

SISTEMAS DE MONITOREO BIOMÉDICO DE BAJO COSTO: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

LOW-COST BIOMEDICAL MONITORING SYSTEMS: A SYSTEMATIC REVIEW

DOI: <https://doi.org/10.17981/bilo.2.2.2020.2>

Fecha de Recepción: 28/08/2020. Fecha de Publicación: 14/09/2020

Andrea Mejía-De-Castro

Universidad de la Costa, CUC. Barranquilla (Colombia)

amejia23@cuc.edu.co

Jaime Blanco-Escobar

Universidad de la Costa, CUC. Barranquilla (Colombia)

jblanco23@cuc.edu.co

Luis David Díaz-Charris 

Universidad de la Costa, CUC. Barranquilla (Colombia)

ldiaz28@cuc.edu.co

Resumen

Introducción: La Telemedicina ha traído consigo grandes avances en el diagnóstico y tratamiento de la salud del ser humano, puesto que permite la prestación de servicios médicos a distancia. Los sistemas de salud de muchos países se ven limitados por el poco personal médico y la falta de automatización en el seguimiento de los pacientes.

Objetivo: En esta revisión se pretende analizar avances a nivel mundial en la implementación y diseño de Sistemas de Monitoreo Biomédico (SMB) de bajo costo. Además, se realiza un análisis de los tipos de tecnologías o plataformas de bajo costo más utilizadas en el desarrollo de estos sistemas.

Metodología: Para la presente revisión se hizo uso de la metodología Cochrane de revisión de la literatura, se plantearon preguntas de investigación, se definieron criterios de búsqueda en las bases de datos IEEE y Scopus. Se definen los criterios de inclusión y exclusión y las variables a analizar en los estudios encontrados.

Resultados: se encontró que algunas de las plataformas OpenSource para aplicaciones SMB son Libelium, Raspberry Pi, Arduino, entre otras. Además, algunas de las aplicaciones con mayor frecuencia son las de monitoreo de la frecuencia cardíaca.

Conclusiones: Este tipo de revisiones son de importancia para el desarrollo de nuevas tecnologías y aplicaciones en beneficio de mejorar la calidad de salud. Además, contribuir a futuras investigaciones relacionadas, debido a que permiten identificar el estado actual de la temática, sus logros, dificultades y prospectivas.

Palabras clave

E-health; bajo costo; monitoreo biomédico; Biomedicina.

Abstract

Introduction: Telemedicine has brought great advances in diagnosis and treatment of human health, since it allows the provision of remote medical services. Health systems in many countries are limited by a shortage of medical personnel and the lack of automation in patient follow-up.

Objective: This review aims to analyze worldwide progress in the implementation and design of low-cost Biomedical Monitoring Systems (BMS). In addition, an analysis is made of the types of low-cost technologies or platforms most used in developing these systems.

Method: For the present review, the Cochrane literature review methodology was used, research questions were asked, search criteria were defined in the IEEE and Scopus databases. It's defined the inclusion and exclusion criteria and the variables to be analyzed on the studies found.

Results: Some of the OpenSource platforms for BMS applications were found to be Libelium, Raspberry Pi, Arduino, among others. Also, some of the most frequent applications are heart rate monitoring.

Conclusions: These types of reviews are important for the development of new technologies and applications for the benefit of improving the quality of health. In addition, contribute to future related research, since they allow us to identify the current state of the subject, its achievements, difficulties and prospects.

Key Words

E-health; low cost; biomedical monitoring; Biomedicine.

I. INTRODUCCIÓN

En las grandes ciudades, a medida que aumenta la cantidad de la población aumenta la cantidad de personas que acuden a los centros de salud, hospitales o clínicas [1]. Esto ocasiona diferentes problemáticas, algunas de las cuales pueden ser: hacinamiento, aumento de los tiempos de atención, fallas en diagnóstico de enfermedades, falta de personal para cubrir la demanda, entre otros [2], [3]. Por otro lado, en las zonas rurales y de difícil acceso, aún existen limitaciones en la prestación de servicios de salud, en lo que compete a cobertura. Es decir, en los peores casos no existen centros de salud al alcance de la población [4], [5].

Para obtener un diagnóstico temprano de alguna enfermedad, hace falta llevar un control en tiempo real de la sintomatología y del estado de los signos vitales que presenta una persona en el momento de la atención médica [3], [5]. Considerando las problemáticas planteadas anteriormente, este diagnóstico temprano se dificulta, ocasionando vacíos en el seguimiento del estado de salud de los pacientes, debido a que la información vital no es recopilada a tiempo [6], [7].

Gracias a los avances en las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) se han abordado estas problemáticas a través de la telemedicina, con el desarrollo de sistemas y dispositivos de acceso remoto, que permiten prestar atención médica a distancia y el monitoreo biomédico en tiempo real de un paciente [1], [8]. Sin embargo, esta solución no está exenta de sus propias dificultades, como por ejemplo el elevado costo de las aplicaciones.

Un Sistema de Monitoreo Biomédico (SMB) confiable que pueda alertar al usuario y al médico reduciría las admisiones en hospitales, reduciría los costos asociados a la atención presencial y mejoraría la calidad de vida del paciente través de una reducción en la frecuencia de las citas de revisión con el médico [6], [9]. Por otro lado, la aplicación de plataformas biomédicas en la educación permitiría incentivar el desarrollo de innovaciones tecnológicas en este campo [10], [11], [12].

Teniendo en cuenta que el estudio de la Telemedicina y los Sistemas de Monitoreo Biomédico (SMB) se ha venido extendiendo desde las últimas dos décadas. Que la asequibilidad de estas soluciones tecnológicas es económicamente costosa para personas de escasos recursos. Y Consecuentes con las problemáticas de los sistemas de salud a nivel mundial, en esta revisión se pretende dar respuesta a las siguientes preguntas:

1. ¿Qué plataformas de bajo costo aplicadas al monitoreo de variables biomédicas existen actualmente?
 - a. ¿Cuáles son los tipos de tecnologías o plataformas de bajo costo más utilizadas en de desarrollo de estos sistemas?
 - b. ¿Qué enfermedades son objeto de investigación con estos sistemas?

Este tipo de revisiones son de vital importancia para el desarrollo de nuevas tecnologías y aplicaciones en beneficio de mejorar la calidad de salud y contribuir a futuras investigaciones relacionadas, debido a que permiten identificar el estado actual de la temática, sus logros, dificultades y prospectivas.

II. METODOLOGÍA

A. Criterios de selección

Para la búsqueda de información se consultaron dos bases de datos: IEEE y Scopus. Se construyó una matriz meta-analítica en la que se registró, organizó y describió la información que encontrada. Para la selección de artículos potenciales a analizar se empleó la búsqueda sistemática. Para ello, se utilizaron tres palabras claves en las que se consideró: el tipo de plataforma, el enfoque y su función que es el monitoreo de variables biomédicas. Teniendo en cuenta lo anterior, se seleccionaron las siguientes palabras como criterios de búsqueda: “E-Health AND Low Cost AND Monitoring”.

Para las dos bases de datos se aplicaron los mismos criterios de búsqueda “E-Health AND Low Cost AND Monitoring”:

En IEEE la búsqueda inicial aportó 87 resultados. Por lo tanto, se decidió aplicar los siguientes filtros: Años (2009-2018), Tipo (Conference), temática (Health Care). Al aplicar estos filtros se obtuvieron 33 documentos. Luego, se procedió a revisar el contenido de los documentos y se encontró que 12 de estos no respondían a los objetivos de la revisión. Por lo tanto, se obtuvieron 21 documentos para la revisión sistemática. Entre los tipos de documentos encontrados se encuentran artículos publicados en conferencias y monografías de pregrado.

En Scopus, la búsqueda inicial aportó 92 resultados. En esta base de datos sólo se tuvieron en cuenta los documentos de acceso abierto, debido a restricciones en el perfil de los autores para realizar consultas en documentos pagos. De acuerdo con esto, se obtuvieron 13 resultados. Luego, se procedió a revisar el contenido de los documentos y se encontró que 9 de estos no se alineaban a los objetivos de la revisión. Por lo tanto, se obtuvieron 4 documentos para la revisión sistemática. El tipo de documentos encontrados fue únicamente artículos científicos.

En la Fig 1 y Fig. 2 se evidencia gráficamente la aplicación del método sistemático para esta revisión.

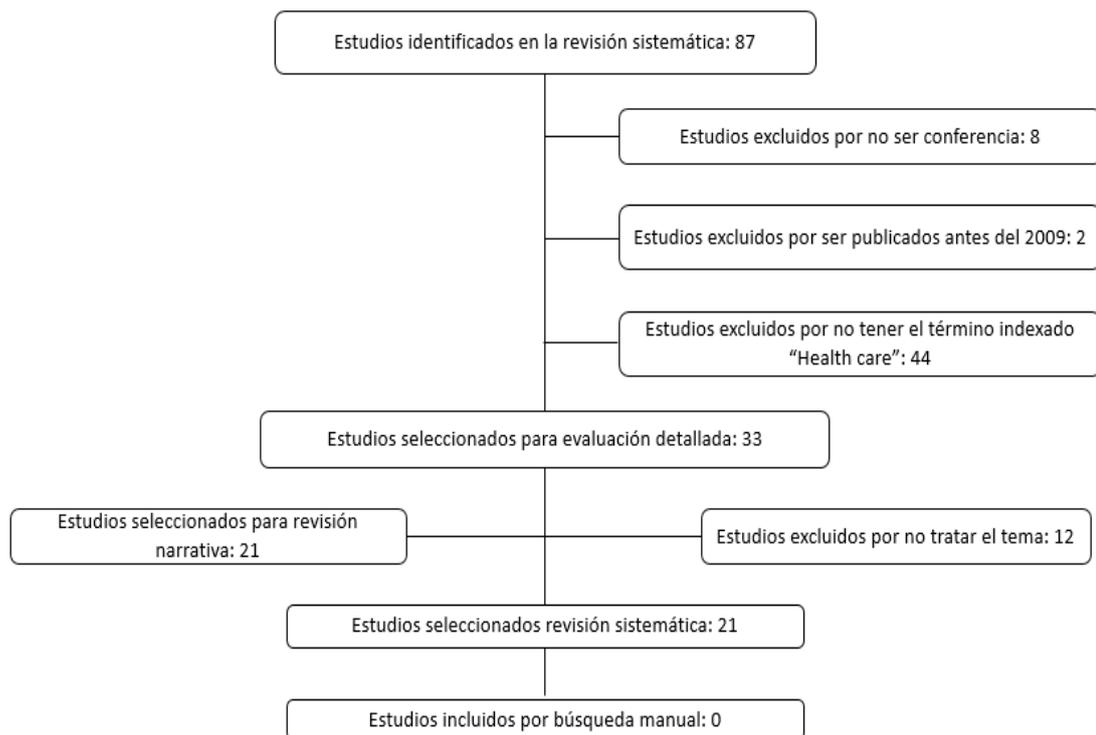


Fig 1. Aplicación método sistemático de revisión base de datos IEEE. Fuente: autores.

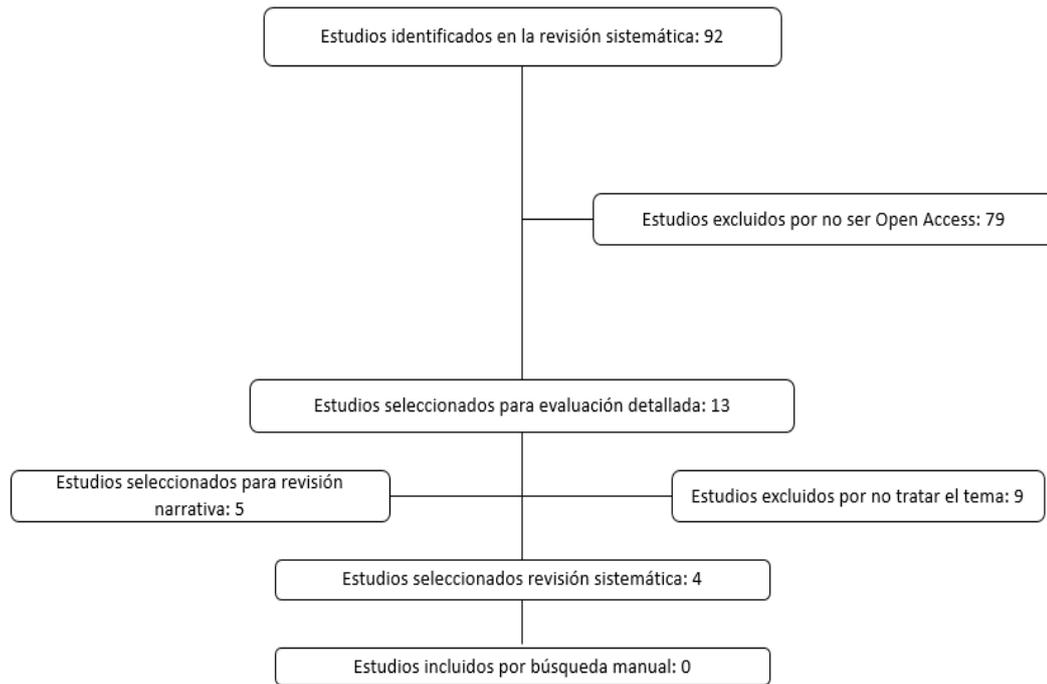


Fig 2. Aplicación método sistemático de revisión base de datos Scopus. Fuente: autores.

B. Operacionalización de variables

De acuerdo con los objetivos de la revisión, en la Tabla 1 se presenta la operacionalización de las variables analizadas en la presente revisión.

Tabla 1. Operacionalización de las variables de estudio.

Variable	Dimensiones	Indicadores
Plataformas de bajo costo aplicadas al monitoreo de variables biomédicas	Plataformas más comunes	Número de plataformas por estudio analizado
	Tipos de enfermedades	Orientación de las variables biomédicas a medir.

Los datos a que se tuvieron en cuenta para el análisis preliminar se desarrollaron en la matriz meta-analítica se escogieron de acuerdo al tipo de sistema, función y aplicación de la siguiente manera: nombre del documento, fecha de publicación, autores, resumen, metodología empleada, los alcances investigativos, tipo de sistema empleado, citas o frases importantes, sensores empleados, enfermedad tratada y descripción del sistema.

III. DISCUSIÓN

E-Health es la aplicación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en todos los aspectos que competen a la atención médica, como el diagnóstico, el seguimiento de los pacientes y la gestión de las organizaciones que prestan servicios médicos [1], [4], [12]. Para mantener condiciones óptimas de salud en los pacientes hospitalizados, sus signos vitales deben ser supervisados y registrados periódicamente por personal de la salud. La metodología manual de registro de signos vitales no es eficiente, debido a que los signos vitales pueden llegar límites peligrosos sin ser detectados, a consecuencia de los lapsos en los que no se está haciendo seguimiento [6], [7], [13]. Las nuevas tecnologías permiten automatizar este proceso de registro y control de los signos vitales, tanto en pacientes hospitalizados como en aquellos que necesitan atención remota.

Sin embargo, los sistemas de E-Health o de Telemedicina son generalmente costosos, ofrecen una gran dificultad para administrarse y necesitan un mantenimiento continuo. Hoy en día, el objetivo de diferentes investigaciones es buscar una solución de bajo costo basada en plataformas de código abierto [1], [3], [5], [13], [14], [15], [16].

Un sistema para el monitoreo remoto debe garantizar el análisis y transmisión continua de los datos, para que el personal médico apoye al paciente de manera eficiente con el suministro de datos de diagnóstico y control del pronóstico. Entre otras cosas, la telemedicina reduce las consultas presenciales a los médicos, es un soporte valioso en situaciones de emergencia, cuando la disponibilidad de centros de médicos es limitada [4][11].

En [1], [3] se afirma que entre las ventajas de monitorear las personas en hospitales, pacientes diagnosticados con enfermedades crónicas y personas mayores que viven en forma independiente, se encuentran: portabilidad y discreción, facilidad de despliegue y escalabilidad. Dispositivos que se pueden usar en grandes cantidades con menos complejidad y bajo costo en comparación con otros métodos tradicionales. Los datos continuamente monitoreados permiten una respuesta en tiempo real en situaciones de atención médica o de emergencia.

A. Análisis de variables

Por todo ello y en referencia a la búsqueda bibliográfica realizada, se encuentra que hay un mayor interés en el desarrollo de plataformas de bajo costo. De los 25 documentos analizados, 8 diseñan o implementan soluciones para monitorear pacientes con enfermedades crónicas específicas, como: afectaciones cardíacas, problemas en la piel, deficiencias respiratorias, pacientes con algún miembro amputado, enfermedad de Parkinson, esclerosis lateral amiotrófica y diabetes. Se identificó que las aplicaciones en pacientes con enfermedades cardíacas son las más comunes.

Se identificó que en [14] se desarrolló una investigación con énfasis académico. En este se describe la configuración de módulos XBee S1 que se utilizaron para transmitir información proporcionada por sensores que miden las variables biomédicas interconectados a una placa Arduino. En esta investigación se determina la fiabilidad de las mediciones a través de la comparación entre tablas de diagnóstico manual, establecidas para cada variable.

Podría ser beneficioso para el desarrollo de estas tecnologías, que los estudiantes de centros de educación media o superior se relacionen con este campo a través de investigaciones desde su espacio académico. Se piensa que de esa forma se lograría tener un mayor número de innovaciones en la telemedicina y los SMB [17].

Con relación a las plataformas de desarrollo más comunes se obtuvo que sólo 16 de las 25 investigaciones revisadas mencionaron el tipo de placa implementada. De acuerdo con esto, las plataformas de desarrollo más comunes son: Libelium, Raspberry Pi, Sphere Weareable sensor, Zigbee, Arduino, y XBee. Así, de esas 15 investigaciones que indicaron la plataforma de desarrollo se identificó que 5 usaron Libelium, 3 usaron Raspberry Pi, 3 usaron Zigbee, 2 usaron Arduino, 1 usó Sphere Weareable sensor y 1 usó XBee. Cada plataforma cuenta con funciones específicas y otras genéricas. Sin embargo, fundamentalmente se emplean para recolectar la información vital de los pacientes y, dependiendo de la aplicación, transmitir dicha información a una base de datos en la nube o guardarla localmente.

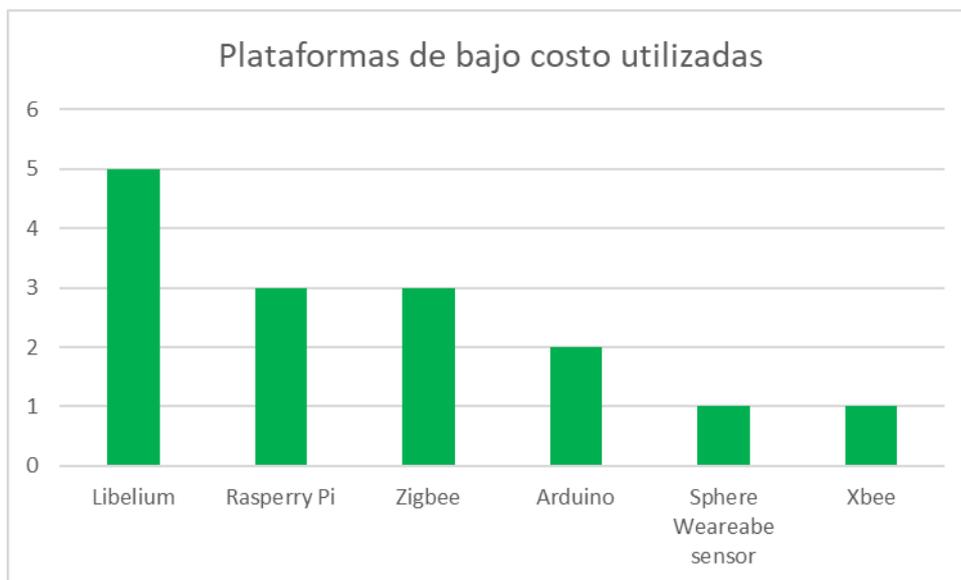


Fig 3. Gráfico de comparación entre las plataformas implementadas en las investigaciones encontradas. Fuente: Autores.

En cuanto al progreso de los trabajos encontrados se tomó como determinación que 21 de los documentos encontrados fueron diseños planteados e implementados, los otros 4 restantes fueron sólo investigaciones sobre telemedicina. Los proyectos que se seleccionaron contenían aplicaciones tales como: Monitor de ritmo cardiaco, sistemas de monitoreo de bajo costo para aplicaciones médicas, generación de aplicaciones móviles como Icardia para personas con enfermedades cardiacas, plataforma de sensores e-Health, sistema portátil de adquisición de datos de ECG para monitoreo a largo plazo, dispositivo para el control de pacientes con Parkinson, Heartfraid y plataforma de bajo costo para el monitoreo de pacientes con un miembro amputado.

Los tipos de sensores más empleados debido a su alto nivel de utilidad y funcionalidad dentro de cada proyecto fueron: Electrocardiograma (ECG), sensor de temperatura, fotoreceptores, sensor de movimiento, sensor de humedad, glucómetro y oximetría (SPO).

De los estudios analizados, se encontró que uno de los 25 documentos constituyó un proyecto de estudiantes implementado y diseñado en la ciudad de Bogotá, Colombia. El objetivo principal de dicho estudio fue reducir el número de traslados innecesarios de pacientes a los centros de salud. Por lo que sus signos vitales estarían monitoreados por un prototipo de bajo costo. El sistema se implementó en un centro pediátrico, para niños con deficiencias respiratorias entre las edades de 0 a 5 años.

IV. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos y la discusión establecida alrededor del tema, se concluye lo siguiente:

Las plataformas de desarrollo comúnmente empleadas para aplicaciones de bajo costo en Sistemas de Monitoreo Biomédico y Telemedicina son: Libelium, Raspberry Pi, Sphere Wearable sensor, Zigbee, Arduino, y XBee.

La plataforma sobre la cual se desarrollan más aplicaciones es Libelium. Esto, puede deberse a la facilidad que tiene de acoplarse con otras plataformas, la facilidad de programación y configuración de periféricos y la adaptabilidad de diversos tipos sensores.

Las enfermedades más comunes sobre las cuales se ha implementado este tipo de aplicaciones son: enfermedades cardiacas, problemas en la piel, deficiencias respiratorias, pacientes con algún miembro amputado, enfermedad de Parkinson, esclerosis lateral amiotrófica y diabetes.

Incentivar el estudio de la Telemedicina y Sistemas de Monitoreo Biomédico podría generar innovaciones para el desarrollo de esta temática.

V. FINANCIAMIENTO

Artículo de revisión de la literatura científica, derivado del Diplomado en producción científica e investigativa, Desarrollado en la Universidad de la Costa. Año de inicio: 2019, año de finalización: 2019. Programa de Ingeniería Electrónica.

REFERENCIAS

- [1] P. Bustamante, K. Grandez, G. Solas, and S. Arrizabalaga, "A low-cost platform for testing activities in Parkinson and ALS patients," *12th IEEE Int. Conf. e-Health Networking, Appl. Serv. Heal. 2010*, 2010.
- [2] Y. Liu and J. Cui, "Design and Implementation of Human Health Monitoring Platform Based on Internet of Things Technology," *Proc. - 2017 IEEE Int. Conf. Comput. Sci. Eng. IEEE/IFIP Int. Conf. Embed. Ubiquitous Comput. CSE EUC 2017*, vol. 2, pp. 422–425, 2017.
- [3] T. Sumalan, E. Lupu, R. Arsinte, and E. Onaca, "Low-cost wireless system for patient monitoring," *2015 E-Health Bioeng. Conf. EHB 2015*, pp. 1–4, 2016.
- [4] A. Chanchal, Raj Chaman, Jain Wasim, "HEMAN : Health Monitoring and Nous," *IEEE WiSPNET Conf.*, vol. 17, no. 2, pp. 2115–2119, 2017.
- [5] S. P. Korres, A. Menychtas, P. Tsanakas, and I. Maglogiannis, "A low-cost IoT-based health monitoring platform enriched with social networking facilities," *2018 IEEE Int. Conf. Pervasive Comput. Commun. Work. PerCom Work. 2018*, pp. 173–178, 2018.
- [6] M. T. Almalchy, V. Ciobanu, and S. M. Algayar, "Solutions for Healthcare Monitoring Systems Architectures," *Proc. - 16th Int. Conf. Embed. Ubiquitous Comput. EUC 2018*, pp. 123–128, 2018.
- [7] J. A. G. Gneccchi, A. De Jesus Valencia Herrejon, A. Del Carmen Tellez Anguiano, A. M. Patino, and D. L. Espinoza, "Advances in the construction of ECG wearable sensor technology: The ECG-ITM-05 ehealth data acquisition system," *Proc. - 2012 9th Electron. Robot. Automot. Mech. Conf. CERMA 2012*, pp. 338–342, 2012.
- [8] M.-Y. Wu and W.-Y. Huang, "Health care platform with safety monitoring for long-term care institutions," *Networked Comput. Adv. Inf. Manag. (NCM), 2011 7th Int. Conf.*, pp. 313–317, 2011.

- [9] N. Mathur, G. Paul, J. Irvine, M. Abuhelala, A. Buis, and I. Glesk, "A Practical Design and Implementation of a Low Cost Platform for Remote Monitoring of Lower Limb Health of Amputees in the Developing World," *IEEE Access*, vol. 4, pp. 7440–7451, 2016.
- [10] M. Cenușă, M. Poienar, and S. D. Pața, "Comparative systems analysis for skin response signal processing," *2017 E-Health Bioeng. Conf. EHB 2017*, pp. 531–534, 2017.
- [11] N. Mohd Zainee and K. Chellappan, "Emergency clinic multi-sensor continuous monitoring prototype using e-Health platform," *IECBES 2014, Conf. Proc. - 2014 IEEE Conf. Biomed. Eng. Sci. "Miri, Where Eng. Med. Biol. Humanit. Meet."*, no. December, pp. 32–37, 2014.
- [12] Sánchez Comas, A., Troncoso Palacio, A., Troncoso Mendoza, S., & Neira Rodado, D. (2016). Application of taguchi experimental design for identification of factors influence over 3D printing time with fused deposition modeling. *IJMSOR: International Journal of Management Science & Operation Research*, 1(1), 43-48. Retrieved from <http://ijmsoridi.com/index.php/ijmsor/article/view/76>
- [13] N. M. Aleman-Soler, C. M. Travieso, E. Guerra-Segura, J. B. Alonso, M. K. Dutta, and A. Singh, "Biometric approach based on physiological human signals," *3rd Int. Conf. Signal Process. Integr. Networks, SPIN 2016*, pp. 681–686, 2016.
- [14] S. Misbahuddin, A. R. Al-Ahdal, and M. A. Malik, "Low-Cost MPI Cluster Based Distributed in-Ward Patients Monitoring System," *Proc. IEEE/ACS Int. Conf. Comput. Syst. Appl. AICCSA*, vol. 2018-Novem, pp. 1–6, 2019.
- [15] Nuñez, M., Correa, J., Herrera, G., Gómez, P., Morón, S., & Fonseca, N. (2018). Estudio de percepción sobre energía limpia y auto sostenible. *IJMSOR: International Journal of Management Science & Operation Research*, 3(1), 11-15. Recuperado a partir de <http://ijmsoridi.com/index.php/ijmsor/article/view/89>
- [16] De la Peña, Y., Bordeth, G., Campo, H., & Murillo, U. (2018). Clean Energies: An Opportunity to save the Planet. *IJMSOR: International Journal of Management Science & Operation Research*, 3(1), 21-25. Retrieved from <http://ijmsoridi.com/index.php/ijmsor/article/view/91>
- [17] A. Pilco, V. Zavala, O. Martinez, and T. Flores, "Implementation of the WSN prototype to monitoring of patients on ESPOCH comprehensive health center," *Proc. 2015 IEEE 35th Cent. Am. Panama Conv. CONCAPAN 2015*, no. Concapan Xxxv, pp. 1–6, 2016.