

# SMART HEART: SISTEMA DE TELEMEDICINA PARA LA MONITORIZACIÓN DE LAS CONSTANTES VITALES

## SMART HEARTH: TELEMEDICINE SYSTEM FOR VITAL SIGN MONITORING

Hernández-Campero, Joan<sup>a</sup>, Castillo-Cruz, Edwin Jair<sup>a</sup>, Soto-Ortiz, Saul Isai<sup>a</sup>.

<sup>a</sup>Instituto Tecnológico Superior Del Occidente Del Estado De Hidalgo. División de Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones. Mixquiahuala de Juárez, Hidalgo. México. C.P. 42700. \*19011507@itsoeh.edu.mx, 19011366@itsoeh.edu.mx, ssoto@itsoeh.edu.mx.

### RESUMEN.

Para el año 2020 no resultaba viable implementar tecnologías del Internet de las Cosas (IoT) para evolucionar digitalmente en cada una de sus áreas médicas, dada a la crisis de COVID-19 que se estaba viviendo a nivel mundial. Smart Heart es un sistema tecnológico basado en Internet de las Cosas (IoT) que monitorea signos vitales, mediante los sensores Max30102 que recolecta oxigenación en la sangre, el (Lm35) que recolecta la temperatura y (ARD-366) que recopila el ritmo cardiaco; los datos se envían a través de un microcontrolador ESP32-CAM vía Wifi, con la finalidad de ser visualizados en diversas plataformas, y generar un registro detallado de los pacientes que cuenten con enfermedades crónicas, según el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología las enfermedades crónicas en México son: Hipertensión: 13%, obesidad 10.81%, diabetes 9.85%, de acuerdo a estos datos se requieren un monitoreo constante de signos vitales a cada uno de pacientes, es importante resaltar el uso del internet de las cosas(IoT), ya que emplea tecnologías de la información y las comunicaciones para dar solución al problema, para ello se implementó la metodología de prototipo, por ser un proceso que se enfoca en diseñar, implementar, medir y ajustar el plan de desarrollo. Dado que esta metodología se desglosa en etapas bien definidas para aumentar la eficacia y reducir el tiempo de desarrollo de cada una de las etapas. Si bien existen variedad de opciones similares en el mercado dedicadas al monitoreo de signos vitales, la mayoría de ellos su costo es un 80% más elevado que el sistema propuesto al momento de implementarlo, proporcionando una plataforma en internet para la consulta de los datos a distancia, manteniendo la integridad de los datos mediante candados de seguridad, como parte de los resultados obtenidos se genera un historial médico descriptivo al paciente que brinda información médica oportuna al médico o familiar, que los ayudara en la toma de decisiones con el fin de prevenir riesgos futuros.

**Palabras clave:** Signos vitales, IoT, Telemedicina.

### ABSTRACT.

By 2020 it was not feasible to implement Internet of Things (IoT) technologies to evolve digitally in each of its medical areas, given the COVID-19 crisis that was being experienced worldwide, smart heart is a technological system based on Internet of Things (IoT) that monitors vital signs, through the Max30102 sensors that collect oxygenation in the blood, the (Lm35) that collects the temperature and (ARD-366) that collects the heart rate; The data is sent through an Esp32 microcontroller via Wifi, in order to be displayed on various platforms, and generate a detailed record of patients who have chronic diseases, according to the National Council of Science and Technology chronic diseases in Mexico are: Hypertension: 13%, obesity 10.81%, diabetes 9.85%, according to these data require constant monitoring of vital signs to each patient, it is important to highlight the use of the internet of things(IoT), as it uses information and communications technologies to solve the problem, for this the prototype methodology was implemented, as it is a process that focuses on designing, implementing, measuring and adjusting the development plan. Since this methodology is broken down into well-defined stages to increase efficiency and reduce the development time of each stage. Although there are a variety of similar options on the market dedicated to monitoring vital signs, most of them cost 80% more than the proposed system at the time of implementation, providing an Internet platform for remote data consultation, maintaining data integrity through security locks, as part of the results obtained a descriptive medical history is generated to the patient that provides timely medical information to the doctor or family, which will help them in making decisions in order to prevent future risks.

**Key words:** Vital signs, IoT, telemedicine.

### INTRODUCCIÓN

Dentro del mundo de la salud se han introducido nuevas tecnologías, las cuales han permitido que evolucione significativamente la telemedicina, la cual consiste en el uso de información electrónica y tecnología de telecomunicación para recibir la atención médica que se necesita, con

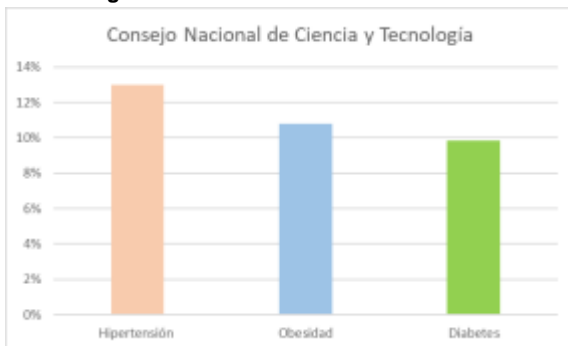
distanciamiento social. Esta se ha convertido en una poderosa herramienta para medir, monitorear y controlar remotamente diferentes variables con resultados en tiempo real. Esta tecnología ha facilitado el transporte de datos adquiridos por un dispositivo a una estación distante para ser

desplegados, guardados y analizados por personal especializado (Dodge, 2012).

Dentro de las aplicaciones más comunes de la telemedicina se encuentra la supervisión, registro del funcionamiento de órganos del cuerpo humano (IBM, 2015).

Según el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología las enfermedades crónicas en México son: hipertensión 13%, obesidad 10.81% y diabetes 9.85% (Figura 1). Para resolver la problemática se desarrolló un prototipo de monitoreo de signos vitales, basado en sensores para monitorear el estado de salud del paciente, que servirá para brindar seguridad al área del sector salud y a sus pacientes para conocer a cada instante la evaluación fisiológica de los pacientes que padezcan alguna enfermedad crónica en fase avanzada, esto le ha permitido al personal de salud valorar de forma integral y remota las condiciones generales y específicas de cada paciente respecto a su patología y con esto tomar decisiones para su tratamiento y su chequeo de signos vitales.

**Figura 1.** Enfermedades crónicas en México



**Fuente:** Consejo nacional de ciencia y tecnología (2022)

El sistema utiliza los principales signos vitales para el paciente, lo que incluye principalmente la frecuencia cardíaca, la temperatura corporal y la oxigenación de la sangre. Estos datos se pueden visualizar en dashboard, es decir, una herramienta de gestión de la información que monitoriza y muestra de manera visual los indicadores clave, métricas y datos fundamentales. Este se puede mostrar en la plataforma Web en Node-Red y redes sociales a través de comunicación WI-FI a Internet. El paciente bajo monitoreo puede ver los datos de los signos vitales diarios.

Por lo mencionado anteriormente, en este prototipo se presenta el diseño y construcción de un sistema de monitoreo de signos vitales para la atención básica a los pacientes que cuentan con enfermedades crónicas tales como: diabetes, hipertensión y obesidad. Por ello, se emplearon diversas tecnologías como lo es Arduino mega 256, ESP32-CAM y los sensores como: Max 30102, Lm35 y ARD-366, buscando que el prototipo impacte de forma positiva en los centros de salud públicos de bajos recursos y escasez de personal médico, disminuir la necesidad de adquirirlos en el mercado externo.

## METODOLOGÍA

Para la elaboración del prototipo se utilizó la metodología del prototipado, por ser un proceso que se enfoca en diseñar, implementar, medir y ajustar el plan de desarrollo. Dado que esta metodología se desglosa en etapas bien definidas:

### 1. Identificación de requerimientos

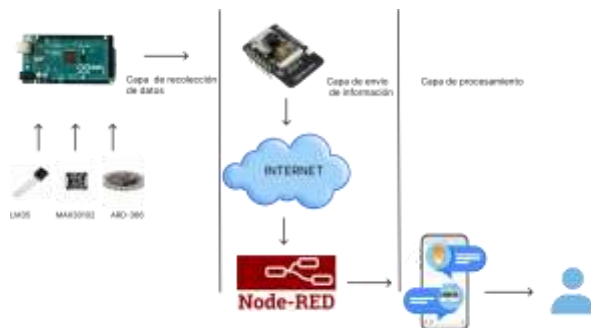
Para esta etapa se tuvo que realizar una investigación previa, donde se identificaron los requerimientos necesarios para el desarrollo del prototipo, los cuales fueron un Arduino Mega 256; elegimos esta placa con la finalidad de que este sistema sea escalable en un futuro, implementando nuevos sensores los cuales requieren de salidas analógicas y digitales, además, esta placa tiene más puertos I2C que el Arduino mega 256, una ESP32-CAM, cables Jumpers, Pantalla LCD I2C y sensores como los son: Max 30102 (Oxigenación) con un límite de error de  $\leq 5$  mmHg y Std Dev  $\leq 8$  mmHg, el Lm35 (Temperatura) que cuenta con una precisión de  $0.5^{\circ}\text{C}$  y ARD-366 (Ritmo cardíaco), con cada uno de los elementos que conforman el prototipo, es posible enviar datos a través de un microcontrolador ESP32-CAM vía Wifi, con la finalidad de ser visualizados en diversas plataformas y generar un registro detallado de los pacientes que cuenten con enfermedades crónicas.

### 2. Herramienta de diseño

En esta fase se construye el prototipo inicial según los requisitos establecidos, realizando una maquetación, tomando en cuenta todos los requerimientos e incluyendo todas aquellas tecnologías y sensores que contribuyan a la solución

de la problemática. Por ello, se diseñó un diagrama el cual representa la arquitectura y elementos de Smart Heart, la cual está dividida en tres capas, siendo la primera la de sensores que está compuesta por el microcontrolador Arduino mega 256, ESP32-CAM y sensores, que servirá para monitorear sus signos vitales en tiempo real. En la capa de envío de información la cual consiste en que la placa ESP32-CAM se conectara a una red de internet y pueda extraer los datos de cada uno de los sensores y al mismo tiempo viajan por internet, alegando los datos en tablero digital, se logrará que la placa Arduino mega 256 y ESP32-CAM se comunicaran mediante el protocolo de comunicación MQTT, el cual consiste en una red ligera, de publicaciones y suscripciones cliente servidor. Por último, en la capa de procesamiento se utiliza la plataforma de Node-Red, además el usuario podrá visualizar un dashboard desde una computadora o bien, desde un dispositivo móvil sus signos vitales en tiempo real. (Figura 2),

**Figura 2:** Arquitectura y elementos de Smart Heart



Fuente: Elaboración propia

### 3. Implementación del prototipo

Para esta fase se comenzó con el ensamble del prototipo que a su vez fue cargado el programa que fue desarrollado en IDE Arduino y cargado en las placas Arduino Mega 256 y ESP32-CAM, se realizaron pruebas a usuarios que no cuentan con alguna enfermedad crónica y a usuarios que cuentan con esas enfermedades, más adelante se realizaron pruebas en el funcionamiento del prototipo, con la finalidad que puedan escanear sus signos vitales en tiempo real y con mejor precisión.

### 4. Pruebas y mejoras del prototipo

Se verificó el correcto funcionamiento del prototipo de telemedicina para monitorización de signos vitales y

comprobar los requerimientos que fueron identificados fueron cumplidos. Para ello se realizaron pruebas a personas en un rango de edad de 20 a 60 años, entre las personas que se realizaron pruebas al menos una contaba con alguna enfermedad crónica, evidencia de prueba con persona sana (Figura 3) y evidencia de prueba con persona con alguna enfermedad crónica (diabetes) (Figura 4), al momento de escanear sus signos vitales, en un lapso de tiempo de 5 a 10 segundos, se observó la diferencia entre una persona sana y enferma comparación de signos vitales (Tabla 1) una vez realizadas las pruebas necesarias, se realizó una retroalimentación y los cambios necesarios para la correcta funcionalidad del prototipo. Su función principal es dar un monitoreo constante de signos vitales a cada uno de pacientes que cuente con algunas enfermedades crónicas y generar un registro detallado de su estado de salud, a través de un historial clínico.

**Figura 3A:** Evidencia de prueba con persona sana



**Figura 3B:** Resultados mostrados en el dashboard



Fuente: Elaboración propia

**Figura 4A:** Evidencia de prueba con persona con alguna enfermedad crónica (diabetes)



**Figura 4B:** Resultados mostrados en el dashboard



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 1:** Comparación de signos vitales

	Temperatura corporal	Oxigenación de la sangre	Ritmo cardiaco
Persona sana	36 °C	98 %	64 PPM
Persona con enfermedad	37 °C	84 %	54 PPM

Fuente: Elaboración propia

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como parte de los resultados obtenidos a lo largo del desarrollo se logró el correcto funcionamiento del prototipo. Los datos se observan en un dashboard en tiempo real en donde se garantizan la integridad de la información de cada uno de los pacientes, los datos obtenidos del dashboard permitirá generar un historial médico descriptivo al paciente que brinda información médica oportuna al médico o familiar, que ayudará a los médicos en la toma de decisiones con el fin de prevenir riesgos futuros.

## CONCLUSIONES

Las tecnologías de la información, así como el internet de las cosas (IOT), han llegado a impactar de una manera muy significativa en el área de la medicina, ofrecen la posibilidad de mejorar los resultados de los pacientes cuando los datos se comparten en tiempo real.

Además, que existen variedad de opciones similares en el mercado dedicadas al monitoreo de signos vitales, la mayoría de ellos su costo es más elevado, para los usuarios que cuenten con alguna enfermedad crónica se les será muy caro su compra, este sistema tendrá un costo de 40% más barato de algunos sistemas similares, por lo que será accesible para ellos.

El sistema ayudará a las familias que cuenten con algún integrante con enfermedad crónica a prolongar la esperanza de vida y garantizar su estado de salud familiar. Las mejoras que se le puede realizar al sistema de monitorización de signos vitales es implementar el uso de la tecnología blockchain para garantizar la integridad de los datos que arrojan cada uno de los sensores y también de los usuarios.

## AGRADECIMIENTOS Y/O RECONOCIMIENTOS

Agradecer al Programa Institucional de Fomento de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación del Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo por permitir el desarrollo de este proyecto, así como a todos los asesores académicos del área de Tecnologías de la Información.

## REFERENCIAS

1. N., A. P. (2016, 5 septiembre). Repositorio Bibliotecas UdeC: Sistema de monitoreo continuo no invasivo y transmisión inalámbrica de datos. Recuperado 26 de septiembre de 2022, de <http://repositorio.udc.cl/handle/11594/1945>
2. Gallardo, V. A. J. (2022, 10 mayo). La desatención médica de enfermedades crónicas provocada en México. Trayectorias Humanas Transcontinentales. Recuperado 26 de septiembre de 2022, de <https://www.unilim.fr/trahs/4382>
3. Nava-Gómez, B., Valenzuela-Espinoza, E., Sampedro-Ávila, J.E., Bonett-Calzada, B. y León-Mancilla, S. (2013). *XX Congreso Nacional de Ciencias y Tecnología del Mar*. DGECyTM. Los Cabos, B.C. México.
4. Saunders, L. (1994). Beverage creation. Design elements. Disponible en: