmila [8] mencionan un sistema de monitorización de salud del paciente automáticamente usando una plataforma IoT en tiempos de pandemia para las zonas rurales y para personas de la tercera edad. Este sistema recoge la información del estado de salud del paciente, que incluye parámetros como el ritmo cardíaco, el nivel de oxígeno en sangre y la temperatura, con el fin de proporcionar un diagnóstico con la atención de un médico de manera no presencial. Se efectúa en esta modalidad por la dificultad que tiene este grupo de personas, lo cual podría implementarse también para la monitorización constante de pacientes en zonas rurales. La información recogida se almacena en el perfil de los pacientes en la página web para que el médico pueda acceder al perfil del paciente desde cualquier lugar y en cualquier momento sin tener que visitar el hospital. Un caso muy parecido al sistema de Malche [2], con la notable diferencia de que se implementan en plataformas distintas, pues Malche [2] usa una placa raspberry Pi y Ravishankar y Sharmila [8] usan un arduino nano.

Yahyaie et al. [9] en su trabajo presentan de igual manera Ravishankar y Sharmila, pues la información del paciente se envía a la nube para ser visualizada a través de una aplicación móvil diseñada para el médico encargado, como sus familiares, los cuales pueden ser alertados por si surge alguna emergencia. Este mismo sistema a diferencia de otros autores está enfocado en predecir los ataques cardíacos.

Abi et al. [10] en su trabajo se enfocan en captar los datos de signos vitales del paciente (frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno, temperatura y frecuencia respiratoria), de varios pacientes y da la opción de desactivar el dispositivo si es que el médico lo dispone, a diferencia de los demás trabajos que siempre están captando datos, dado que algunos registran cada actividad y los datos de signos vitales.

Rate y Titisari [11] presenta un dispositivo que capta los datos de temperatura corporal, frecuencia cardíaca y respiratoria, los mismos que tienen el objetivo de monitorizar los signos vitales, además de las actividades que realiza al igual que Malche aunque con diferentes sensores. Entre sus resultados se tiene que analizan los signos vitales tomando en cuenta las actividades que se realizan para determinar la influencia que tienen en los signos vitales. Estos datos en la mayoría de los casos son analizados para que los modelos

de IA (Inteligencia Artificial) puedan aprender y con eso predecir situaciones que se pueden dar en los pacientes.

Yeri [12] en su trabajo indica que capta los datos de signos vitales (frecuencia cardíaca, temperatura corporal y saturación de oxígeno), al igual que en el trabajo de Ravishankar y Sharmila que se enfocan en solo esos tres parámetros, sin embargo en el trabajo de Yeri trabaja en tiempo real por una red de sensores por medio de una red Wifi las cuales permiten el registro en una base de datos. Así mismo igual que en otros trabajos, se emiten alertas sobre emergencias.

3. MARCO METODOLÓGICO

En este apartado se exponen las metodologías aplicadas para el sistema inteligente de monitorización de signos vitales para pacientes vulnerables.

3.1. Metodología de desarrollo

Para el desarrollo del sistema se implementó TDDM4IoTS que es una metodología orientada al desarrollo de sistemas basados en IoT[13] con 11 etapas enfocadas a la integración de tecnologías de la información, en conjunto con los distintos análisis para el correcto arranque, desarrollo y posterior análisis para aplicar las actualizaciones correspondientes, ofreciendo si se aplica correctamente escalabilidad y estabilidad de los sistemas desarrollados con este sistema.

Para este sistema se omitió la fase --, a razón de que por el tipo de proyecto no era necesaria la implementación de dicha fase.

3.2. Diseño de dispositivo

El diseño del dispositivo se lo desarrollo en la aplicación TDD4IoTS como se muestra en la ilustración 1, en lo cual se utilizó los siguientes componentes:

1. Una batería de litio de 7.4V para la alimentación del dispositivo
2. Un regulador de voltaje que permite la salida de 5V.
3. El sensor MLX90614 este obtiene datos de la temperatura corporal
4. El sensor KY-038 el cual tiene un micrófono que se encargara de detectar la frecuencia respiratoria por minuto.
5. El MAX30100 sensor de frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno.
6. La placa esp8266 es la encargada de recopilar la información de los sensores para enviar por medio de Wifi.
7. El Arduino Nano que se comunica con esp8266 para darle los datos del MAX30100.

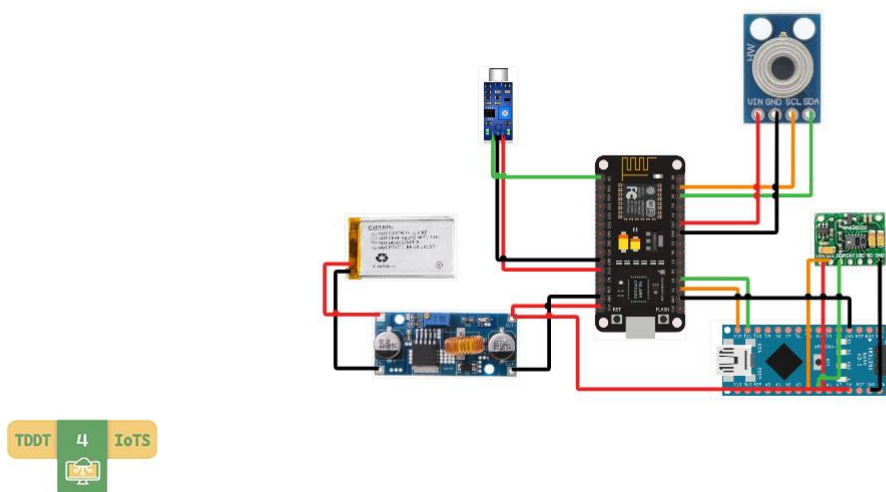


Ilustración 1: Diseño del dispositivo en el aplicativo TDD4IoTs

3.3. Diseño de capa tecnológica

En esta sección se diseñó la arquitectura del sistema y el dispositivo sobre lo cual se basa el proyecto, a continuación, en la ilustración 2 se muestra.

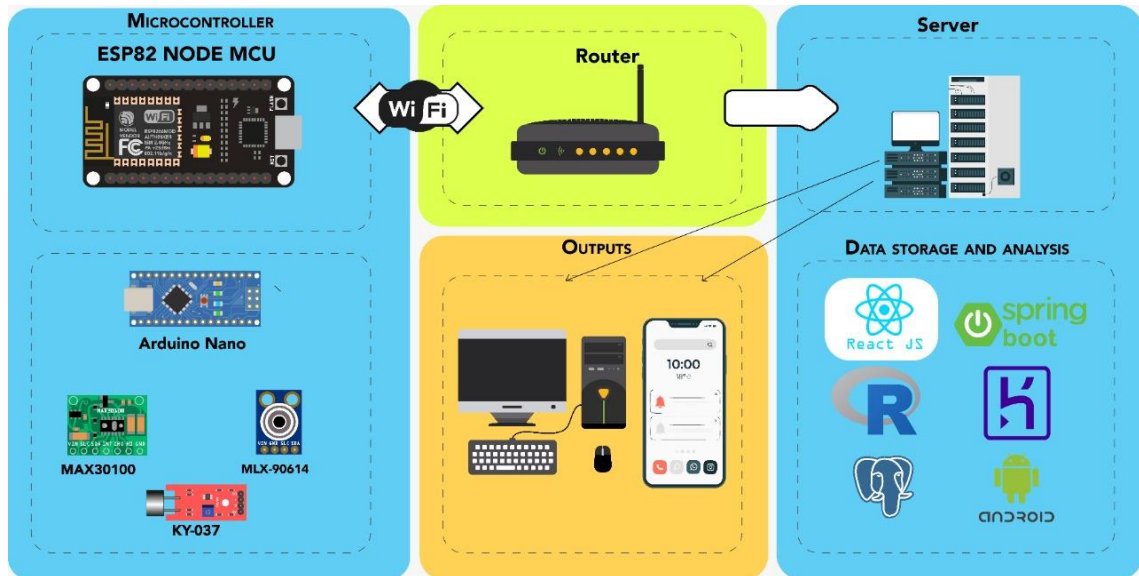


Ilustración 2: Arquitectura del Sistema

El dispositivo que se desplegará en la prenda de vestir de la persona está conformado por los sensores max30100 (mide frecuencia cardiaca y la saturación de oxígeno), mlx90614 (mide la temperatura corporal), ky-037 (mide la frecuencia respiratoria) y la placa esp8266, este dispositivo se comunica con la aplicación móvil y web para el respectivo envío de datos y recepción de alertas.

Los sensores serán controlados por la placa esp8266 la cual por medio de conexión inalámbrica de WiFi los datos capturados son enviados al servidor usando web services. Si entre los datos capturados por el dispositivo presenta alguna anomalía en los signos vitales del paciente, el móvil alertará sobre dicha situación.

3.4. Recolección y análisis de datos

Para el desarrollo del sistema se considera la creación de un dataset donde se visualizan los datos que llegan del dispositivo.

3.4.1. Toma o recolección de datos

La recolección de datos se realizó en el Recinto Garzas Grandes ubicado en el cantón Mocache, con un total de 30 participantes, a los cuales se les tomó los signos vitales con el dispositivo experimental y con 2 dispositivos patentados. Los dispositivos a usar fueron el pulsioxímetro de modelo MP010 y el brazalete de presión de marca Omron.

3.4.2. Análisis de los datos recolectados

Para el análisis de los datos se estructuró un conjunto de datos separados por comas (csv) los cuales son importados en R Studio para su posterior análisis.

3.4.3. Selección de los datos

Se realizaron tomas de datos con el dispositivo a diferentes personas para obtener un conjunto de datos robusto, y tomando un dataset de signos vitales para realizar el análisis inteligente de datos por medio del error estándar medio.

3.4.4. Conjunto de datos preliminar

Una vez recopilados los datos a partir de 31 personas, se obtuvo un total de 60 registros, con los signos vitales básicos a tomar en cuenta de una persona que son los siguientes, frecuencia cardíaca, saturación

REFERENCIAS

- [1] M. Dhinakaran, K. Phasinam, J. Alanya-Beltran, K. Srivastava, D. V. Babu, and S. K. Singh, "A System of Remote Patients' Monitoring and Alerting Using the Machine Learning Technique," *J. Food Qual.*, vol. 2022, 2022, doi: 10.1155/2022/6274092.
- [2] T. Malche *et al.*, "Artificial Intelligence of Things- (AIoT-) Based Patient Activity Tracking System for Remote Patient Monitoring," *J. Healthc. Eng.*, vol. 2022, 2022, doi: 10.1155/2022/8732213.
- [3] M. Shu, M. Tang, M. Yang, and N. Wei, "The vital signs real-time monitoring system based on Internet of things," *Proc. - 2017 4th Int. Conf. Inf. Sci. Control Eng. ICISCE 2017*, pp. 747–751, 2017, doi: 10.1109/ICISCE.2017.160.
- [4] Y. Fan, H. Jin, Y. Ge, and N. Wang, "Wearable Motion Attitude Detection and Data Analysis Based on Internet of Things," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 1327–1338, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2956242.
- [5] F. Sabry, T. Eltaras, W. Labda, K. Alzoubi, and Q. Malluhi, "Machine Learning for Healthcare Wearable Devices: The Big Picture," *J. Healthc. Eng.*, vol. 2022, 2022, doi: 10.1155/2022/4653923.
- [6] S. R. Anan, M. A. Hossain, M. Z. Milky, M. M. Khan, M. Masud, and S. Aljahdali, "Research and Development of an IoT-Based Remote Asthma Patient Monitoring System," *J. Healthc. Eng.*, vol. 2021, 2021, doi: 10.1155/2021/2192913.
- [7] A. Nduka, J. Samual, S. Elango, S. Divakaran, U. Umar, and R. Senthilprabha, "Internet of Things Based Remote Health Monitoring System Using Arduino," *Proc. 3rd Int. Conf. I-SMAC IoT Soc. Mobile, Anal. Cloud, I-SMAC 2019*, pp. 572–576, 2019, doi: 10.1109/I-SMAC47947.2019.9032438.
- [8] P. C. Ravishankar and S. C. Sharmila, "IoT Based System for Home Monitoring

of Human Vital Signs,” in *2021 IEEE International Power and Renewable Energy Conference, IPRECON 2021*, 2021, pp. 1–6, doi: 10.1109/IPRECON52453.2021.9640860.

- [9] M. Yahyaie, M. J. Tarokh, and M. A. Mahmoodyar, “Use of Internet of Things to Provide a New Model for Remote Heart Attack Prediction,” *Telemed. e-Health*, vol. 25, no. 6, pp. 499–510, 2019, doi: 10.1089/tmj.2018.0076.
- [10] R. Abi, Z. Daou, E. Aad, F. Nakhle, A. Hayek, and J. Börcsök, “Patient Vital Signs Monitoring via Android Application,” pp. 166–169, 2020, doi: 10.1109/ICABME.2015.7323278.
- [11] H. Rate and D. Titisari, “The Measuring of Vital Signs Using Internet Of Things Technology,” *2019 Int. Semin. Appl. Technol. Inf. Commun.*, pp. 417–422, 2019, doi: 10.1109/ISEMANTIC.2019.8884312.
- [12] V. Yeri, “IoT based Real Time Health Monitoring,” in *Proceedings of the Second International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA-2020)*, 2020, pp. 980–984, doi: 10.1109/ICIRCA48905.2020.9183194.
- [13] G. Guerrero-Ulloa, M. J. Hornos, and C. Rodríguez-Domínguez, “TDDM4IoTS: A Test-Driven Development Methodology for Internet of Things (IoT)-Based Systems,” *Commun. Comput. Inf. Sci.*, vol. 1193 CCIS, pp. 41–55, Dec. 2019, doi: 10.1007/978-3-030-42517-3_4.