PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE ESMERALDAS

CARRERA:

INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN
PREVIO AL GRADO ACADÉMICO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

TEMA DE INVESTIGACIÓN:

INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO PARA EL MONITOREO EN TIEMPO REAL DE PARÁMETROS FISIOLÓGICOS NO INVASIVOS

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

AUTOMATISMOS Y APLICACIONES INTELIGENTES

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÌTULO DE:

INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

AUTORA

Montenegro Arroyo Alejandra Nicole

ASESOR

NEVAREZ TOLEDO MANUEL(MGT)

ESMERALDAS, 2022

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Título: Interfaz gráfica de usuario para el monitoreo en tiempo real de parámetros fisiológicos no invasivos.

Autora: Alejandra Nicole Montenegro Arroyo.

Mgt. Manuel Nevárez

f…….
Asesor

Phd. Pablo Pico

f…….
Lector #1

Mgt. Evelin Flores

f…….
Lectora #2

Mgt. Susana Patiño

f…….
Coordinadora de carrera

AUTORÍA

Yo, **Montenegro Arroyo Alejandra Nicole** con número de cédula de identidad **0850243908** manifiesto que mediante la presente investigación sobre el tema **"INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO PARA EL MONITOREO EN TIEMPO REAL DE PARÁMETROS FISIOLÓGICOS NO INVASIVOS"** los resultados obtenidos como tesis de grado, previo a la obtención del título de **"INGENIERA EN SISTEMAS Y COMPUTACIÓN"** son de total responsabilidad de la autora, y que se ha respetado las fuentes de información consultadas, realizando las citas correspondientes y los resultados alcanzados son totalmente personales, únicos y legítimos. Al mismo tiempo declaro que todo el contenido incluyendo resultados, discusión, conclusiones, recomendaciones y otros efectos legales y académicos que se desglosan, son y serán exclusiva responsabilidad legal y académica de la autora y de la PUCESE.

Montenegro Arroyo Alejandra Nicole
0850243908

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación se los dedico a mis padres, en especial a mi madre Glenda Arroyo España que fue el pilar fundamental durante el trayecto de mi carrera universitaria, además, a todas las personas que con su grano de arena hicieron mi sueño realidad.

Alejandra Montenegro A.

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a Dios por permitirme haber culminado mi carrera universitaria y cumplir una de mis metas, además, a mis padres por su apoyo incondicional durante todo el trayecto universitario, en especial a mis maestros por darme todos sus conocimientos y a la universidad por su valiosa ayuda al otorgarme becas universitarias que me permitió culminar con éxito mis estudios.

Alejandra Montenegro A.

Índice de contenidos

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN I
AUTORÍA II
DEDICATORIA III
AGRADECIMIENTO IV
Índice de Figuras VIII
Índice de Tablas X
Índice de Algoritmos XII
RESUMEN XIII
ABSTRACT XV
INTRODUCCIÓN 17
Presentación del problema 17
Planteamiento del problema 18
Justificación 20
Objetivos 21
General 21
Específicos 21
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO 22
1.1 Bases teóricas 22
1.1.1 IoT en la salud 22
1.1.2 Dispositivos para la medición 30
1.1.3 Dispositivos hardware de IoT 35
1.1.4 Protocolos de comunicación IOT 46
1.1.5 Protocolos de comunicación en microcontroladores 48
1.1.6 Plataformas IoT 51
1.1.7 Componentes de software 57
1.1.8 Aplicaciones móviles IoT 61

1.1.9 Norma ISO/IEC 65
1.2 Antecedentes 74
1.3 Fundamentos legales 79
CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA 81
2.1 Delimitación 81
2.2 Tipos de investigación 81
2.3 Métodos de investigación 82
2.4 Población 82
2.5 Operacionalización de las variables 83
2.6 Técnicas de investigación 86
2.7 Técnicas de procesamiento y análisis estadístico 87
2.8 Normas éticas 88
CAPÍTULO 3: RESULTADOS 89
3.1 Principales métodos para medir parámetros fisiológicos 89
3.2 Medio de transmisión para parámetros fisiológicos 89
3.3 Diseño y elaboración del prototipo electrónico 89
3.4 Implementación del prototipo 91
3.5 Utilización de la plataforma Cayenne myDevices 96
3.6 Implementación de Blynk App 100
3.7 Pruebas del prototipo electrónico 102
3.7.1 Pruebas iniciales del prototipo electrónico 103
3.7.2 Pruebas finales del prototipo electrónico 104
3.8 Encuesta realizada a los docentes de la PUCESE 107
3.9 Marco de evaluación del prototipo electrónico 109
3.10 Marco de evaluación según la norma ISO/IEC 25012 111
CAPÍTULO 4: DISCUSIÓN 115
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECONMEDACIONES 117

5.1 Conclusiones 117
5.2 Recomendaciones 118
REFERENCIAS 120
ANEXOS 132
Anexo 1: Encuesta a los docentes de la PUCESE 133
Anexo 2: Entrevista para el experto médico 134
Anexo 3: Probando el Esp8266 con un potenciómetro y Ubidost 135
Anexo 4: Prueba unitaria del sensor de temperatura con Ubidots 135
Anexo 5: Prueba unitaria del sensor de temperatura 136
Anexo 6: Salida de datos del sensor MLX90614 136
Anexo 9: Enfermera midiendo los parámetros del docente 138
Anexo 10: Ayudante de la carrera de Enfermería 139
Anexo 11: Pruebas finales con los docentes de la PUCESE 140
Anexo 12: Algoritmo del prototipo 143

Índice de Figuras

Figura 1. Monitoreo constante de los parámetros fisiológicos de un paciente[19] 23
Figura 2: Hemoglobina en la sangre [22] 24
Figura 3: Oxihemoglobina y Desoxihemoglobina [24]. 24
Figura 4: Frecuencia cardiaca durante una actividad física [25]. 25
Figura 5:Temperatura corporal [35] 29
Figura 6: Niveles de temperatura considerados como hipotermia [36]. 30
Figura 7: Colocación de electrodos para el monitoreo de un paciente [38]. 31
Figura 8: Funcionamiento del oxímetro de pulso [43]. 33
Figura 9: Señales de pletismógrafo [45]. 33
Figura 10: Partes del termómetro digital [48] 34
Figura 11: Temperatura superficial del cuerpo humano [50] 35
Figura 12: NodeMcu Lua Wifi Esp8266[56] 39
Figura 13: Distribución de pines de NodeMcu Esp8266 [57] 39
Figura 14: Diagrama del funcionamiento del sensor MLX90614 [64] 42
Figura 15: Max30100 [60] 43
Figura 16: Esquema del funcionamiento del sensor [67] 44
Figura 17: LCD 24x4 I2C [72] 45
Figura 18: Pantalla OLED SSD1306 I2C 128*64 [76] 46
Figura 19: Arquitectura MQTT [79] 47
Figura 20: Protocolo TCP [81] 48
Figura 21: Protocolo IP [83] 48
Figura 22: Comunicación I2C [85] 49
Figura 23: Plataforma IoT [88] 51
Figura 24: Bloques de plataformas IoT [87] 52
Figura 25: Arquitectura de una plataforma IoT [87] 52
Figura 26: Plataforma IoT Ubidots [91] 53
Figura 27: Jerarquía de Ubidots [93] 53
Figura 28: Plataforma Thingspeak 54
Figura 29: Arquitectura Thinspeak [95] 54
Figura 30: Panel de monitoreo Cayenne [96] 55
Figura 32: Blynk App [110] 61
Figura 33: Arquitectura de Blynk [112] 62

Figura 34: KAA IoT Sdk [114] 63
Figura 35: Arquitectura de Kaa [115]..... 64
Figura 36: App Arduino IoT cloud [117] 65
Figura 37:Características de calidad según la norma ISO/IEC 25012 [123]..... 71
Figura 38: Diagrama de bloques del prototipo electrónico. 90
Figura 39: Diseño y esquematización del prototipo electrónico. 90
Figura 40: Funcionamiento lógico de prototipo electrónico. 91
Figura 41: Criterio de evaluación para las herramientas a utilizar 92
Figura 42: Valoración escalar para los aspectos a evaluar 92
Figura 43: Esquematización y salida de datos de temperatura. 94
Figura 44: Esquematización y salida de datos de SpO2 y BPM. 95
Figura 45: Salida de datos en ambos sensores. 96
Figura 46: Plataforma IoT conectado a la placa Esp8266 recibiendo datos en tiempo real. 98
Figura 47: Proyecto creado en Cayenne myDevices. 98
Figura 48: Historial de datos almacenados en la base de datos de Cayenne Cloud. 99
Figura 49: Notificación de alerta por correo electrónico. 99
Figura 50:Monitoreo en tiempo real trabajando en conjunto con Blynk App..... 102
Figura 51: Datos correspondientes a cuanto pagarían por adquirir este dispositivo de monitoreo..... 108
Figura 52:Criterio para evaluar el prototipo electrónico 109
Figura 53: Criterio para evaluar la calidad de datos prototipo electrónico según la norma ISO/IEC 25012 111

Índice de Tablas

Tabla 1: Datos de la frecuencia cardiaca en reposo [27] 26
Tabla 2: Características Arduino Uno [53] 36
Tabla 3: Características Arduino Duemilanove [53] 36
Tabla 4: Características Arduino Ethernet [53] 36
Tabla 5: Características Arduino Pro Mini [53] 37
Tabla 6: Características Arduino Micro [53] 37
Tabla 7: Características del ESP8266 wifi 38
Tabla 8: Características del ESP8266 hardware 38
Tabla 9: Características Sensor ECG AD8232 [61] 41
Tabla 10: Características Sensor Mlx90614 [63] 41
Tabla 11: Características del sensor Max30100 [68] 44
Tabla 12: Análisis comparativo de las plataformas IoT [90], [90], [97] 57
Tabla 13: Comparación entre las aplicaciones IoT [109], [113], [116]. 65
Tabla 14: Divisiones de la familia de las ISO/IEC 25000 66
Tabla 15: Descripción de la familia de normas ISO/IEC 25000 68
Tabla 16: Descripción de las 15 características de la norma ISO/IEC 25012 [123] 72
Tabla 17: Cuadro de variables e indicadores 84
Tabla 18: Cuadro de variables e indicadores 84
Tabla 19: Cuadro de variables e indicadores 85
Tabla 20: Tabla de resultados de la evaluación Esp8266 92
Tabla 21: Tabla de resultados de la evaluación del sensor Mlx90614 y Max30100 93
Tabla 22:Análisis comparativo de los dispositivos electrónicos y costos para la medición de parámetros fisiológicos 100
Tabla 23: Primeros resultados de temperatura 103
Tabla 24: Primeros resultados de frecuencia cardíaca 104
Tabla 25: Primeros resultados de saturación de oxígeno 104
Tabla 26: Datos de la temperatura corporal finales 105
Tabla 27: Datos de la frecuencia cardiaca finales 106
Tabla 28: Datos de la saturación de oxígeno finales 106
Tabla 29:Manejo de aplicaciones y conectividad Wi-Fi 107
Tabla 30: Usabilidad e Satisfacción del prototipo electrónico 108
Tabla 31: Recomendaría el uso de este dispositivo de monitoreo a otras personas 109

Tabla 32: Resultados de la evaluación del prototipo electrónico 110
Tabla 33: Criterio de decisión para el parámetro de temperatura corporal. Fuente: Elaboración propia..... 111
Tabla 34: Criterio de decisión para el parámetro de frecuencia cardíaca. Fuente: Elaboración propia..... 112
Tabla 35: Criterio de decisión para el parámetro de saturación de oxígeno. Fuente: Elaboración propia..... 112
Tabla 36: Resultados de la evaluación para el parámetro temperatura 112
Tabla 37:Resultados de la evaluación para frecuencia cardiaca y saturación oxígeno 113

Índice de Algoritmos

Algoritmo 1: Librerías de comunicación 97
Algoritmo 2: Envió de datos al servidor Cayenne Cloud 97
Algoritmo 3: Envión de datos a la aplicación y al servidor de la nube 101

RESUMEN

A medida que, la tecnología avanza se van desarrollando múltiples instrumentos y dispositivos orientados en el área de la salud basado en entornos IoT, que permiten controlar el estado de salud, como por ejemplo la telemedicina donde el doctor puede visualizar los datos del paciente mediante el uso de dispositivos móviles. Existen otros dispositivos que no monitorean de forma continua o durante las 24 horas del día, pero que en la mayoría de los casos la precisión de sus datos es irregular y el manejo no cumple con las expectativas necesarias para que el paciente se sienta seguro.

La presente investigación, se enfoca en el desarrollo de un prototipo electrónico no invasivo conectado a un servidor en la nube y una aplicación móvil que incorpora una interfaz gráfica sencilla de diseñar, cuyo objetivo principal es monitorear y visualizar parámetros fisiológicos tales como: temperatura, frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno de forma verídica y en tiempo real; así el paciente pueda examinar su estado de salud evitando complicaciones futuras y a un bajo costo. Además, se realizó una observación científica tanto de sensores como microcontroladores apoyados en tecnologías IoT para garantizar que cumple con los requerimientos de la investigación.

En esta investigación se obtuvo como resultado que los datos proporcionados por el prototipo electrónico mantuvieron una precisión menor al 5% comparados con un equipo médico, del mismo modo, otro aspecto que se consideró fue el tiempo de respuesta del prototipo electrónico con lo que respecta al paciente, el cual se tomaba en cuenta en relación con el tiempo de obtención de los datos.

Evaluar los datos de cada uno de los parámetros fisiológicos mencionados anteriormente es muy importante para determinar la calidad del prototipo electrónico desarrollado, se realizó un marco de evaluación según algunos parámetros que presenta la norma ISO/IEC25012. El motivo de utilizar una norma ISO como marco de evaluación es muy útil porque así se podrá establecer la calidad de sus resultados y por ende se analizan parámetros como: consistencia, accesibilidad, compresibilidad, entre otros, donde establece con mayor seguridad la evaluación de cada parámetro fisiológico.

Referente a los previos análisis de investigaciones bibliográficas, se determinó que la plataforma Cayenne myDevices es utilizado para el desarrollo de diferentes proyectos IoT incluyendo el área de la salud, esto se debe por su gran cantidad de datos que puede procesar y almacenar de manera ilimitada, además que permite al cliente conectarse a la nube sin ningún costo. La aplicación de Blynk es más empleado en cuestiones de diseño y monitoreo de datos el cual es esencial para la visualización de los datos y la interacción entre el prototipo y el paciente, en donde son factores claves a la hora de desarrollar estos estudios.

Palabras Claves: Microcontroladores, Sensores no invasivos, Parámetros fisiológicos, Esp8266, Mlx90614, Max30100, BPM, SpO2, PPG, ECG, Temperatura corporal, Cayenne myDevices, Arquitectura, IoT, Plataformas, Cloud server, Blynk App, ISO/IEC25012.

ABSTRACT

As technology advances, multiple instruments and devices are being developed in the health area based on IoT environments, which allow control of health status, such as telemedicine where the doctor can view the patient's data through the use of mobile devices. There are other devices that do not monitor continuously or 24 hours a day, but in most cases the accuracy of their data is irregular, and the handling does not meet the necessary expectations for the patient to feel safe.

The present investigation focuses on the development of a non-invasive electronic prototype connected to a cloud server and a mobile application that incorporates a simple graphical interface to design, whose main objective is to monitor and visualize physiological parameters such as: temperature, frequency heart rate and oxygen saturation truthfully and in real time; so, the patient can examine her health status avoiding future complications and even low cost. In addition, a scientific observation of both sensors and microcontrollers supported by IoT technologies was carried out to ensure that they meet the research requirements.

In this investigation, it was obtained as a result that the data provided by the electronic prototype maintained an accuracy of less than 5% compared to a medical equipment, in the same way, another aspect that was considered was the response time of the electronic prototype with respect to the patient, which was taken into account in relation to the time of obtaining the data.

Evaluating the data of each of the physiological parameters mentioned above is very important to determine the quality of the developed electronic prototype, an evaluation framework was carried out according to some parameters presented by the ISO/IEC25012 standard. The reason for using an ISO standard as an evaluation framework is very useful because in this way the quality of its results can be established and therefore parameters such as: consistency, accessibility, compressibility, among others, are analyzed, where it establishes with greater security the evaluation of each physiological parameter.

Regarding the previous analysis of bibliographical research, it was determined that the Cayenne myDevices platform is used for the development of different IoT projects including the health area, this is due to its large amount of data that it can process and store in an unlimited way, in addition, it allows the client to connect to the cloud at no cost. The Blynk application is more used in matters of data design and monitoring, which is essential for data visualization and the interaction between the prototype and the patient, where they are key factors when developing these studies.

Keywords: Microcontrollers, Non-invasive sensors, Physiological parameters, Esp8266, Mlx90614, Max30100, BPM, SpO2, PPG, ECG, Body temperature, Cayenne myDevices, Architecture, IoT, Platforms, Cloud server, Blynk App, ISO/IEC25012.

INTRODUCCIÓN

Presentación del problema

El área de la salud es uno de los temas de principal interés para los científicos. La tecnología en la actualidad ha colaborado en gran medida gracias al descubrimiento de nuevos avances investigativos, donde se construyen herramientas necesarias para el área médica, siendo una de ellas la Inteligencia Artificial *(*IA sus siglas en inglés), a base de ello se han creado modelos de aprendizaje automático (*machine learning*), generando muchas acciones que permiten dar resultados predictivos, y así determinar las enfermedades a tiempo en la cual se pueda aplicar tratamiento médico adecuado a los pacientes [1].

En la actualidad el internet de las cosas (IoT) permite la reducción de costos y optimización de transporte de la información en tiempo real, lo que ofrece un mejor rendimiento en los procedimientos médicos a un bajo costo. Asi mismo se han mejorado diversos dispositivos inalámbricos para la trasmisión de datos confiables, algunos de estos son: las señales electrocardiógrafo, Bluetooth y sistemas inalámbricos que son de gran utilidad a la hora de realizar determinados análisis de datos médicos [2].

Hay que mencionar, que los avances tecnológicos han desarrollado diferentes sensores portátiles en el ámbito de la salud. Algunos de ellos son: Fitbit TM Monitor, Hexoskin, Fitness Tracker, entre otros, los cuales ayudan proporcionando resultados como la frecuencia cardiaca, la actividad física que puede visualizarse por el número de pasos que da el paciente al caminar o trotar. Pero a pesar de que son soluciones confiables no generan seguridad para ser usado en el ámbito de la medicina. Es por ello, que estos sensores portátiles se regeneraron integrándolos en varios artefactos con fines médicos; especialmente aquellos que ayudan al monitoreo continuo de los signos vitales de los pacientes [3], [4].

Todo proceso médico requiere un monitoreo constante de signos vitales del paciente [4]. En este sentido, esta investigación plantea la implementación de una interfaz gráfica

inalámbrica con un sistema de monitoreo que permita una amplia integración con diversos dispositivos no invasivos.

Planteamiento del problema

Conforme a la Academia Nacional de Ciencia de los EE. UU, indica que entre 50 a 70 millones de personas adultas sufren de algún tipo de enfermedad crónica [5]. Normalmente se da; en personas que padecen de apnea o insuficiencia de sueño provocando problemas respiratorios y aumento de la presión cardíaca. En Europa la prevalencia del sueño afecta un 2 % en mujeres y un 4 % en los hombres generando un impacto en la población europea [6].

Se establece que la apnea obstructiva del sueño o más conocida como (AOS) provoca graves consecuencias. Una de ellas, es el paro respiratorio que puede durar hasta 10 segundos o la isquemia cardíaca. Para su diagnóstico se necesita realizar exámenes que resultan ser onerosos, ya que requieren de un profesional capacitado para realizar un seguimiento de los parámetros fisiológicos, como la frecuencia cardíaca o la falta de oxígeno en los pulmones. Adicionalmente, los estudios manifiestan que la AOS es una de las principales causa de muerte y enfermedades cardiovasculares [6],[7].

Según estudios elaborados por la Organización Mundial de la Salud (OMS su sigla en inglés), se estima que una de las enfermedades más comunes que se presentan son los paros cardiorrespiratorios causando un sin número de fallecidos a nivel mundial, un 30% de la población a nivel mundial muere cada año, inclusive la OMS considera que en el año 2030 cerca de 2.6 millones de personas morirán por enfermedades cardiovasculares. Estudios de programas de salud indican que el estado de respiración en pacientes que están siendo atendidos quirúrgicamente, un 40 % presentan alguna anomalía en la saturación del oxígeno y la frecuencia cardíaca. Se estima que en 2010, 1 de cada 5 personas padecen de esta enfermedad y en América Latina las enfermedades cardíacas se dan más en mujeres que en hombres [8].

La pandemia del Covid-19, ha generado una emergencia sanitaria a nivel mundial que empezó desde el año 2019, comenzó desde las naciones asiáticas, seguido de las naciones europeas y por último en América Latina.

Ecuador fue uno de los países en presentar casos positivos a finales del mes de Febrero (26 y 29 para ser exactos), y a medida que iban pasando los días los cadáveres empezaron a permanecer tirados en las calles, parques y fuera de los hogares en muchas ciudades del país [9].

En particular este virus ataca a las personas mayores y aquellos que padecen de enfermedades como: asma, neumonía, problemas cardiovasculares, diabetes, hipertensión, son las que tienen mayor riesgo debido a que este virus causa bajo niveles de oxígeno provocando complicaciones graves principalmente al corazón ocasionándoles la muerte. Países como Colombia y Brasil cuentan con recursos necesarios para la compra de aparatos y ventiladores para tratar a pacientes con Covid-19. Ecuador y Chile no tienen la disponibilidad de dinero para la adquisición de estos equipos [9].

La provincia del Guayas presentó a principios de marzo el mayor número de casos positivos de covid-19 alrededor de 17.000 a 18.000 personas, siendo una de las más golpeadas por el coronavirus, así mismo la provincia del Pichincha generando el doble de los casos en comparación con Guayas [9].

Otro de los problemas se da en el caso de no contar con dinero suficiente para hacerse un chequeo médico (control de signos vitales), lo que conlleva a que pueda correr el riesgo de agravar su salud.

Con estos problemas se ha identificado las siguientes interrogantes; (i) Aplicando un monitoreo constante de los signos vitales, ¿se puede reducir problemas cardiacos a futuro?, (ii) ¿Es posible disminuir el número de muertes usando un dispositivo electrónico que permita monitorear en tiempo real parámetros cardiacos?, (iii) ¿Es realmente seguro la utilización de este dispositivo electrónico para los pacientes?,(iiii) ¿Es necesario que los pacientes tengan a la mano este dispositivo electrónico?.

Justificación

La presente investigación busca promover el desarrollo de un prototipo electrónico no invasivo basado en IoT para realizar una respectiva monitorización de parámetros fisiológicos. Además, que provee la integración de una aplicación basada en IoT para que lea los datos del paciente, con una interfaz gráfica que resaltan el uso de *widgest* que proporciona tanto la aplicación como el servidor para poder determinar los datos como; saturación de la sangre, frecuencia cardíaca y temperatura.
Con la finalidad de brindar información concisa y en tiempo real, reduciendo el riesgo de presentar complicaciones a futuro.

Actualmente, con la situación que están afrontando todos los países a nivel mundial a causa del Covid-19, ha generado un sin número de complicaciones, a personas con enfermedades preexistentes como: cardiovasculares, asmáticas, pulmonares, ya que este virus ataca a todo el sistema inmune ocasionando en muchos casos el deceso de los pacientes, así mismo se han desarrollado e implementado dispositivos para solucionar estos problemas con un costo elevado al alcance de los enfermos.

Por eso, es importante realizar un dispositivo que cuente con una interfaz gráfica confiable, de fácil manejo, compresible, que tenga altos estándares de calidad, capaces de interpretar adecuadamente lo que muestra la interfaz; en este caso serían los signos vitales del paciente, y a su vez hacer uso de tecnologías actuales, debido a que el mundo está en un constante cambio tecnológico.

En el cantón Esmeraldas (Ecuador), es pertinente el desarrollo de este tipo de investigaciones e implementación para ayudar a los pacientes esmeraldeños que en su gran mayoría presentan de hipertensión arterial. Datos recolectados en un estudio investigativo, descriptivo, cuantitativo, y de corte transversal realizado por estudiantes de la Universidad Católica Sede Esmeraldas en el año 2017, a tres barrios del cantón como son: Luis Vargas Torres, Cananga y Santa Cruz, la cual estuvo conformada por 86 personas, documentadas existentes en los tres barrios; arrojan resultados alarmantes porque 36 presentaron hipertensión arterial siendo el sexo femenino con el índice más alto el 63.1%, en comparación con el sexo masculino con un índice del 36.1%. Las personas con edades entre 41- 60 años presentaron el 61.1% y mayores de 60 años el 36%

[10]. Por eso es recomendable que se disponga un dispositivo electrónico que proporcione datos en tiempo real y económico, al alcance de todos.

Objetivos

General

Aplicar una interfaz gráfica de usuario para monitorear en tiempo real parámetros fisiológicos, mediante el uso de un prototipo electrónico no invasivo para la adquisición de datos.

Específicos

1. Determinar cuáles son los principales métodos para la medición de parámetros fisiológicos en pacientes y sus medios de transmisión de datos.

2. Elaborar un prototipo de dispositivo inalámbrico no invasivo para el monitoreo continuo de parámetros fisiológicos

3. Integrar el prototipo a una aplicación basado en tecnología de internet de las cosas (loT) para la obtención de parámetros fisiológicos en un periodo de tiempo.

4. Evaluar la calidad del prototipo electrónico propuesto para determinar su aceptación en el campo de la medicina.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 Bases teóricas

1.1.1 IoT en la salud

El internet de las cosas (IoT, por sus singlas en inglés) se ha convertido en una de las principales tecnologías, se la describe a IoT como una red global que incorpora un sistema de monitoreo recopilando datos gracias a los sensores IoT que permiten procesar y analizar la información. Teléfonos inteligentes, computadoras portátiles, entre otros objetos pueden conectarse a la red desde cualquier lugar del mundo trasmitiendo y compartiendo información debido al uso del Internet. Es increíble el avance de esta tecnología que convierte el mundo cada vez más técnico por ejemplo ciudades inteligentes, hogares inteligentes, salud inteligente [11], [12].

Los investigadores que trabajan con IoT desarrollan redes más confiables, flexibles y a medida que pasan los años decenas de dispositivos móviles conectados a Internet siguen creciendo y se espera que puede alcanzar o superar los 100.000 mil millones de dispositivos hasta el 2022 [11], [13].

El IoT en la salud impulsado por la red neuronal profunda obtuvo desarrollos innovadores para la sociedad médica, la probabilidad distintiva, y el análisis de datos médicos en la industria de la salud [14]. Para ello se ha implementado sistemas de monitoreo que permite el bienestar de la salud y la medicina, utilizando la tecnología IoT ayuda a realizar un monitoreo continuo y remoto para las personas. Sus estructuras tienen un papel importante porque mejora la salud generando el aumento de disponibilidad y atención médica inmediata reduciendo gastos en citas médicas y transporte [15], [16].

Además, en los hospitales se han desarrollado sensores que mide la presión arterial, los latidos del corazón, temperatura, entre otros, utilizando técnicas de aprendizaje profundo como; las redes neuronales de convulsión que posibilita al médico tomar decisiones clínicas [17].

Parámetros fisiológicos

También conocidos como signos vitales, son aquellos datos que permite conocer con exactitud sí la temperatura, la respiración, la frecuencia cardíaca o cualquier otra estimulación fisiológica o patológica esté funcionando correctamente, esto con el fin de conocer si el paciente se encuentra en buen estado de salud o requiera de atención médica [18].

Los parámetros fisiológicos pueden variar de acuerdo con varios factores como la edad, género, estado emocional, entre otros, además, de los cambios vespertinos que experimentan los pacientes durante las 24 horas del día.

Como se ilustra en la Figura 1, a los pacientes se le realiza un constante monitoreo de sus signos vitales bajo atención médica utilizando equipos que muestra señales como el ritmo cardíaco, el pulso, la temperatura, frecuencia respiratoria, entre otros, que son fundamental para saber sí sus signos vitales son normales o hay alguna alteración.



Figura 1**.** Monitoreo constante de los parámetros fisiológicos de un paciente[19]

Hemoglobina

La hemoglobina (Hb) es una proteína que se encuentra en la sangre con aspecto de color rojo como se puede apreciar en la Figura 2, y tiene un peso de 64.000 (64 kD), por cada litro de sangre hay 150 gramos de hemoglobina, cada miligramo que contiene la hemoglobina disuelve 1.34 ml de oxígeno y en total transporta 200 ml de oxígeno a la sangre, si no existiera la hemoglobina en la sangre para trasladar oxígeno entonces trabajaría 87 veces más rápido para satisfacer las necesidades de nuestro cuerpo [20], [21].

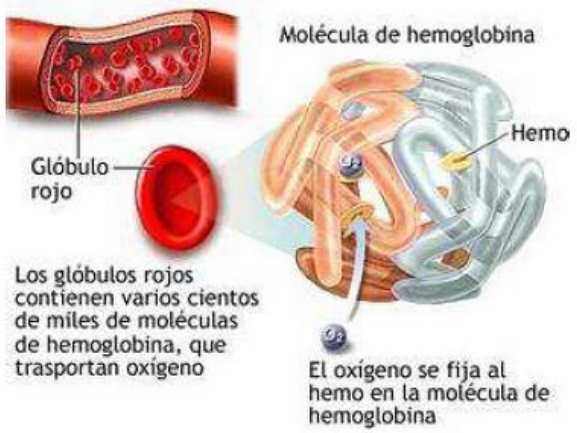


Figura 2: Hemoglobina en la sangre [22]

Cuando la hemoglobina se encuentra oxigenada como se muestra en la

Figura *3*, produce oxihemoglobina (HbO2), es la que transporta el O2 hacia los tejidos causando ese color rojo en la sangre arterial, a su vez si la hemoglobina aparece desoxigenada ocasiona desoxihemoglobina (HHb), es cuando la sangre no tiene suficiente oxigeno provocando una saturación por lo que produce un color azulado oscuro en la circulación de las venas [21], [23].

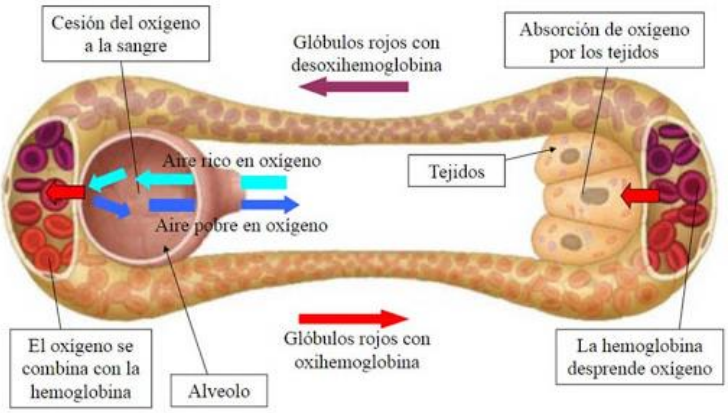


Figura 3: Oxihemoglobina y Desoxihemoglobina [24].

Frecuencia cardíaca

La frecuencia cardíaca (FC) o también conocida como la frecuencia de pulso es el número de veces que late el corazón por minuto, por cada latido, se contrae el ventrículo izquierdo y expulsa la sangre en el interior de la vena aorta [21].

La sangre una vez que es expulsada por los latidos del corazón, se traslada hacia la vena aorta y durante este transcurso la sangre da paso a lo largo del árbol arterial, recorriendo por cada una de las arterias de nuestro cuerpo, este proceso se llama presión de pulso.

El pulso arterial es la onda que se produce por la presión arterial, cuando el corazón genera una contracción en su ventrículo izquierdo y la presión de pulso se vuelve menos intenso a medida que la onda se dispersa por los vasos pequeños del corazón [25].

La frecuencia cardíaca en reposo varía por diferentes factores como; edad, sexo, ya que las mujeres tienen de 5 a 10 pulsaciones por minuto superior al de los varones. El incremento de la frecuencia cardíaca aumenta durante el ejercicio como correr, trotar o al caminar va aumentando la velocidad de tapiz rodante como se puede apreciar en la Figura 4, hasta alcanzar a su punto máximo donde la persona pueda evidenciar su FC de acuerdo con su edad, existe una forma de calcular la FC max siendo esta la más conocida como **FC máxima = 220 – edad**, cabe constatar que este valor solo es un aproximado de la FC, aunque se ha creado otra fórmula que tiende a ser más eficiente y exacta sobre para aquellas personas menores a 20 y mayores a 50 años **FC máxima = 208 – (0.7 * edad)** [25],[26].

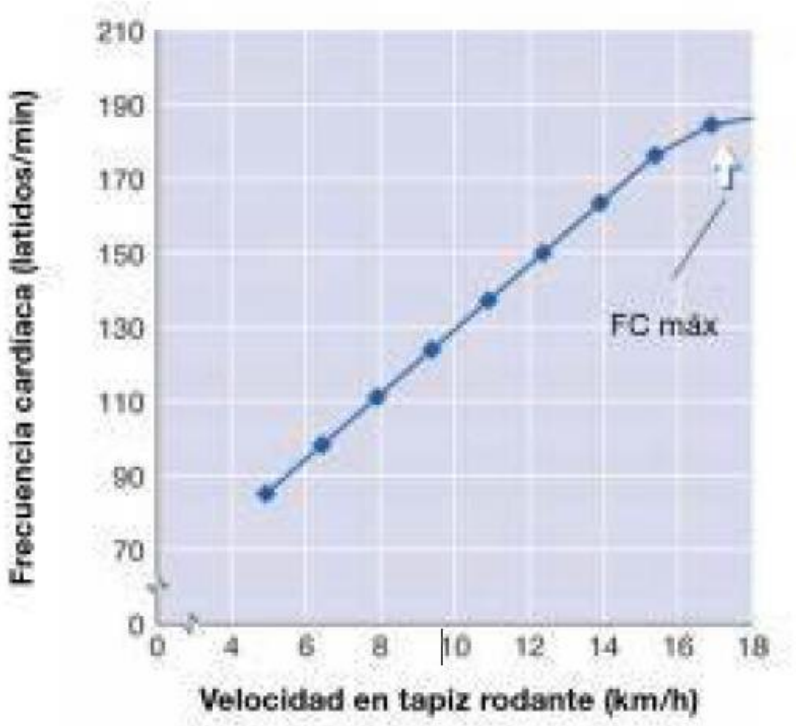


Figura 4: Frecuencia cardiaca durante una actividad física [25].

A continuación, en la Tabla 1, se puede apreciar los valores de las frecuencias cardíaca estando en reposo de acuerdo como va creciendo y en consideración con la edad.

Tabla 1: Datos de la frecuencia cardiaca en reposo [27]

NEONATOS	
0 a 1 mes	70-190 latidos/minutos
BEBES	
1-11 meses	80-160 latidos/minutos
1- 2 años	80-130 latidos/minutos
NIÑOS/NIÑAS	
3-4 años	80-120 latidos/minutos
5-6 años	75-115 latidos/minutos
7-9 años	70-110 latidos/minutos
ADOLECENTES	
10-17 años	60-90 latidos/minutos
ADULTOS	
18-29 años	60-100 latidos/minutos
TERCERA EDAD	
60 años en adelante	88-106 latidos/minutos

La frecuencia cardíaca es considerada normal entre 60 a 100 latinos/minutos, pero si ya se excede de este rango se conoce como arritmia o alteración del ritmo cardiaco, estos trastornos pueden presentarse debido a la medicación o alteraciones en el tono nervioso.

Bradicardia

Es cuando surge una disminución de los latidos del corazón una frecuencia menor a 60 latidos por minutos, y se produce generalmente cuando hay un retardo y fallo en la conducción del pulso, causando graves problemas en el corazón ya que no bombea suficiente sangre y no cumple con las exigencias del cuerpo.

Bradicardia sinusal

Es aquella donde los latidos del corazón son más lentos de lo normal, deteniendo por momentos el bombeo y envía impulsos a un ritmo regular normalmente se presenta en personas atléticas o hipertensas.

Bloqueo cardiaco

Se debe cuando los latidos del corazón son bajos ocasionando disminución del mismo, a causa de que las señales eléctricas trasmitidas por las aurículas donde no llegan a los ventrículos causando un bloqueo en los impulsos del sistema de conducción del corazón [28].

Taquicardia

Se origina cuando la frecuencia cardíaca tiende a ser mayor a 100 y menor a 200 latidos por minuto, se da cuando las dos cámaras del corazón conocidas como ventrículos realizan las contracciones anormalmente rápidas, a este punto el ritmo cardiaco puede llegar hasta las 400 pulsaciones por minuto en casos extremos, causando un paro cardiaco súbito. La taquicardia ventricular provoca entre tres o más latidos ventriculares mayores a 100 y con una duración menor a 30 segundos, ocasionando que los ventrículos no puedan llenarse con suficiente sangre oxigenada, para que circule la sangre por todo el cuerpo, produciendo casos de presión arterial baja, insuficiencia cardíaca y hasta la muerte.

La taquicardia sinusal genera una FC elevada en personas que realizan ejercicios, no necesariamente necesitan estar en actividad física, normalmente también se puede dar cuando están en reposo sin relacionarse con el estrés físico o fisiológico [29].

Saturación de oxígeno

La saturación de oxígeno es un porcentaje que se encuentra en la sangre, es una pequeña fracción de la hemoglobina oxigenada que está en el cuerpo. En el momento que el corazón bombea sangre al cuerpo, primeramente, pasa por los pulmones donde las moléculas de oxígeno se unen con los glóbulos rojos también conocidos como eritrocitos con la finalidad de esparcirse por todas las arterias del organismo.

Estos niveles de saturación de oxígeno permiten saber si las células del cuerpo tienen las cantidades adecuadas, y la saturación de oxígeno normal esta entre 95% y 100%. Se considera la saturación de oxígeno como el quinto signo vital después de la frecuencia respiratoria, cardíaca y la presión arterial [30], [31].

Hipoxia

Es la limitación de la expansión de oxígeno en la sangre de los tejidos y células del cuerpo, en determinados casos se pueden presentar hasta el 50% por debajo de los niveles de oxígeno del cuerpo, causando problemas en la evolución de cianosis y en casos graves conduce a la necrosis de las cédulas.

Hipoxemia

Es la disminución anormal de la presión de oxígeno en la sangre, es decir, rebaja los niveles de oxígeno y se encuentran por debajo del 90%, causando entre los problemas leves dolor de cabeza y dificultad para respirar, y en casos extremos evita el funcionamiento normal del cerebro y el corazón [32].

Temperatura corporal

La temperatura juega un papel muy importante para la vida y salud de los seres humanos, puede darse el caso de presentar cambios formidables que afecten en gran medida el metabolismo, las temperaturas bajas o altas alteran las tasas del metabolismo ocasionando que el cuerpo trabaje de forma anormal y se produzcan daños en los tejidos. Este es un parámetro tan esencial como la frecuencia cardíaca o la frecuencia respiratoria. Se considera que la temperatura normal del cuerpo tiene un rango entre 36.5 y 37.2 ℃ , cabe recalcar que estos valores pueden cambiar en el trascurso del día [33], [34].

La regulación de la temperatura también conocida como termorregulador que se encuentra en el hipotálamo tiene la capacidad de cambiar los niveles de temperatura dentro de ciertos límites, técnicamente es aquí donde se procesa la información obtenida por diferentes partes del cerebro, la médula espinal, tejidos y sensores térmicos periféricos en la piel.

Aspectos fisiológicos de la termorregulación

Las defensas que incorpora la temperatura frente a los diversos fenómenos térmicos del ambiente son una de las funciones principales dirigidas por el sistema nervioso. En la Figura 5, se puede observar que su función principal es realizar la termorregulación donde envía información a los núcleos branquiales(NPB), que son un grupo de núcleos

que se encuentra en los péndulos cerebeloso superior, para así llegar al principal integrador del termorregulación que es el área preóptica del Hipotálamo(APOCH), siendo el encargado de promover las señales a los efectores periféricos, convirtiéndose en parte importante para contrarrestar la temperatura corporal del ambiente que son enviados por los termorreceptores de la piel [35].

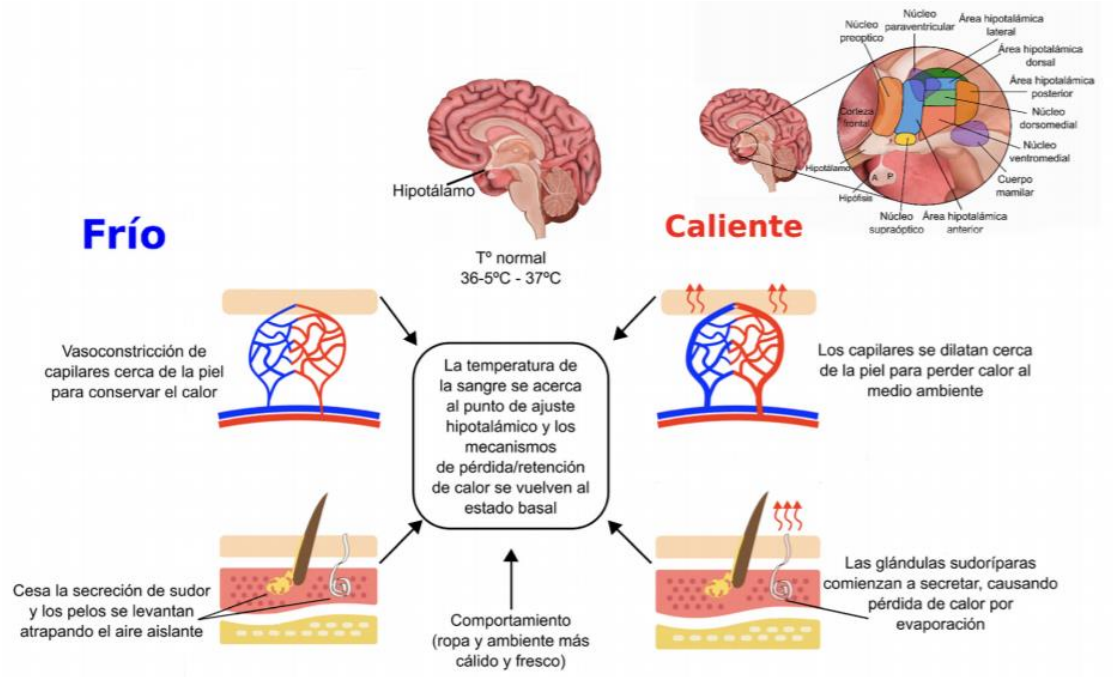


Figura 5:Temperatura corporal [35]

Hipotermia

La hipotermia se origina cuando el paciente presenta enfriamiento en su cuerpo, eso quiere decir, que su temperatura es anormal. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), determina como una hipotermia aquellas temperaturas que se encuentran por debajo de los 36℃, como se puede observar en la Figura 6, se considera como una hipotermia leve a las temperaturas que están en un rango de 35℃ a 32℃ causando problemas como las taquicardias, taquipnea, apatía y una reducción del volumen sanguíneo circulante.

Una temperatura entre 32℃ a 28℃ se estima como hipotermia moderada provocando declive respiratorio, bradicardia, dilatación de las pupilas y pérdida del conocimiento, cuando ya la temperatura es menor a 28℃ ya presenta una hipotermia grave causando serios problemas entre una de ellas el paro cardiaco [35].

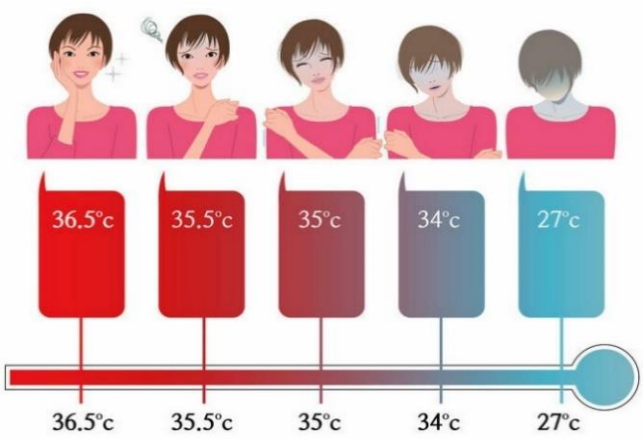


Figura 6: Niveles de temperatura considerados como hipotermia [36].

Hipertermia

La hipertermia se determina cuando la temperatura corporal es elevada que supera los 39.5℃, causando diversos síntomas como dolor de cabeza, mareos, debilidad, delirios, en casos graves presenta convulsiones y quedar en coma. Entre una de las hipertermias más mortales se encuentra la hipertermia maligna presentando como primeros síntomas hipercapnia, taquicardia y la hipoxia, luego de ello comienza a elevarse la temperatura manifestando descenso de la presión sanguínea, incluso la destrucción de células y requiere de atención médica inmediata [35].

1.1.2 Dispositivos para la medición

Son aquellos dispositivos o artefactos que ayudan a monitorear los parámetros que son vitales para el ser humano.

Monitor paciente

Un monitor paciente también conocido como monitores multiparamétricos son aquellos equipos que obtienen, amplifica, procesa y visualiza en tiempo real y de forma constante los parámetros fisiológicos del paciente. Entre los parámetros básicos necesarios son: el electrocardiograma (ECG), donde se le coloca al paciente electrodos en el cuerpo, como se puede apreciar en la Figura 7, para rastrear los impulsos eléctricos del corazón, medir la presión arterial, para ello se le coloca al paciente un brazalete en el brazo para que pueda el monitor conseguir las señales que produce, además mide la frecuencia

respiratoria, donde el artefacto puede controlar y cuantificar la dificultad torácica gracias a los dos electrodos de ECG conectados al enfermo. [37].



Figura 7: Colocación de electrodos para el monitoreo de un paciente [38].

Los monitores de paciente tienden a ser complejos y costosos, dependiente del tipo y la marca, deben poseer aislamiento eléctrico alto, fiable y su mantenimiento fácil de reparar, cabe señalar que el monitor ayuda a saber el estado del paciente, como va evolucionando, para ello utilizan un sistema de alerta que presencia cuando existe alguna situación anormal que ocurra en el enfermo, especialmente para problemas de taquicardia, bradicardia y frecuencia respiratoria. Estos monitores son principalmente utilizados por los quirófanos, cuidados intensivos o intermedios y urgencias.

En el caso de los cuidados intensivos la monitorización está más orientado a enfermos con trastornos cardiacos y respiratorios donde estará conectado según las necesidades que se requiera. Los monitores pacientes pueden ser controlados de dos formas:

Preconfigurados: donde no se puede agregar parámetros adicionales ya que el proveedor o el que los fabrica fija previamente los parámetros que va a monitorear [37].

Modulares: son aquellos donde el usuario puede colocar parámetros adicionales con ayuda de dispositivos conocidos como módulos. Los módulos independientes sirven para agregar por parámetros o un conjunto de parámetros [37].



(a) Monitor preconfigurado [39].



(b) Monitor modulares [40].

Pulsioxímetro

El pulsioxímetro, también conocido como oxímetro de pulso es un dispositivo manejable que mide y da un porcentaje de la hemoglobina saturada más reconocida como la saturación de oxígeno (SpO2). Mide en tiempo real y no invasiva la saturación oxihemoglobina basándose en la Ley de Beer-Lamber, que determina que para que opere la oximetría de pulso se basa en la absorción de luz, cuando introduce los dedos entre el emisor y el fotorreceptor, la luz que emite debe atravesar los distintos tejidos acordes a su concentración y longitud, por lo tanto, obtiene un porcentaje de luz a través del dedo y lo demás en el fotorreceptor [41].

Cómo se puede apreciar en la Figura 8, el pulsioxímetro está conformado por dos emisores de luz que ayuda a calcular la saturación, un led es de color rojo y el otro infrarrojo con distintas longitudes y ondas. Este led permite absorber los tejidos debido al flujo sanguíneo arterial pulsátil. A medida que la hemoglobina oxigenada absorba más luz infrarroja como roja, permite el paso de la luz ya que hay menos hemoglobina desoxigenada, es decir, que capta luz infrarroja, mientras que cuando la hemoglobina desoxigenada absorbe luz roja da paso a la luz infrarroja debido a que hay menos hemoglobina oxigenada [20], [21], [42].

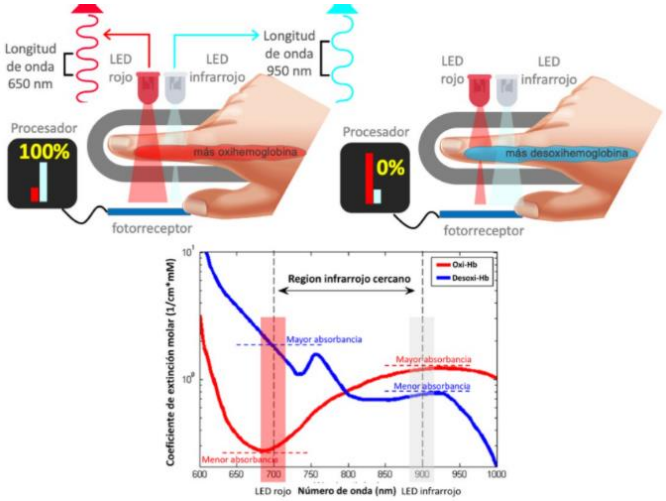


Figura 8: Funcionamiento del oxímetro de pulso [43].

Curvas de pletismógrafo

Son señales pulsátiles con una base para la pulsioximetria porque se obtienen del volumen del flujo sanguíneo. Para obtener una absorbencia pulsante en la cual se encuentra en la sangre arterial ya que es la única donde puede presentar esta sustancia, debido a que los tejidos no la cuentan. Las curvas de pletismógrafos son aquellas líneas ascendentes que corresponden a la presión sistólica que es la máxima cuando el corazón late.

Como se puede apreciar en la Figura 9, la onda o la curva inicia con una línea descendente que se declive a causa de la pequeña abertura por el cierre de la válvula aortica, durante la diástole que es cuando el corazón está en reposo, cada vez que hace una contracción, la presión y la onda van disminuyendo hasta que la pared aortica se repliega empujando la sangre hacia la zona periferia que es el final del diástole y de la onda [21], [44].

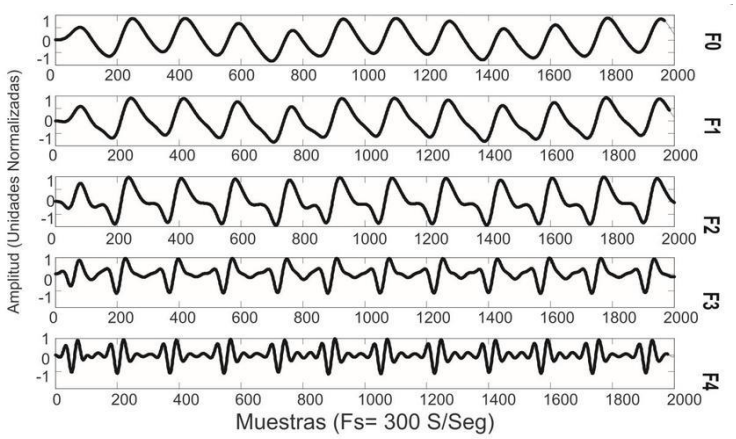


Figura 9: Señales de pletismógrafo [45].

Medidores de presión arterial

Es un monitor que anteriormente se conoce como esfigmomanómetro de mercurio, estos permiten conocer la presión arterial e incluso saber si el paciente presenta hipertensión alta o baja. El problema resulta que tienen un porcentaje de error de 0.5 respecto a las presiones arteriales promedio, estos dispositivos se los coloca en la muñeca a la altura del corazón con la mano abierta, debido a la gran acogida que tienen los artefactos es necesario que los pacientes cuenten con uno en casa. Existen artefactos de buena calidad y fácil manejo mismos que se insertan con los dedos para medir la presión arterial porque se basan en el método del oscilo métrico, pero presentan problemas ya que sus datos suelen ser inexactos debido a que el brazalete en el dedo queda muy suelto o muy apretado [46].

Termómetro digital

El termómetro digital como se observa en la Figura 10 ofrece unas lecturas precisas y rápidas de la temperatura corporal de una persona, esta asignada a medir la temperatura de modo ora, axilar y rectal, además, que es fabricado para ser utilizado de forma doméstica o clínico. Al medir la temperatura corporal en modo axilar es más sensible que uno infrarrojo debido a que el termómetro digital posee un margen de error de 0,1 °C [47].

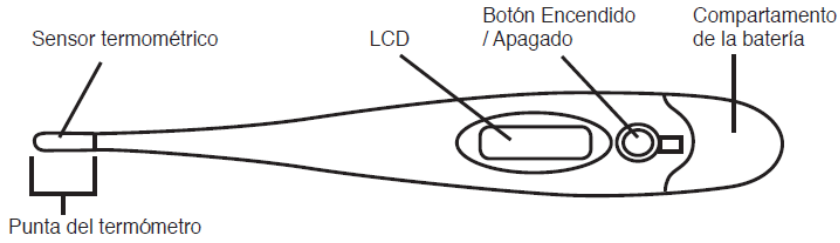


Figura 10: Partes del termómetro digital [48]

Medición de la temperatura corporal en termómetros infrarrojos

El cuerpo humano como toda clase de objeto emite rayos infrarrojos en diferentes medidas de onda logrando así distinguidas ondas que da sobre el lente del sensor el cual dispone un mecanismo sensible que lo convierte en señales eléctricas para luego procesar esas señales en digitales y así mostrar la temperatura en grados Centígrados o Fahrenheit. A continuación en la Figura 11 , muestra una persona en la cual se demuestra las zonas o

lugares más calientes del cuerpo que es la parte rojiza y por ende esas áreas son las que emiten mayor radiación, con ello se establece la temperatura corporal usando un termómetro sin contacto [49].

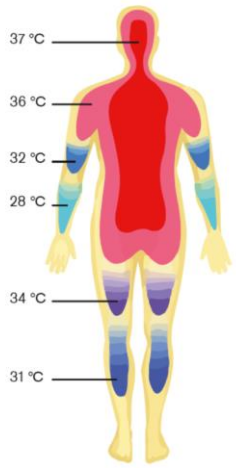


Figura 11: Temperatura superficial del cuerpo humano [50]

1.1.3 Dispositivos hardware de IoT

Con el desarrollo de determinadas investigaciones que se dieron obtuvieron diversos dispositivos electrónicos para aquellos servicios especializados en el área de la salud, llevado a cabo diversos sensores, microcontroladores o simplemente dispositivos portátiles ya establecidos en el mercado, con el fin controlar y diagnosticar enfermedades preexistentes de un paciente, uno de los problemas que se da mutuamente son padecimientos cardiovasculares [51].

Microcontrolador

Un microcontrolador es indispensable para la realización de cualquier proyecto electrónico, ya que su función principal es, procesar la información que deriva de los sensores para que pueda ejecutar las tareas correspondientes que son requeridas por la aplicación a través de los actuadores. Además, nos ofrece una serie de pines que podremos utilizar tanto para interrelacionarse con los sensores como los actuadores [52].

Arduino

El Arduino es una placa electrónica, su diseño electrónico está basado para el desarrollo de plataformas públicas, estas placas es una de las más reconocidas, sencillas y fáciles de

utilizar. A continuación, en las siguientes tablas aparecen los posibles microcontroladores que se puede emplear para este tipo de estudio.

Tabla 2: Características Arduino Uno [53]

ARDUINO UNO	
	
Microcontrolador	ATmega328P
Voltaje de Operación	5V
Pines Digitales	14
Pines PWM	6
Pines de entradas análogas	6
Corriente DC por cada pin I/O	20 mA
Corriente DC en el pin de 3.5V	50 mA
Memoria Flash	32 KB
Memoria SRAM	2 KB
Memoria EEPROM	1 KB
Velocidad de reloj	16 MHZ

Tabla 3: Características Arduino Duemilanove [53]

ARDUINO DUEMILANOVE	
	
Microcontrolador	ATmega328
Voltaje de Operación	5V
Pines Digitales	14
Pines PWM	0
Pines de entradas análogas	6
Corriente DC por cada pin I/O	20 mA
Corriente DC en el pin de 3.5V	51 mA
Memoria Flash	32 KB
Memoria SRAM	2 KB
Memoria EEPROM	1 KB
Velocidad de reloj	16 MHZ

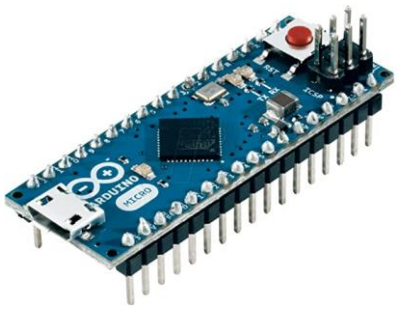
Tabla 4: Características Arduino Ethernet [53]

ARDUINO ETHERNET	
	
Microcontrolador	ATmega328
Voltaje de Operación	5V
Pines Digitales	14
Pines PWM	4
Pines de entradas análogas	6
Corriente DC por cada pin I/O	40 mA
Corriente DC en el pin de 3.3V	50 mA
Memoria Flash	32 KB
Memoria SRAM	2 KB
Memoria EEPROM	1 KB
Velocidad de reloj	16 MHZ

Tabla 5: Características Arduino Pro Mini [53]

ARDUINO PRO MINI		
	**Microcontrolador**	ATmega328
	Voltaje de Operación	5V
	Pines Digitales	14
	Pines PWM	6
	Pines de entradas análogas	6
	Corriente DC por cada pin I/O	40 mA
	Corriente DC en el pin de 3.3V	0
	Memoria Flash	32 KB
	Memoria SRAM	2 KB
	Memoria EEPROM	1 KB
	Velocidad de reloj	16 MHZ

Tabla 6: Características Arduino Micro [53]

ARDUINO MICRO		
	Voltaje de Operación	5V
	Pines Digitales	20
	Pines PWM	7
	Pines de entradas análogas	12
	Corriente DC por cada pin I/O	20 mA
	Corriente DC en el pin de 3.3V	50 mA
	Memoria Flash	32 KB
	Memoria SRAM	2.5 KB
	Memoria EEPROM	1 KB
	Velocidad de reloj	2 HZ

ESP8266 NodeMCU

NodeMcu es un kit de desarrollo para software y hardware basado en IoT con código abierto, al igual que con el Arduino este creó una nueva Unidad de microcontrolador (MCU por sus siglas en inglés) cuya finalidad es facilitar el desarrollo de los programadores a generar sus proyectos de una manera fácil e interactiva. Este modelo con el tiempo ha reducido sus componentes para solo garantizar las especificaciones que requiere y actualmente el nuevo módulo Arduino se considera un diseño creativo y configuración debido al desarrollo Núcleo Arduino bajo el dominio de ESP8266 Wi – Fi, es decir, que contiene a más de ser un microcontrolador el módulo wifi [54].

Claramente esta placa trabaja con la misma estructura que el Arduino, pero cada uno tiene sus características particulares como se observa en la Tabla 7 y

Tabla *8*.

Tabla 7: Características del ESP8266 wifi

CATEGORÍAS	ÍTEMS	PARÁMETROS
Wifi	Estándar	FCC/CE/TELEC/SRRC
	Protocolos	802.11 b/g
	Rango de Frecuencia	2.4 G a 2.5G
	Tx Energía	802.11b: +20 dbm 802.11g: +17 dbm 802.11n: +14 dbm
	Flx Sensibilidad	802.11b: -91 dbm 802.11g: -75 dbm 802.11n: -72 dbm
	Antena	PCB Trace, External, IPEX

Tabla 8: Características del ESP8266 hardware

CATEGORÍAS	ÍTEMS	PARÁMETROS
Hardware	CPU	Ten silica L106 32-bit
	Operando Voltaje	3.0V -3.6
	Rango de Frecuencia	2.4 G a 2.5G
	Tx Energía	802.11b: +20 dbm 802.11g: +17 dbm 802.11n: +14 dbm

Existe varios modelos entre ellos el Lua como se observa en la Figura 12 que entre una de sus ventajas más importantes es en comparación del Arduino Uno es que podemos actualizar el sistema de archivos utilizando el pulsador flash que sirve para cargar el código a la placa de forma inalámbrica con nuevos archivos de script Lua y ejecutarlos de forma remota, es decir, que puedes subir un servidor web simple al dispositivo IoT en una sola ejecución y esto lo hace de manera interactiva [54].

Además que Lua es un poderoso lenguaje scripting disponible para módulos ESP8266 por eso su abreviatura NodeMCU Lua entre uno de los más populares está el NodeMcu Lua Firmware [55] .



Figura 12: NodeMcu Lua Wifi Esp8266[56]

A continuación, en la Figura 13 se podrá observar la distribución de pines que cuenta el microcontrolador Esp8266, GPIO tienen un propósito en general trabajar tanto como puerto de salida como, de entrada.

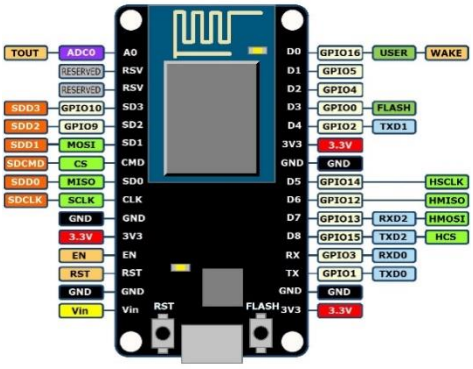


Figura 13: Distribución de pines de NodeMcu Esp8266 [57]

Estándares wifis del NodeMcu Esp8266

Tiene como objetivo principal resolver determinados problemas o proyectos basados en IoT, es por ello por lo que este módulo como proporciona Wi-Fi es compatible en tres estándares que son:

- **Estándar 802.11b**

El estándar IEEE 802.11b se especializa por tener una velocidad máxima de 11Mbps y trabaja con una banda de 2.4GHz, cabe recalcar que uno de sus principales objetivos era alcanzar una máxima capacidad de valor en las tasas de datos aumentando de gran manera las redes WLAN donde tendrá mayor alcance para los usuarios [58].

- **Estándar 802.11n**

El estándar IEEE 802.11n es también compatible en sus procesadores ya que contiene velocidad de datos de 600Mbps y que trabaja con una banda de 2.4 y 5 GHz, esto permite trabajar con coberturas a banda ancha de 20 hasta 40 MHz [59].

- **Estándar 802.11g**

El estándar IEEE 802.11g proporciona velocidades de 54 Mbps con una banda de frecuencia de 2.4GHz, por lo tanto los dispositivos tecnológicos que operen esta misma frecuencia tendrá una magnitud hasta 11Mbps pero de ancha banda será como 5 GHz [60].

Sensores

Son dispositivos que están prediseñados para recibir y medir una magnitud física en un determinado entorno donde se requiera un control de este, las lecturas o datos que detecta son emitidos por señales electrónicas en tiempo real y que son mostradas en un monitor serial. Actualmente los sensores se han convertido en algo vital e indispensable para transformar el mundo en el área digital.

Sensores de ritmo cardíaco

A continuación, en la Tabla 9 se presenta el sensor ECG para medir la actividad eléctrica del corazón:

Tabla 9: Características Sensor ECG AD8232 [61]

ECG AD8232		
	Voltaje de Operación	3.3V
	Bajo Consumo de Corriente	17 uA
	Salida	Analógica
	Rechazo de ruido a 60 Hz	80 dB
	Electrodos ECG	3
	Entrada de electrodos	Mini Plug 3.5 mm

Módulo de sensor de temperatura corporal MLX90614

Este es un sensor de temperatura infrarroja no invasiva constituido por un chip con una fina membrana micro mecanizada, que fue creada para ser sensible a la radiación infrarroja que deprende de un objeto a distancia que sería el dedo a colocar, de esta forma se podrá obtener la temperatura sin entrar en contacto directo al sensor [62]. Este sensor permitirá conocer la temperatura de un determinado paciente, a continuación, se puede apreciar sus respectivas características como se aprecia en la Tabla 10.

Tabla 10: Características Sensor Mlx90614 [63]

MLX90614		
	Voltaje de Operación	3.3 v a 5V
	Rango de temperatura ambiente de trabajo	-40°C hasta +170°C
	Rango de temperatura de objeto	-70°C hasta +380°C
	Precisión	±0.5°C
	ADC incorporado	17 bits
	Salida de PWM	10 bits
	Protocolo de comunicación SMBUS	I2C

Este sensor viene calibrado con una salida PWM y SMBus donde el usuario puede configurar la salida digital para la modulación por ancho de pulso (PWM), el PWM está destinado a transmitir de forma continua la temperatura medida en un intervalo de -20 a 120 °C, además, una de las características que más resalta este sensor es su precisión médica ya que cuenta un 0.1 ° C en un rango de temperatura limitado.

En cuanto al funcionamiento interno del sensor es controlado por una máquina de estado interna, en la cual este controla las mediciones, los cálculos de los objetos y la temperatura

ambiente, hace uso de un postratamiento de las temperaturas a la salida a través de la salida PWM. Como se puede observar en la Figura 14, la salida de los sensores es ampliada por un filtro de bajo ruido que es convertido por un modulador Sigma Delta a un solo flujo de bits y es alimentando por un potente DSP (Procesador de señales digitales) para que pueda realizar su procesamiento. La señal es tratada mediante filtros y pasa por bajo FIR y IIR, esto con la finalidad de reducir el ancho de banda de la señal de entrada y conseguir el rendimiento adecuado tanto de ruido como de frecuencia. La salida del filtro IIR es el resultado de la medición y utilizable en la RAM interna. Como segundo paso es que los resultados de la medición anterior, que son la temperatura ambiente que corresponde a Ta y la temperatura objeto To se calculan, ambas temperaturas como se mencionó anteriormente tienen una precisión de ±0,3ºC. Como tercer y último paso es el paso del ciclo de medición, los valores Ta y To se ajustan a la resolución de salida (PWM) y esta información son cargados y registrados a la máquina de estados PWD, lo que permite que se genere una frecuencia constante como un ciclo de trabajo junto con los datos medidos [64].

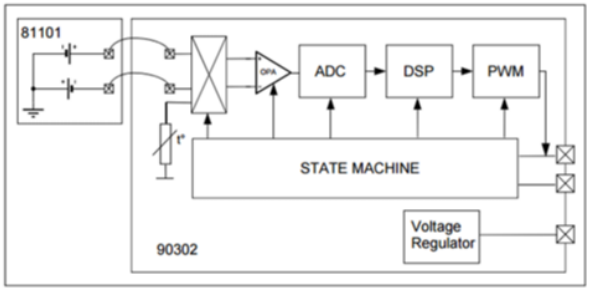


Figura 14: Diagrama del funcionamiento del sensor MLX90614 [64]

Sensor de Oxímetro MAX30100

Este sensor o chip como se puede apreciar en la Figura 15, cuenta con circuito integrado de pulsioximetria, esta apto para captar la saturación de oxígeno (SpO2) y la frecuencia cardíaca (BPM) que será desarrollado para ser incorporado en dispositivos digitales para el control de salud de un paciente. Dispone de un led rojo y otro infrarrojo que se iluminan durante cierto tiempo (ancho de pulso) y la zona expuesta como por ejemplo el dedo.



Figura 15: Max30100 [60]

Como se observa en la Figura 16, la luz que se refleja es detectada por medio de un fotodiodo donde la intensidad de la luz es captada y corrige la desviación que produce la iluminación ambiental, este sensor está basado en el método de fotopletismografía que es el utilizado en oximetría de pulso, este es capaz de procesar las variaciones sanguíneas que se produce cada vez que el corazón palpita.

Como se mencionó anteriormente usa dos diodos leds, uno es emisor de luz infrarroja y el otro es fototransistor, para detectar estos parámetros (SpO2 y BPM) se deben colocar el dedo sobre los leds, se recomienda utilizar el dedo anular, medio e índice como las posiciones más adecuadas, estos son iluminados por la fuente ocurriendo tres eventos: primeramente que cierta cantidad de luz es absorbida, la otra cantidad de luz es trasmitida y la restante es reflejada, la luz reflejada es afectada por el volumen de la sangre que circula en el dedo. Para que determine la saturación de oxígeno aplica la ley de Lambert-Beer. Todos estos valores que obtienen (SpO2 y BPM) se convierten en valores digitales y se almacenan en un buffer al que se conecta de un microcontrolador mediante el bus I2C con que cuenta el sensor max30100 [65], [66].

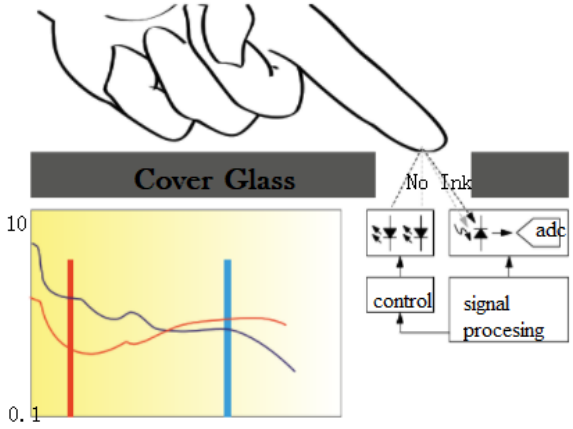


Figura 16: Esquema del funcionamiento del sensor [67]

En la

Tabla *11* se muestra las características más relevantes del sensor Max30100:

Características	Descripción
Voltaje de operación	5v
Regulador de Voltaje	3.3v y 1.8v
Led rojo	660nm
Led infrarrojo	920nm
Filtro de luz	50 a 60 Hz
Protocolo de comunicación	I2C
Temperatura de trabajo	-40 °C hasta +85 °C

Tabla 11: Características del sensor Max30100 [68]

Características	Descripción
Voltaje de operación	5v
Regulador de Voltaje	3.3v y 1.8v
Led rojo	660nm
Led infrarrojo	920nm
Filtro de luz	50 a 60 Hz
Protocolo de comunicación	I2C
Temperatura de trabajo	-40 °C hasta +85 °C

Pantallas

Las pantallas son periféricos de entrada y salida de datos, ya que cuentan con un monitor de visualización de datos y tiene una o varias capas de material que permita al usuario poder interactuar a través de la entrada de datos mediante un contacto digital [69].

Actualmente existen diferentes modelos de pantalla compatibles para cualquier placa (Arduino o Raspberry Pi) las cuales son:

- ✓ LCD en líneas

- ✓ LCD en puntos
- ✓ Display OLED
- ✓ Display LED

Pantalla LCD 20x4

La LCD como se muestra Figura 17 es un tipo de pantalla que muestra la información a través de líneas, se diferencia principalmente por su tamaño y conexión, puede situar texto e incluso imágenes en cualquier pantalla tipo LCD, es compatible con módulo I2C compartiendo conexiones marcadas como SD Y SCL, además que son muy prácticas de utilizar. Estas pantallas LCD pueden venir con los pines soldados o listos para soldar para posteriormente conectarlos con cables solados y hacerlo con pines [70], [71].



Figura 17: LCD 24x4 I2C [72]

Pantalla OLED SSD1306 I2C 128*64

La pantalla Display OLED como se muestra en la Figura 18 utilizan diodos que están formados por capas o láminas de material orgánico que también se conocen como electroluminiscentes orgánicos, este material reacciona a una estimulación eléctrica, generando y emitiendo luz por sí mismos, son capaces de consumir poca energía, son muy delgadas y trabajan con protocolos I2C y SPI, producen imágenes nítidas y más brillantes que en una pantalla LCD. Una de las ventajas que podemos denotar con respecto a la pantalla LCD es que no requieren de luz de fondo ni filtro, esto hace las pantallas OLED sean más eficiente en términos de energías, cuentan con energías de 20 mA, dado que solo se enciende el píxel necesario y no requieren de backligh, al trabajar con protocolos de comunicación sencillos facilita la obtención de datos medidos ya que requieren una alimentación de voltaje de 3.3V y 5V. Además, estas pantallas incorporan el controlador SSD1306, es un controlador CMOS OLED/PLED de un solo chip con

controlador para sistemas de visualización grafica de matriz de puntos de diodos emisor de luz orgánico como se mencionó anteriormente. Incorpora un control contraste, RAM de pantalla y oscilador, lo que reduce la cantidad de componentes que requiere para su funcionamiento y es adecuada para múltiples proyectos desde aplicaciones portátiles compactas, reproductor MP3, etc [73], [74], [75].



Figura 18: Pantalla OLED SSD1306 I2C 128*64 [76]

1.1.4 Protocolos de comunicación IOT

Hoy en día la humanidad depende del Internet y para obtener una comunicación veraz y con alto rendimiento se desarrollaron dispositivos IoT en donde adoptan protocolos que se utiliza dependiendo de las necesidades o requerimientos que provee, esto ayuda de alguna manera a que entre dispositivos puedan conectarse con la red desde cualquier parte del mundo intercambiando información. Los protocolos de comunicación son aquellos que están conformadas por capas brindando ciertas funcionalidades que conforman un conjunto de reglas, además del envío y recepción de los datos entre dispositivos electrónicos conectados a red Wi-Fi [77].

Protocolo MQTT

El protocolo MQTT son protocolos usados por dispositivos IoT de código abierto que sirve para transportar información y por tanto se lo puede usar en todo el mundo y esto hace mucho más fácil el manejo e intercambio de datos, fue creado para implementarse dentro de la pila TCP específicamente a la capa de transporte. Este protocolo es útil para redes de baja ancha ya que se basa en minimizar las necesidades o recursos de los dispositivos conectados a una red y por tanto mantiene la seguridad entre ellos. El MQTT funciona mediante publicaciones y suscripciones, de esta forma el transporte de los datos hace que este protocolo sea ligero [78].

En cuanto a la arquitectura MQTT como se observa en la Figura 19 radica en lo que se conoce como “Broker” que su función principal es repartir los mensajes entre los receptores que se hayan suscrito, de esta manera los receptores que vendrían hacer los clientes acogen los mensajes que van dirigidos a los que están suscritos. En este caso el receptor que vendría hacer el cliente tiene una comunicación con el MQTT-Broker enviado las lecturas de datos de temperatura, luego el bróker establece cuál de los clientes que están conectados a él tiene la modalidad de suscripción para que reciba la información, cabe recalcar que los mensajes que publica el cliente hacia el bróker suceden en la capa de trasportación del modelo TCP [78].

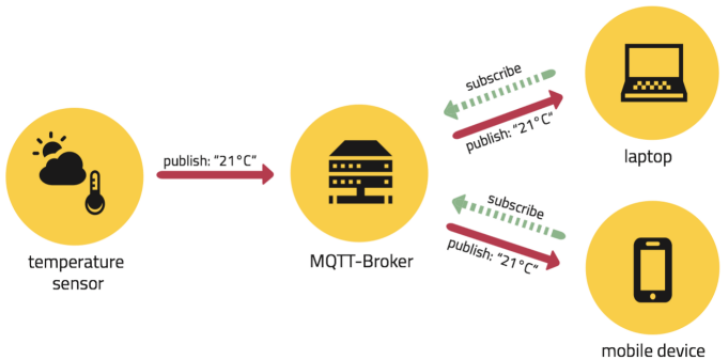


Figura 19: Arquitectura MQTT [79]

Protocolo TCP

Este es un protocolo de trasmisión de datos a través del IoT lo que hace posible la comunicación entre ambos computadores desde cualquier parte conectados a una red wifi, está conformado por capas que se le conoce como una pila de protocolos TTCP que son importante para el intercambio, transporte y compartición de archivos para los usuarios, por lo tanto, es un protocolo tipo cliente-servidor que opera sobre capas de transporte.

Como se observa en la Figura 20 se muestra el funcionamiento de este protocolo, claramente si funcionara por sí solo habría pérdida de información durante la entrega, por ello, para preverlo establece una conexión entre el emisor y el receptor, entre ambos verifican la información. Gracias a la fiabilidad de este protocolo TCP da soporte a los protocolos HTTPS, SSH Y FTP [80].

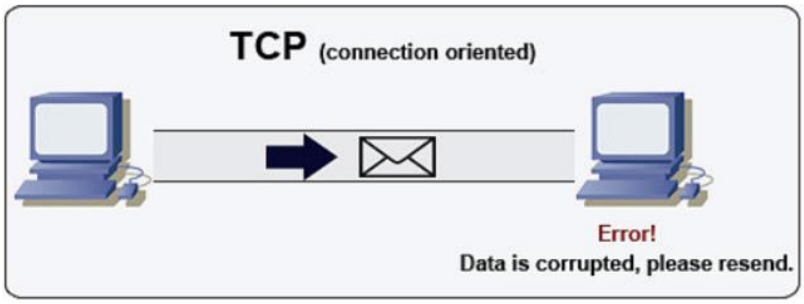


Figura 20: Protocolo TCP [81]

Protocolo IP

Es el encargado de proporcionar la dirección IP a todos los dispositivos conectados a una red y a la vez organizar el flujo, los datos que son emitidos por un dispositivo se conoce como datagramas, cada datagrama presenta información necesaria sobre el tipo de codificación de los datos recibidos, donde se podrá obtener la dirección de destino, entre otros, es a partir del protocolo IP que se puede entender los roles de transmisión del protocolo TCP [82].

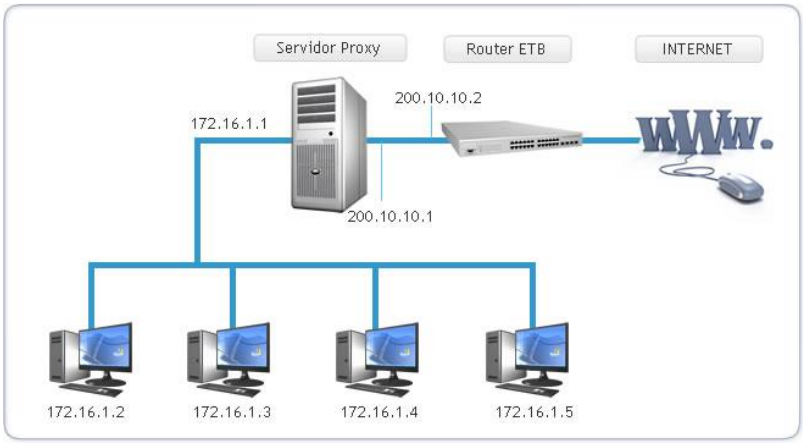


Figura 21: Protocolo IP [83]

1.1.5 Protocolos de comunicación en microcontroladores

Los protocolos de comunicación para microcontroladores se utilizan para intercambiar información con diferentes sensores e incluso con otros microcontroladores, de esta forma los microcontroladores pueden establecer una comunicación con los sensores para que puedan ejecutar las tareas específicas generadas por el usuario, por ello existen

diferentes protocolos de comunicación que pueden usar los microcontroladores para ejercer su función principal.

Protocolo I2C

El protocolo I2C sirve para intercambiar información entre diferentes circuitos electrónicos, envía y recibe información en una sola vía de comunicación, esta información está conformada por bit a bit, convirtiéndose en un protocolo de comunicación sincrónico, esto quiere decir, que emplea un bus sincrónico con 12 líneas de transmisión entre los sistemas maestros y esclavos, dato que es un bus la transferencia de la información se realiza de forma secuencial, enviándose desde un único dato en un periodo de reloj. Entre una de las características de este protocolo es que requiere de un insignificante número de conexiones ya que solo tiene 2 líneas lo cual permite que el circuito consuma pocos recursos [84].

Como se observa en la Figura 22 el bus está conformado por 2 señales que son el SCL y el SDA que permite obtener la comunicación entre el maestro y el esclavo.

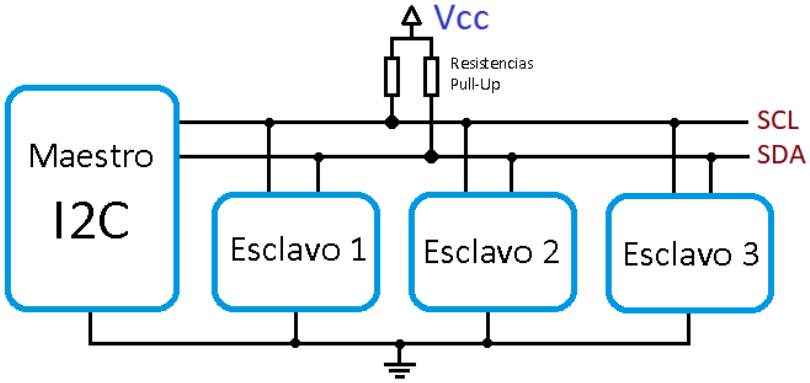


Figura 22: Comunicación I2C [85]

Cabe recalcar que las mismas líneas de comunicación del I2C los compone el microcontrolador Esp8266 [84]:

- **SCL**

El pin SCL con señal de reloj empleada corresponde al pin D1, o en su defecto puede ser accedido usando el GPI05, en sí esta línea permite que la comunicación se realice en

forma serial, enviando o recibiendo datos por cada ciclo del reloj, la generación del reloj es producida por los dispositivos que maneja el maestro.

- **SDA**

El pin SDA pertenece a los datos del D2 que también puede ser usado por el pin GPIO4, esta línea emplea las trasmisiones de maestro a esclavo y de esclavo a maestro, con ello se envía toda la información, puede ser de un byte de datos o de la dirección del esclavo y por ello que es importante esta línea de comunicación.

Protocolo SPI

El protocolo SPI hace referencia a una interfaz serial sincrónica donde los datos son trasmitidos y recibidos de forma simultáneamente desplazándose hacia afuera y hacia adentro, el SPI es principalmente empleado para que los microcontroladores puedan comunicarse con dispositivos periféricos. Al igual que el protocolo I2C utilizan la comunicación maestro-esclavo, por cual el maestro inicia el tramo de dato, cuando este empiece genera el reloj y selecciona un dispositivo esclavo y los datos empiezan a transferirse en ambas direcciones de forma simultánea. A diferencia del protocolo I2C, el SPI usa tres vías de comunicación, una que se enfoca al maestro- esclavo y la otra de esclavo-maestro por lo cual vendría ser una comunicación FULL Duplex, además que mantiene una señal de reloj sincronizado a todos sus dispositivos esclavos. Además, que este protocolo es utilizado a distancias cortas debido a que como es un protocolo que tiene una alta frecuencia, eso quiere decir que a distancias largas y frecuencias altas interviene el ruido. Este protocolo está conformado por cuatro señales específicas que son [86]:

- **Máster Out Slave Input (MOSI):** Este corresponde a la salida de datos desde el maestro hacia las entradas de los esclavos.
- **Máster Input Slave Output (MISO):** Este corresponde a la salida de datos desde el esclavo hacia el maestro.
- **Serial Clock (SCK):** Señal de reloj manejado por el maestro hacia los esclavos.
- **Slave Select (SS):** Señal de selección manejado por el maestro al esclavo, donde el maestro selecciona al esclavo con él se quiera comunicar.

1.1.6 Plataformas IoT

Las plataformas IoT al igual que el término IoT son conceptos extensos, existen simples plataformas que sirve para el almacenamiento de datos e interfaces para crear proyectos IoT muy fáciles que pueden ser manejados por el usuario, así mismo, pueden encontrase plataformas más complejas y completas que hacen uso de herramientas para realizar predicciones, análisis y creaciones de interfaces. Lo importante es que una plataforma IoT debe garantizar la recolección y visualización de manera clara de los datos enviados desde diferentes dispositivos IoT conectados a la plataforma, además, que sí se trata de plataformas de código abierto debe posibilitar la creación de aplicaciones tanto para teléfonos inteligentes como para otros dispositivos [87].

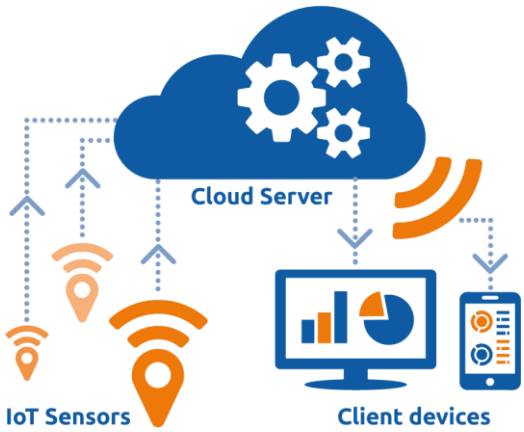


Figura 23: Plataforma IoT [88]

Arquitectura de una plataforma IoT

Para que una plataforma pueda considerarse útil para el desarrollo de cualquier proyecto IoT ya sea de salud, industrial, ente otros, deberá poder ejecutar procesos de manera solvente a la información proporcionada por dispositivos, esto quiere decir:

1. Debe ser apto en obtener la información enviada por el dispositivo.
2. Debe ser apto en almacenar y analizar la información de manera exhaustiva.
3. Debe ser apto en visualizar y publicar los datos de forma que el cliente o usuario pueda ejercer la toma de decisiones.
4. Debe garantizar en todo momento la seguridad del sistema, es decir, que los datos deben ser invisibles para personas no autorizadas previamente.

De acuerdo con lo descrito anteriormente, la plataforma IoT debe contar al menos los siguientes bloques como se demuestra en la Figura 24 y Figura 25:

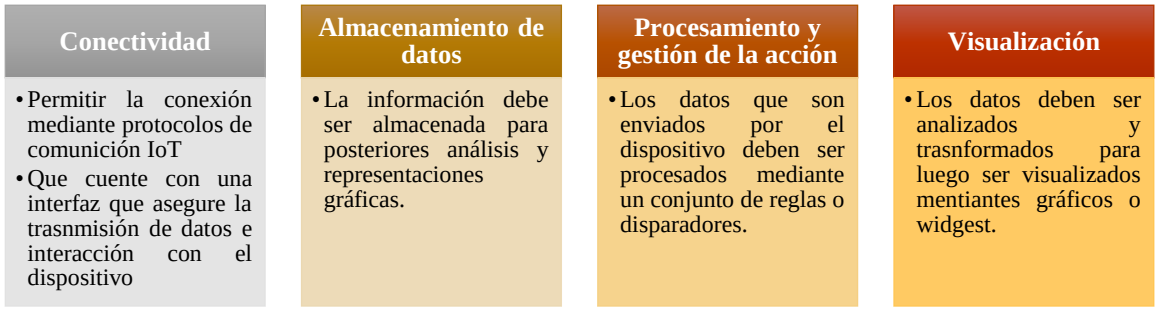


Figura 24: Bloques de plataformas IoT [87]

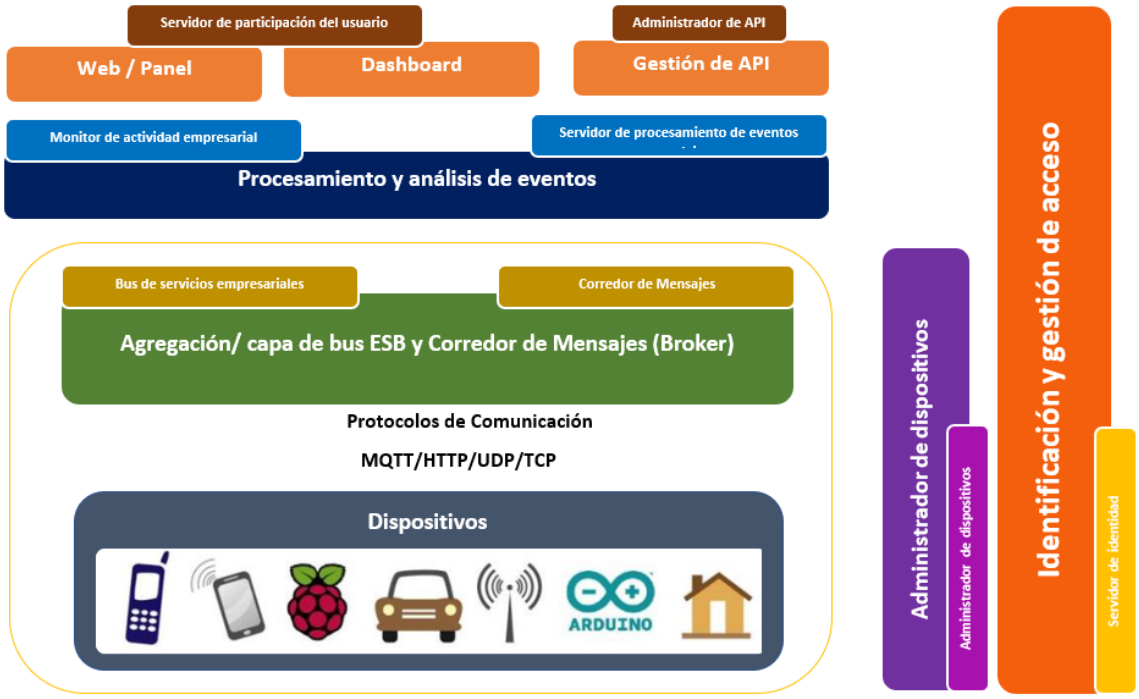


Figura 25: Arquitectura de una plataforma IoT [87]

Ubidots

Como se muestra en la Figura 26, Ubidots es una plataforma que se encuentra alojada en la nube que permite almacenar y analizar la información que sensores en tiempo real, haciendo posible la creación de aplicaciones que maneja el Internet de las cosas [89].

Ubidots es asequible, fiable y fácil de utilizar, especializado para dar soluciones de hardware y software conectadas para monitorear, controlar y automatizar procesos de forma remota ya sea en ámbitos de salud, energía, industria [90].

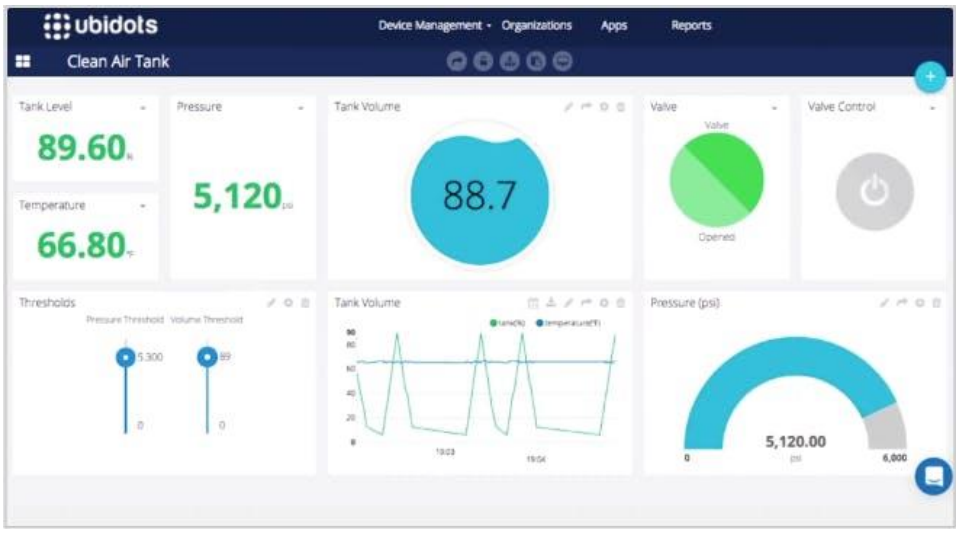


Figura 26: Plataforma IoT Ubidots [91]

Como se muestra en la Figura 27 se presenta el funcionamiento de Ubidots donde este provee una API para que los usuarios puedan autenticarse y así logren transmitir los datos de los sensores a la nube. Permite registrar 30 000 datos por un mes de forma gratuita, si se desea registrar más datos se tendrá que pagar un plan ya dependiendo de las necesidades que se requiera. Cabe recalcar que cada vez que el dispositivo cambia su valor se actualiza los valores que se encuentran almacenadas en las variables de la nube creando puntos donde tienen una marca de tiempo que es una forma de realizar un seguimiento de tiempo [92].



Figura 27: Jerarquía de Ubidots [93]

THINGSPEAK

ThingSpeak como se muestra en la Figura 28 es una plataforma de IoT cuya función principal almacenar y recuperar los dados que sensores alojados en la nube, permite realizar análisis online y monitorear sobre sus datos, estos datos pueden ser enviados desde cualquier dispositivo electrónico utilizando solamente una API REST o el protocolo MQTT, además, pueden ser procesadas y analizadas usando código de Matlab [92].

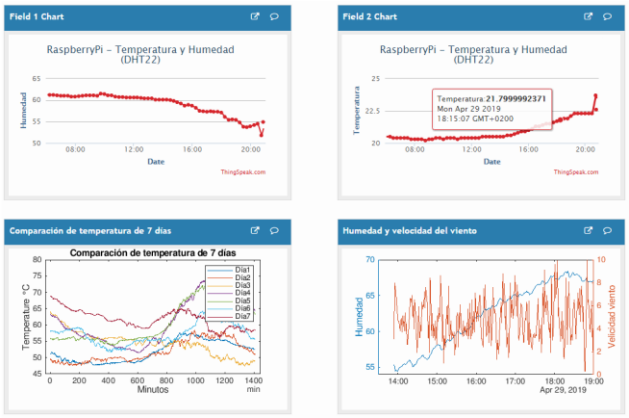


Figura 28: Plataforma Thingspeak

Arquitectura de Thingspeak

Para una mejor comprensión de esta plataforma, en la

Figura *29* se presenta en el lado izquierdo se encuentra los dispositivos inteligentes que están conectados a la red, estos dispositivos envían datos recopilados por sensores ya sea de temperatura, frecuencia cardiaca, máquinas de planta, por otro lado, en medio se encuentra la nube donde se alojan y se analizan los datos en tiempo real haciendo uso de la plataforma de IoT y por último se muestra los datos obtenidos y analizados mediante un historial histórico de datos basados en diagramas o widgets [94].

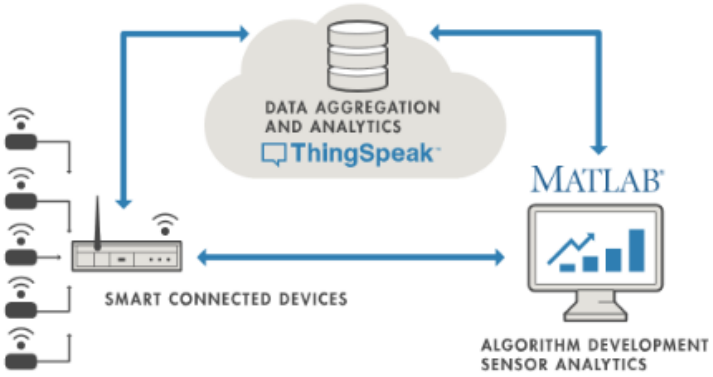


Figura 29: Arquitectura Thinspeak [95]

MY DEVICES CAYENNE

Cayenne como se observa en Figura 30 es una plataforma IoT que es muy útil a la hora de desarrollar prototipos y compartir sus proyectos con dispositivos conectados, presenta un sin número de características para facilitar su uso como un control de monitoreo en tiempo real, alertas y notificaciones, seguimiento de dispositivos (GPS), emplea una API MQTT, entre otras de las cosas positivas de esta plataforma es el largo alcance y compatibilidad con varias redes y dispositivos LoRaWan. Cayenne tiene su propio panel de control que es su pantalla principal donde puedes configurar, arrastrar y controlar tus dispositivos conectados sin necesidad de programar en el servidor, es compatible con cualquier sensor y actuadores lo cual facilita a la hora de interactuar con diferentes microcontroladores a través del protocolo MQTT. Cayenne da la posibilidad al usuario de personalizar una variedad de widgets desde cambiar el tiempo de widget, cambiar de icono, establecer valores mínimos y máximos [90].

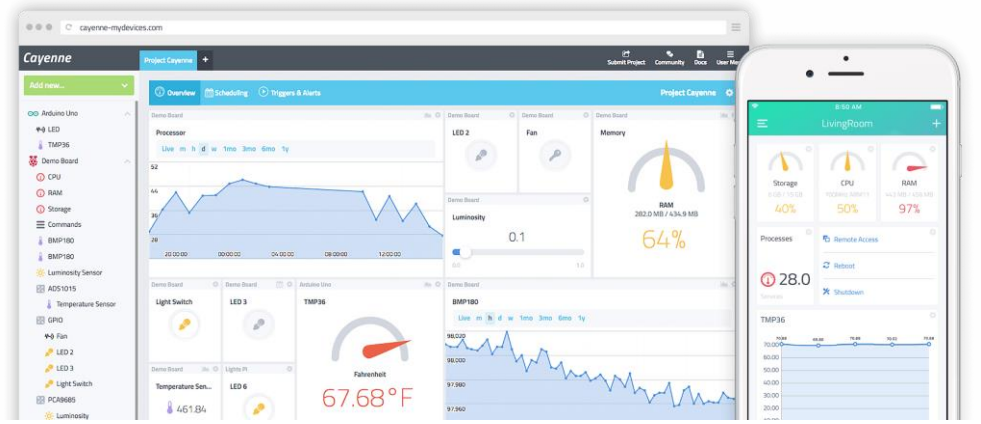


Figura 30: Panel de monitoreo Cayenne [96]

Para comprender mejor los aspectos que se muestran en la Tabla 12, se describen a continuación en la Figura 31 los citeriores o aspectos según la descripción correspondiente, esto permitirá analizar e identificar las características de cada plataforma IoT.

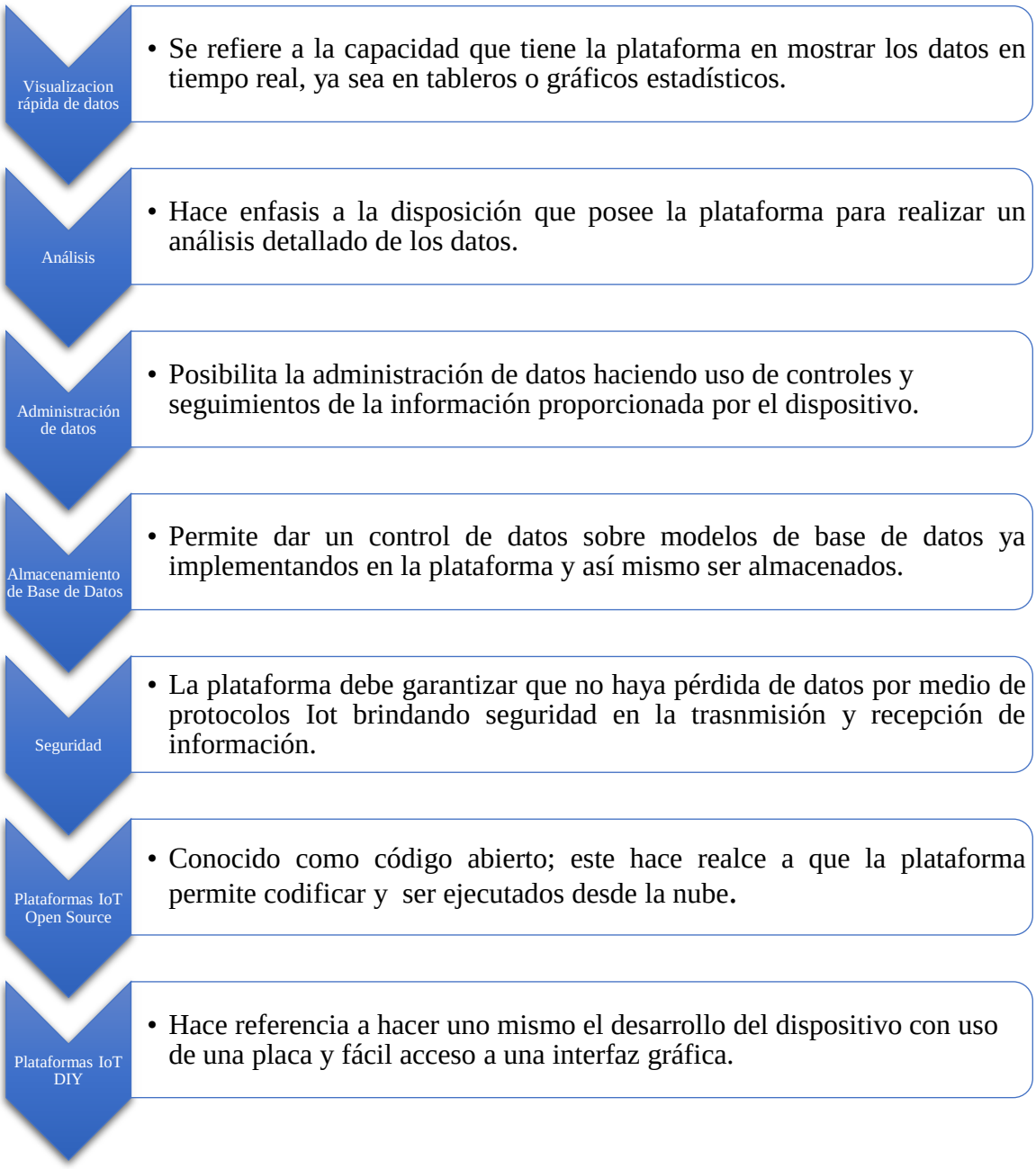


Figura 31: Descripción de los aspectos seleccionados [97]

En la Tabla 12 se puede observar la comparativa de Plataformas IoT según sus características correspondientes.

Tabla 12: Análisis comparativo de las plataformas IoT [90], [90], [97]

ASPECTOS	*UBIDOST [87],[88],[93]*	*THINGSPEAK [90],[93]*	*CAYENNE [88],[92],[93]*
VISUALIZACIÓN RÁPIDA DE LOS DATOS	Creación de cuadros para el monitoreo en tiempo real haciendo uso de widgets y tableros.	Publica los datos en tiempo real a través de "Chanels".	Visualización de datos, estado y acciones de los dispositivos mediante los widgets.
ANÁLISIS	Mejora de la supervisión y el análisis de datos de las aplicaciones con integraciones API.	Dispone de una API para así obtener un análisis detallado de los datos.	Mejora el análisis de datos de las aplicaciones con la integración de API Cayenne MQTT que se utiliza para conectar cualquier dispositivo que tenga con Cayenne Cloud.
ADMINISTRACIÓN DE DATOS	Se puede configurar los widgets asignándole un GPS y así pueda darle un seguimiento de datos.		Permite controlar y dar seguimiento a los datos. A su vez se basan en la localización de cualquier dispositivo conectado.
ALMACENAMIENTO DE BASES DE DATOS	Posee un almacenamiento de base de datos con cierto límite de guardar datos, donde puedes visualizar los datos durante 2 años.	Almacenamiento de base de datos limitado, pero escogiendo un plan de pago ofrece mayor límite de almacenamiento.	Dispone un almacenamiento de base de datos ilimitado y a la vez puedes filtrar estos datos por minuto, hora, día, semana, mes, año o un rango de fechas personalizado.
SEGURIDAD	Asignación de permisos y restricciones a cualquier usuario que interactúe con cuadros de mando.		Garantiza alta seguridad de datos, es decir, ya que utiliza un tipo de cifrado para los datos al momento de ser enviados y publicados. Además, como dato adicional es que al momento de compartir el panel de control puede darle ciertos privilegios para que cualquier usuario pueda visualizar la información.
PLATAFORMAS IOT OPEN SOURCE		Es de código abierto con la capacidad de promover y proteger códigos fuente.	
PLATAFORMAS IOT DIY	Dispone de una interfaz para poder configurarla a nuestro gusto utilizando una placa.		Posee una interfaz de fácil acceso que permite a los clientes a desarrollar uno mismo sus propios proyectos IoT haciendo énfasis a la integración de cualquier tipo de placa.

1.1.7 Componentes de software

Middleware

Para la comodidad de crear aplicaciones existe una forma más fácil para emplear los procesos de creación y elaboración de aplicación más flexibles y confiable que es el Middleware. Middleware proporciona una solución a programadores que buscan integrar servicios y aplicaciones mediante una interfaz de usuario común, permitiendo reducir la

complejidad de determinadas aplicaciones y garantizando una buena comunicación entre el software de la aplicación con la del sistema, ya que toda la infraestructura que incorpora la app es controlada por el middleware y son ocultas por el usuario, es como una capa oculta, y para disfrazar esta capa se utilizan las interfaces con un sistema operativo.

Además, beneficia la elaboración de aplicaciones implementando diferentes sistemas operativos móviles, entre las más populares se encuentran Android e Ios o también se da el caso en la web [98]. Asimismo, obtiene todo lo complejo que tiene internamente el sistema de hardware, y el desarrollador solo enfocaría en resolver aquellos problemas en lo que requiere de atención. Entre los middlewares más comunes tenemos en base de datos, servidores de aplicaciones, orientado a mensajería y web [99],[100]. Aplicado Middleware en Iot se puede configurar los accesos para proteger la privacidad de datos que son vulnerables [100].

Framework

Un framework, es un entorno de trabajo formado un conjunto de procesos que facilita los procesos de automatización dentro una aplicación móvil o web, sirve para escribir código utilizando lenguaje de programación, el más popular es java, con determinados archivos y directorios que permite organizar mejor tu código y así poder reutilizar ese código para futuras modificaciones. Además, permite tener un control total del código que se esté desarrollando, también para crear un proyecto se aplica diferente arquitecturas que nos ayuda a separar la parte lógica del sistema de esta manera ayuda a organizar mejor nuestro código y para ello el más utilizado es la arquitectura MVC (modelo, vista, controlador), es bueno escoger un framework que cumpla con las necesidades del proyecto a desarrollar y que ofrezca mejor comodidad y seguridad [101].

GUI

En toda aplicación web o móvil la interfaz es muy importante ya que es responsable de hacerle saber al usuario lo que hace tu aplicación, actualmente toda la información que se requiera lo encuentras en internet aprovechando los beneficios de las tecnologías que nos brinda. Empresas u organizaciones desarrollan software que tengan una buena

relación entre usuarios y computadoras u teléfonos inteligentes, para ello los desarrolladores piensan en GUI [102].

La Interfaz Gráfica de Usuario (GUI sus siglas en inglés) se define como un conjunto de botones, textos, gráficos con la finalidad de cumplir con las necesidades del beneficiario y pueda visualizar e interactuar con las computadoras o teléfonos, por ende, la implementación de una interfaz gráfica de usuario es fundamental para aquellas empresas u organizaciones que pretendan lanzar al mercado una aplicación o página web [103] .

Además, el planteamiento de una GUI influye mucho en el uso de una aplicación que permita cumplir con los requerimientos del usuario y debido a ello algunas aplicaciones han desarrollado un enfoque personalizado, por ejemplo, que pueda cambiar el tamaño de una letra u ocultar ciertos elementos que se encuentran en una barra superior, pero estas interfaces no quedan permanentes, porque todas las GUI no son únicas y no se conservan [103], [104].

- **Usabilidad**

La Usabilidad en un software es importante porque tanto los usuarios como los desarrolladores obtendrán un producto de alta calidad especialmente con la Interfaz de Usuario que cumpla con sus expectativas de satisfacción, efectividad y que sea eficiente, donde determine los objetivos que se desea alcanzar, cuando se refiere a satisfacción quiere decir que el usuario se sienta cómodo con el producto, en cuanto a efectividad es cuando el usuario hace algo que espera que lo haga, y finalmente eficiente indica que no debe surgir algún error cuando se realice alguna tarea por el usuario [102], [104].

- **Accesibilidad**

La accesibilidad también es uno de los factores para una determinada aplicación ya sea web o móvil, ya que aquí establece la interacción entre el usuario y la app intercambiando información y los sistemas interactúan con el usuario, donde tendrá acceso a toda la información que disponga la aplicación, si esto no se llega a cumplir, no se llegan a ejecutar sus objetivos específicos y pierde la usabilidad del producto del software. Este dispositivo estará disponible para cualquier persona y la GUI debe tener un diseño que sea entendible especialmente a personas mayores que tengan alguna discapacidad para

que pueda percibir y comunicarse con la web o app favoreciendo los requerimientos que disponga el cliente [105].

- ## Calidad

Para el desarrollo de un producto de software con una GUI de alta calidad es imprescindible para aquellas organizaciones o desarrolladores que pretenden lanzar al mercado un producto como estos, ya que se debe evaluar algunos parámetros con otras aplicaciones similares. Para saber si estas aplicaciones cumplen con todas las normas y que sean preciso, tienden a satisfacer una cantidad de métricas de calidad en los diferentes métodos de evaluación y estándares, por eso muchas organizaciones deciden por obtener certificados que ratifique esta calidad y en esto resalta la ISO/IEC 9126 y ISO/IEC 25000 debido a que posee gran acogida informático [106].

- **Fiabilidad**

La Fiabilidad consiste en que un productor de software debe de contar con todas las características para que mantenga un buen nivel de rendimiento y que cumpla con los requisitos de uso destinado para el usuario. Se encarga de mantener que la GUI y el dispositivo estén funcionando correctamente y que funcione de acuerdo cómo se ha diseñado tomando en cuenta la vida útil de la app equipado en ello [107].

- **Interactividad**

La interactividad consiste en determinar todos los requerimientos que posee para obtener una comunicación efectiva entre un grupo de usuarios con otros usuarios entre el dispositivo y la GUI que forma que pueda intercambiar información, donde el usuario pueda contar con toda la información necesaria, y realizar respectivas tareas [108].

- **Adaptabilidad**

La adaptabilidad es la capacidad que tiene la interfaz gráfica en que pueda ser cambiada en diferentes plataformas y entornos de trabajo empleando diferentes tecnologías actualizadas, pero sin afectar su funcionando y que siga cumpliendo con los requisitos del usuario para que el software pueda seguir siendo beneficio y que sea entretenido y fácil de usar [108].

1.1.8 Aplicaciones móviles IoT

Blynk app

Es una de las aplicaciones de Internet de las cosas (IoT) más potentes para diferentes dispositivos móviles, compatible tanto para Android como iOS permitiendo una comunicación directa con el cliente y para adquirirlo lo puedes encontrar en Play Store, además, se puede asociar con más de 400 tarjetas como por ejemplo Arduino, Esp8266, Esp32, Raspberry Pi, entre otras. Esta aplicación puede controlar al hardware de forma remota, visualiza la información de determinados sensores y lo mejor es que puedes diseñar o construir tu propia interfaz gráfica de usuario para tener el control usando varios widgest que solo debes arrastrarlos desde un menú lateral sin necesidad de codificación complicada para obtener un mejor funcionamiento de la aplicación de Blynk, cabe recalcar que las librerías de Blynk ayudan mucho con la comunicación de app permitiendo tener más enfoque al prototipo electrónico [109].

Características principales

- Tiene un conjunto de widgets disponibles fáciles de usar y manejar.
- Interacción directa con los pines sin requerir codificación.
- Monitoreo en tiempo real.
- Comunicación del dispositivo móvil con el hardware y servidor.
- Envió de notificaciones al correo electrónico.



Figura 32: Blynk App [110]

Arquitectura de Blynk para Arduino, Esp8266, RPi

Dentro de la aplicación de Blynk la plataforma de Blynk que está conectado bajo un servidor como se muestra en la Figura 33, que es responsable de todas las comunicaciones entre el teléfono y el hardware, se puede usar Blynk Cloud el cual lleva integrado por la aplicación, o puedes ejecutar un servidor privado de Blynk localmente pero este es un método complejo de integrar, de igual manera, como el resto de plataformas IoT requieren de bibliotecas que permiten la comunicación con el servidor y procesan todos los comandos entrantes y salientes [111].

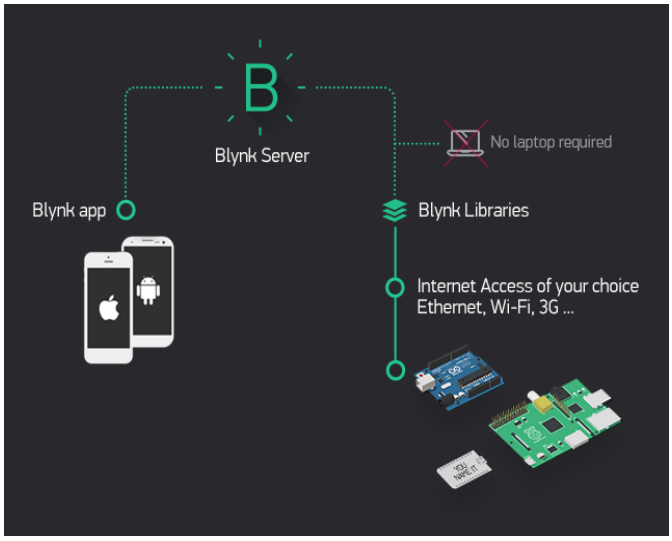


Figura 33: Arquitectura de Blynk [112]

Kaa IoT SDK Client

Es una tecnología middleware de código abierto para el desarrollo de proyecto IoT empresariales a cualquier escala, ofrece una plataforma IoT incluido una aplicación móvil compatible para sistemas operativos Android en la cual brinda soluciones numerosas en ámbitos como: comercio, deporte, telecomunicaciones, salud, entre otros. Esta aplicación esta anexada con Kaa IoT Plataform que es una plataforma en la nube por lo cual para desarrollar una interfaz gráfica para un debido monitoreo de los sensores debe ser diseñada desde el sitio web de KAA y con ello inicias sesión en la aplicación y con uso de la autenticación del proyecto ya creado se conecta y presenta de una vez la interfaz ya creada sin necesidad de recrearla de nuevo [113], para encontrar el SDK de esta

aplicación se lo descarga en el siguiente link: https://apkpure.com/es/kaa-iot-demo/org.kaaproject.livedemo.

Entre los puntos que caracterizan esta aplicación IoT:

- Ofrece la libertad de desplegar el proyecto e implementarlo a los servicios de Kaa como en máquinas físicas o virtuales a la nube pública.
- Usa protocolos IoT abiertos como MQQT Y CoAP.
- Presenta un soporte de puerta de enlace lo que significa que puede omitir por conectarse con el dispositivo directamente de forma individual donde otros dispositivos usan la misma conexión de este servidor.
- Es compatible con tarjeta Raspberry Pi y Arduino.
- Dispone de notificaciones SMS, Email.

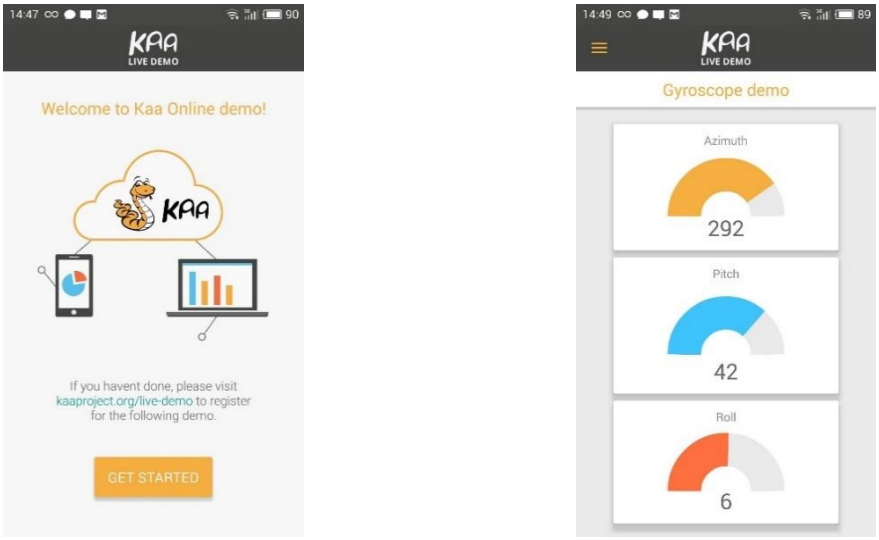


Figura 34: KAA IoT Sdk [114]

Arquitectura Kaa IoT Client

Como se muestra en la Figura 35, la aplicación de Kaa está conformada por una plataforma que facilita el desarrollo de diversas aplicaciones en un entorno IoT, para ello se usan los puntos finales denominados SDKs, que es como una librería embebida conectado al dispositivo, esta arquitectura dispone de endpoints que se comunica con el Gateway a través de diferentes protocolos como Bluetooth, o MQTT. El Gateway se presenta en la nube como una representación virtual en la nube del endpoint [115].



Figura 35: Arquitectura de Kaa [115]

Aplicación Arduino IoT Cloud Remote

Arduino acaba de lanzar su nueva aplicación Arduino IoT Cloud en agosto del año 2021 que se encuentra disponible de manera gratuita en Play Store para Android y iOS que brinda la capacidad de acceder, monitorear y controlar tus proyectos IoT independientemente. Para ello primero debes crear estos proyectos en la plataforma de Arduino IoT Cloud que es un servicio que permite crear aplicaciones de IoT con una combinación de tecnología inteligente, interfaces fáciles de usar y funciones de gran utilidad, realizando la codificación y la ejecución correspondiente directamente desde la nube ya que esta plataforma es de código abierto, además, te permite insertar las librerías que requieres gracias a Cloud editor, tiene su propio monitor serial para visualizar los flujos de datos que se producen al momento que la plataforma reconoce el dispositivo y el puerto con que se esté trabajando ya conectado, teniendo esto podemos crear un tablero de monitoreo desde el escritorio de la PC usando los widgets, este proyecto se conecta a la aplicación de Arduino IoT Cloud Remote y puede controlar tu proyecto usando esta aplicación, como por ejemplo tener el dominio completo de un robot o simplemente él envió de datos haciendo uso de sensores o actuadores utilizando esta app [116].

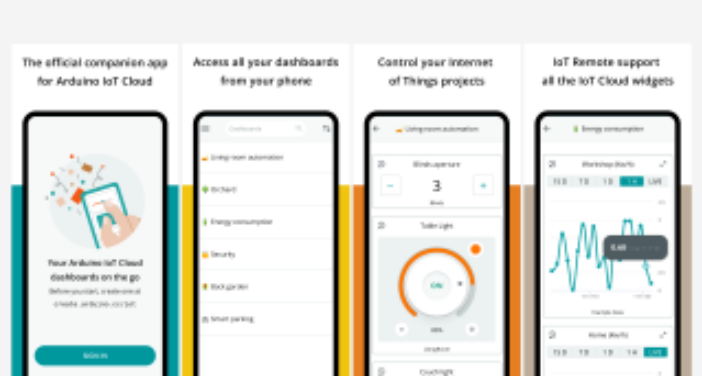


Figura 36: App Arduino IoT cloud [117]

En la Tabla 13 se puede observar la comparativa de Aplicaciones IoT según sus características correspondientes.

Tabla 13: Comparación entre las aplicaciones IoT [109], [113], [116].

Aplicaciones IoT

Características	Blynk App	Kaa SDK	Arduino IoT Cloud Remote
Codificación	No requiere	Si requiere	Si requiere
Rendimiento	Rápido	Lento	Rápido
Aprendizaje	Fácil	Complejo	Medio
Popularidad	Mucha	Medio	Medio
Plataforma	Independiente	Dependiente	Dependiente
Documentación	Mucha	Poca	Poca
Compatibilidad para sistemas operativos Android y iOS	Sí	No	Si
Almacenamiento de datos	1 semana	200MB	100 MB
Cantidad de mensajes	Ilimitado	Limitado	Limitado
Tiempo de compilación	Ilimitado	Ilimitado	200 s/día

1.1.9 Norma ISO/IEC

Las normas ISO fueron implementadas por la Organización Internacional de Estandarización, con la finalidad de asegurar que los productos o servicios puedan cumplir con sus objetivos a alcanzar. Existe una comunidad enorme quienes utilizan estas normas por lo cual las normas ISO representan de una u otra forma la manera de acceder a mercados internacionales y nacionales, además, que en la actualidad existe más de 19.500 normas [118].

Familia de la ISO/IEC 25000

La familia de la norma ISO/IEC 25000, son también conocidas como las normas SQueaRE o por su traducción en sus siglas en inglés (Requisitos de calidad y evaluación de sistemas y programas informáticos), la cual tiene como objetivo principal el desarrollo de un macro para la evaluación de calidad de productos o servicios que estos pueden tener [119]. El conjunto de normas que conforma esta familia ISO/IEC 25000, se divide en cinco grupos, de los cuales estos fueron los resultados de una evolución de normas de calidad anteriores como: ISO/IE 9126 y la ISO/IEC 14598, siendo estas las esenciales porque se enfocan en aspectos como los modelos de calidad del producto de software y sus procesos de evaluación, en la Tabla 14 se puede observar la división de grupos de la familia ISO/IEC25000 [120], [121].

Tabla 14: Divisiones de la familia de las ISO/IEC 25000

División	Descripción
ISO/IEC 2500n – División de Gestión de Calidad	Fue el primer conjunto de normas que está conformado por modelos, términos, requisitos e incluso conceptos que hacen referencias a las demás normas SQueaRE.
ISO/IEC 2501n – División de Modelo de Calidad	Representa los modelos de calidad especificando sus características principales tanto las internas como externas además del uso del software.
ISO/IEC 2502n – División de Medición de Calidad	Abarca este modelo al ser empleado como una referencia, al ser utilizado para evaluar la calidad de los productos software y/o sistemas. Además, posee un conjunto de métricas para evaluar la calidad de uso, la calidad de los datos y las métricas recomendadas para un servicio.
ISO/IEC 2503n – División de Requisitos de Calidad	Constituye los requerimientos de calidad que se pueden usar en base a los modelos y medidas de calidad. En esta división presenta un conjunto que solo toma en

	cuenta con la ISO/IEC 25030 que se denomina Requisitos de calidad
ISO/IEC 2504n – División de Evaluación de Calidad	En este apartado contiene normas, requerimientos y algunas recomendaciones, para llevar a cabo la evaluación de un producto, las mismas que pueden ser evaluadas por usuarios finales e incluso por desarrolladores. Las normas que se encuentran incluidas en esta división son: • ISO/IEC 25040 – Modelo y guía de referencia de evaluación. • ISO/IEC 25041 - Guía de evaluación para desarrolladores, adquirentes y evaluadores independientes. • ISO/IEC 25042 – Módulos de evaluación. • ISO/IEC 25045 – Módulos de evaluación para recuperación
ISO/IEC 25050 - ISO/IEC 25099	Estos grupos de normas se centra a otras normas e informes técnicos que lleguen a alcanzar puntos específicos o en su defecto llegar a perfeccionar otras normas que pertenezcan a la familia de normas SQueaRE.

La familia ISO/IEC 25000 como sabemos conforma un amplio conjunto de normas que se utilizan para evaluar la calidad de un producto de software y/o servicio, a continuación, en la Tabla 15 se presenta la familia de normas de la ISO/IEC 25000.

Tabla 15: Descripción de la familia de normas ISO/IEC 25000

Norma	División	Descripción
ISO/IEC 25000	ISO/IEC 2500n - División de Gestión de Calidad	También llamado como "Guide to SQuaRE", facilita un guía para el uso de estándares internacionales para una respectiva evaluación de calidad a un producto y/o servicio.
ISO/IEC 25001	ISO/IEC 2500n - División de Gestión de Calidad	La norma "Planning and Management", demuestra los marcos principales para una correcta orientación y gestión de la evaluación de productos y/o servicios.
ISO/IEC 25010	ISO/IEC 2501n - División de Modelo de Calidad	Esta norma representa un conjunto de características las cuales son encargados de evaluar la calidad del software.
ISO/IEC 25012	ISO/IEC 2501n - División de Modelo de Calidad	A diferencia de la norma anterior, esta norma describe los modelos para evaluar la calidad de los datos que forma el sistema de información.
ISO/IEC 25020	ISO/IEC 2502n - División de Medición de Calidad	Esta norma es encargada de posicionar los modelos referenciados para la medición en cuanto a la calidad de un producto y/o servicio.
		Haciendo una diferencia de la norma ISO/IEC 25021 con ISO/IEC 25010, menciona los

ISO/IEC 25021	ISO/IEC 2502n - División de Medición de Calidad	elementos para la medición de la calidad que son esenciales para la elaboración de mediciones de calidad a un software, ya sea una representación estática, de comportamiento o incluso medir los beneficios que posee el software.
ISO/IEC 25022	ISO/IEC 2502n - División de Medición de Calidad	Muestra las métricas definidas específicas para efectuar la medición de la calidad referente a la utilización del producto.
ISO/IEC 25023	ISO/IEC 2502n - División de Medición de Calidad	Establece las métricas para hacer la evaluación en cuanto a la calidad de productos y sistemas de software.
ISO/IEC 25024	ISO/IEC 2502n - División de Medición de Calidad	Esta norma describe los parámetros empleados para la evaluación de calidad de datos de productos y/o servicios.
ISO/IEC 25030	ISO/IEC 2503n - División de Requerimientos de calidad.	Abarca requisitos de calidad que conforma un conjunto de recomendaciones, estas pueden ser aplicadas al momento de especificar requisitos de calidad.
ISO/IEC 25040	ISO/IEC 2504n - División de Evaluación de Calidad.	En esta norma plantea algunos modelos para realizar la evaluación, estos modelos analizan aspectos como: restricciones y recursos, de las

		cuales son contemplados como datos de entrada para los procesos de la evaluación.
ISO/IEC 25041	ISO/IEC 2504n - División de Evaluación de Calidad.	Establece una guía de evaluación para desarrolladores y evaluadores independientes, algunas de estas recomendaciones y requisitos pueden ser utilizados para la evaluación de productos.
ISO/IEC 25042	ISO/IEC 2504n - División de Evaluación de Calidad.	Adicionalmente a las normas anteriores, esta norma muestra las directrices para la definición de un modelo de evaluación y documentación.
ISO/IEC 25045	ISO/IEC 2504n - División de Evaluación de Calidad.	En este apartado hace referencia a la realización de una evaluación estableciendo una característica especifica como lo que es la "recuperabilidad"

Normativa a considerar estándar ISO/IEC 25012

La calidad de los datos es un factor clave para todo producto y/servicio, ya que proporciona la información de manera adecuada para la comunicación, procesamiento e interpretación. La norma ISO/IEC 25012 describe un modelo general de calidad para aquellos datos que se encuentran estructurados dentro de un producto, y tiene como fin presentar una visión integrada para garantizar la interoperabilidad de los sistemas, esta norma se encuentra conformada por un conjunto de características, las cuales se clasifican en dos grupos [122],[123].

Calidad de Datos Inherente

Es el grado con el que las características tiene la capacidad de satisfacer las necesidades establecidas e indispensables cuando los datos son usados bajo condiciones específicas. Desde una perspectiva inherente, la calidad de datos hace relación a:

- Valores de datos para el dominio y posibles restricciones.
- Relaciones entre valores de datos.
- Metadatos

Calidad de datos dependiente del sistema

Es el grado en el que la calidad de los datos es adeudada a través de un producto haciendo uso de ello, además, que desde una perspectiva a la calidad de datos depende mucho de la tecnología en la que los datos se usan y alcanza los requerimientos que componente el producto tales como: dispositivo de hardware y software. El modelo de calidad propuesto por la ISO/IEC 25012 se encuentra conformado por quince características de calidad como muestra en la Figura 37.

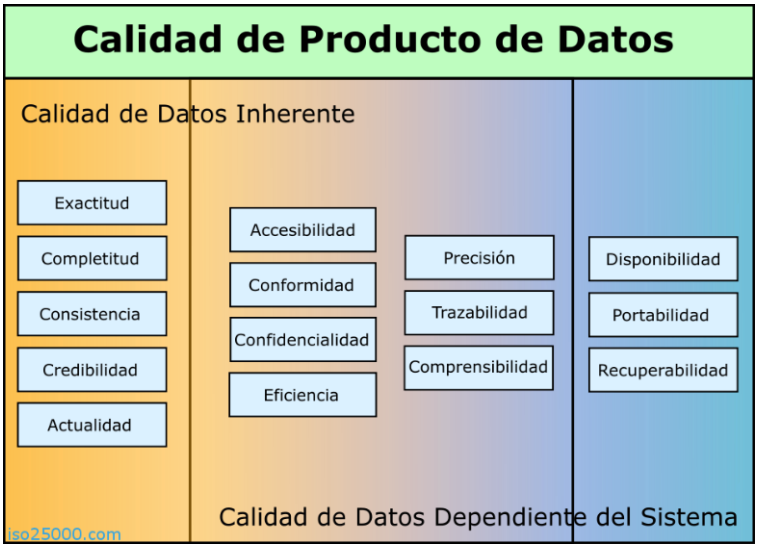


Figura 37:Características de calidad según la norma ISO/IEC 25012 [123]

A continuación, en la Tabla 16 están descritas cada de una de las características que corresponde a la norma ISO/IEC 25012.

Tabla 16: Descripción de las 15 características de la norma ISO/IEC 25012 [123]

Característica	Categoría	Descripción
Exactitud	Calidad de datos inherente	Se enfoca en representar que los datos estén correctamente con el valor deseado.
Completitud	Calidad de datos inherente	Se encarga que los datos que son necesario lleguen con la información completa.
Consistencia	Calidad de datos inherente	Muestra el grado con el que los datos tenga coherencia comparando otros datos en un concepto especifico.
Credibilidad	Calidad de datos inherente	Define la autenticidad en que los datos sean ciertos y creíbles en un contexto especifico.
Actualidad	Calidad de datos inherente	En este punto se demuestran que los datos se encuentren actualizados de manera automática.
Accesibilidad	Calidad de datos inherente y Dependientes del sistema	Cuando hace referencia a accesibilidad, se trata en que la información pueda ser accedido por cualquier persona usando tecnologías como apoyo.
Conformidad	Calidad de datos inherente y Dependientes del sistema	En este apartado se verifica que los datos respectivos cumplen con los estándares, convenciones o normativas.
Confidencialidad	Calidad de datos inherente y Dependientes del sistema	Se enfoca en asegurar que los datos sean accedidos e

		interpretados por usuarios específicos autorizados.
Precisión	Calidad de datos inherente y Dependientes del sistema	Quizás uno de los parámetros más esenciales desde un punto de vista personal, dado que analiza el grado de exactitud en un contexto especifico.
Trazabilidad	Calidad de datos inherente y Dependientes del sistema	En este punto se determina si los datos distribuidos tienen un registro de acontecimientos que los modifica.
Comprensibilidad	Calidad de datos inherente y Dependientes del sistema	Define si los datos pueden ser leído e interpretados por cualquier tipo de usuario.
Disponibilidad	Calidad de datos dependientes del sistema	Especifica el grado en que los datos pueden ser obtenido sea por usuarios y/ aplicaciones o plataforma autorizadas.
Portabilidad	Calidad de datos dependientes del sistema del sistema	Detalla si los datos pueden ser copiados, eliminados al realizar un cambio en el sistema.
Recuperabilidad	Calidad de datos dependientes del sistema	Se comprueba que los datos pueden preservan un nivel de operaciones a causa de fallos.

1.2 Antecedentes

A continuación, se presenta los resultados de la exploración de la literatura relacionada directamente con el objeto de estudio (“Interfaz Gráfica de Usuario para el monitoreo en tiempo real de parámetros fisiológicos no invasivos”). Dichos estudios fueron recuperados luego de realizar una exploración de la literatura que estuvo fundamentada en una cadena de investigación científica descrita como sigue: ("respiratory monitoring system"), ("respiratory monitoring system") AND (“mobile phones”), ("respiratory monitoring system") AND (“arduino”), ("cardiac monitoring system"), ("cardiac monitoring system") AND (“wireless”), ("respiratory monitoring system ") AND (“wireless”). Esta cadena fue aplicada en diferentes bases de datos documentales y bibliotecas digitales como: IEEEXplore, Scopus, ACM y Springer Link. Se recuperaron 35 estudios de los cuales 8 fueron seleccionados porque se relacionan íntimamente en la temática estudiada. Además, se los consideraron porque fueron publicados en los últimos cincos años, esto es, línea de investigación a partir del año 2015 hasta el 2020.

Los criterios que se han usado para describir los estudios relacionados son hardware, software libre y el alcance de la aplicación o dispositivo.

La primera investigación propuesta por Rodríguez, Postolache, Cercas, 2019 [124] “*Wireless Sensor Network for Cardiac Activity Monitoring*”, tuvo como objetivo diseñar una silla de uso diario implementando sensores inalámbricos, para monitorear la frecuencia cardiaca y la calidad del aire en tiempo real, en la cual utilizaron varios instrumentos de hardware y software libre como son los sensores PPG, que sirven para determinar la frecuencia cardiaca y los ECG para extraer las señales de variabilidad de la frecuencia cardiaca.

Para la trasmisión de datos utiliza un Raspberry Pi y para la visualización de la información implemento una app web. Su dispositivo fue fiable y de confianza generando muy buenos resultados siendo de importancia para aquellas personas que sufren de hipertensión alta o baja.

Un segundo estudio realizado por Patil, Madankar, Khandait 2019 [125], "*Heart Rate Monitoring System*", diseñó un cinturón electrónico voluble para controlar constantemente el pulso y la temperatura corporal del cuerpo, como hardware empleó un microcontrolador Wemo similar al Arduino pero más pequeño que cumple las mismas funcionalidades, para la demostración de los datos de los pacientes incorpora una pantalla LCD y como software implementa los mismos sensores del primer estudio, la diferencia es que utiliza sensores GMS para generar alerta cuando los latidos del corazón son bajo o alto, entonces envía mensaje de SMS al número introducido al sistema mientras que en el [124], produce una alerta cuando el usuario se encuentra en ambientes no seguros por medio de un sensor WSN, que es capaz de monitorear estos parámetros fisiológicos en la vida ambiental de las personas.
El proyecto fue de gran importancia y cumple con las expectativas propuestas permitiendo a los pacientes estar seguros, no es recomendable para el uso en hospitales, pero si lo pueden adquirir en sus hogares.

En un tercer estudio manifestado por Murali, Swathi 2020 [126], "*Pulse Oximetry and IOT based Cardiac Monitoring Integrated Alert System*", tiene como propósito el diseño de un pulsioxímetro basado en IoT para dar seguimiento a determinados parámetros fisiológicos especialmente la SpO2, frecuencia cardiaca y la presión arterial, por lo cual usaron un software GPS para obtener las coordenadas exactas del paciente y ciertos sensores ya descritos en el segundo estudio [125], como GMS y el PPG. Con la ayuda de un nuevo sensor que incorpora este prototipo que es el GPRS que sirve para conectarse con el GMS donde genera una alerta, llama a emergencias y envía un mensaje de texto a los familiares más cercanos del paciente y con ello se lo implementa al desarrollo de una aplicación móvil.

Así mismo en el hardware emplearon un microcontrolador Atmega32 que sirve para la recopilación de datos de manera rápida y sencilla, como su nodo principal y el más esencial está el módulo SIM800L cuya función primordial es comunicarse con el sensor GPRS y enviar esta información a la nube, siendo indispensable cuando se trata de diseños pulsioxímetro. Los datos obtenidos son emitidos y visualizados en una pantalla LCD donde el paciente pueda saber su estado de salud. Este artefacto es eficaz para aquellas personas que sufren de trastorno de sueño (EPOC) y se realizaron pruebas que lo confirman.

En el cuarto estudio señalado por Castellanos, Guadalupe, Reyes, Sánchez, 2019 [21] "*Low cost Pulse Oximeter using Arduino*", desarrollaron un pulsioxímetro de bajo costo y sencillo que evalúa los mismos parámetros mencionado en [126]. De igual manera usa ciertos artefactos de hardware y software libre como es el caso de los sensores y el Atmega32 con la diferencia que no integra un sistema de alerta, usaron una pantalla OLED de 128x64 para mejor visualización de las ondas pletismográfica, para la construcción de la placa que servirá para el diseño del pulsioxímetro manejaron un programa de software libre llamado Eagle, además para perfeccionar su dispositivo colocaron 4 LEDS que ayuda para que realice los cálculos de saturación de oxígeno y frecuencia cardiaca y poder diferenciarlos. Los resultados fueron buenos porque cumple sus expectativas, pero tiene ciertas fallas ya que tiene un porcentaje de error con los datos y no llegan a ser exactos debido a que el paciente tiende a moverse y comprobaron que no daba resultados adecuados.

En el quinto estudio ratificada por Serrano, 2017 [127] "*Diseño e Implementación de un Pulsioxímetro*", cuyo propósito es la construcción de un prototipo digital basado en el procedimiento de un pulsioxímetro y comprueba los mismos parámetros fisiológicos descritos en [21]. De igual manera utiliza los mismos sensores agregando un sensor nuevo y novedoso que es sensor óptico de marca Nellcor que regulará la luz que se trasmite. Para el diseño de la placa electrónica y las respectivas simulaciones usaron software libre como Candace, Ordcad Pspice y PCB Editor. Como hardware el Arduino Uno que sería el elemento principal para este proyecto ya que permite leer la información y procesar estos valores como la frecuencia cardiaca y la saturación de oxígeno, insertaron una pantalla LCD que muestra el porcentaje de SpO2 y los latidos del corazón transformados en ondas en tiempo real. Los investigaron desarrollaron una aplicación móvil hecho en Android Studio donde el paciente tiene la oportunidad de almacenar todos sus registros semanalmente y con esto tiene un control de cómo va su estado de salud.

En el sexto estudio analizada por Trivedi, Cheeran, 2017 [34] "*Android based health parameter monitoring*", tiene como finalidad la realización de un dispositivo que sirve para monitorizar la frecuencia cardiaca y la temperatura corporal, para ello implementaron el sensor PPG y el sensor de temperatura(LM 35), para verificar el estado de la frecuencia cardiaca y la temperatura del paciente. En hardware usaron Arduino Uno, para que obtenga la información trasmitida por los sensores, y con la ayuda de un módulo

Bluetooth envía estos datos emitidos por el Arduino para que los pueda visualizar en la aplicación móvil que fue desarrollado por Android Studio. El usuario tiene la oportunidad de saber si en el transcurso del año en distintas ocasiones puede ocurrir alguna enfermedad específica, donde pueda tomar las medidas pertinentes solicitando una cita médica a tiempo. La aplicación tuvo resultados aceptables para que pueda ser usado por personal médico y sirve para aquellas situaciones de pandemia o cualquier otra emergencia.

En un séptimo estudio verificada por Chen, 2018 [128] "*A Novel Cardiac Auscultation Monitoring System Based on Wireless Sensing for Healthcare*", plantea un dispositivo inalámbrico para controlar, evaluar y analizar la frecuencia cardiaca. Por lo cual usaron software y hardware libre más actuales, novedosos, como es el caso de los sensores que detecta el sonido del corazón donde incorpora un microchip para que pueda descubrir cualquier sonido cardiaco en el cuerpo. También integraron un sensor HKY-06B que sirve para transformar las señales débiles que son emitidas por el sonido del corazón a señales eléctricas. Manejaron un microcontrolador 8051 con una RAM 8kB que mejora estas señales eléctricas enviadas por el sensor HKY-06B. Para representar esta información técnicamente realizaron una app similar al estudio [34] descrito anteriormente, con la diferencia de que genera unos gráficos de ondas del sonido en tiempo real e incluso estos datos pueden ser trasmitidos y enviados a un ordenador con la información eficaz.
El sistema de monitoreo resultó ser bueno ya que cumple con su propósito que es analizar los sonidos del corazón y tiene gran importancia para realizar pruebas clínicas basado en este tipo de temáticas.

Finalmente, en el octavo estudio afirmada por Leelipuspham Paulraj, 2020 [129] "*A Cost Effective Framework for Heart Signal Monitoring System*", el objetivo de este estudio es realizar un sistema que controla los parámetros cardíacos por medio del fono cardiograma para detectar los sonidos cardíacos donde aplica los mismos sensores de estudios descritos anteriormente, esta investigación pretende eliminar el ruido y las señales que se interponen cuando quieren obtener el sonido cardíaco, además que para que pueda clasificar la calidad de la señales y el sonido del corazón usan un algoritmo SVM que está conectado al sensor PCG. Para tener mejores resultados, incorporaron al dispositivo un estetoscopio digital para regular los sonidos del corazón y para visualizar estos datos que

son enviadas por las señales PCG desarrollaron una aplicación llamada Think Labs Audity. La aplicación tiene un sistema de alerta cuando el paciente está en situaciones de emergencia y recibe una notificación a sus familiares más cercanos y a su médico en particular a través del aplicativo móvil. Los resultados de esta investigación fueron buenos y determinaron que cualquier paciente puede chequearse por sí solo y poder darse si presenta alguna enfermad cardíaca y es más efectivo ya que esta desarrollado con aprendizaje automático y da predicciones más eficientes.

De acuerdo, con los estudios que se describieron anteriormente en base a proyectos relacionados la gran mayoría de ellos monitorean parámetros similares. La investigación es factible por las siguientes razones: es innovador porque cuenta con una interfaz gráfica de usuario amigable, y lo más importante es que va a monitorear los signos vitales en tiempo real dirigido a personas sanas que puedan obtener una vida saludable.

1.3 Fundamentos legales

Dentro de las leyes que respalden la fiabilidad de este proyecto de investigación que está comprendida especialmente en la salud, se estipula las siguientes normativas o legislaciones vigentes hasta la fecha del Ecuador: Ley Orgánica de Emprendimiento e Innovación [130], Ley Orgánica de la Salud [131], Ley Orgánica de Telecomunicaciones [132] y Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación [133].

En la Ley Orgánica de Emprendimiento e Innovación correspondiente al capítulo 2 titulado "Políticas Públicas e Institucionalidad del Emprendimiento", mediante el Art.6 menciona que "el Consejo Nacional para el Emprendimiento e Innovación – CONEIN es un organismo permanente y estratégico para promover y fomentar el emprendimiento, la innovación y la competitividad sistémica del país" [130]. Esta ley, favorece a promover e impulsar el emprendimiento, y al mismo tiempo beneficiaría a el proyecto porque ayudaría a desarrollar la comercialización de un prototipo electrónico para monitorear parámetros fisiológicos, mismo que cooperaría con los pacientes con enfermedades preexistentes, y cuyo costo será cómodo y accesible para todos.

Acerca de la Ley Orgánica de la Salud en el libro N°5 titulado "Investigación científica de la Salud y Sistemas de la información de la salud", en el capítulo uno, Art.208 estipula que "la investigación científica tecnológica en salud será regulada y controlada por la autoridad sanitaria nacional, en coordinación con los organismos competentes, con sujeción a principios bioéticos y de derechos, previo consentimiento informado y por escrito, respetando la confidencialidad" [131]. Esta ley, hace referencia a que todos los proyectos médicos deben estar coordinados con los organismos y autoridades competentes de la salud, la información que es captada por el prototipo propuesto estará basado con fines previos a la investigación, y reguladas bajo los principios éticos de la salud pública.

Sobre la Ley Orgánica de Telecomunicaciones del Título 10 "Sociedad de la Información y del Conocimiento y del Servicio Universal" del capítulo titulado "Promoción de la Sociedad de la Información y del Conocimiento", en su Art.89 indica que:

> El Servicio Universal constituye la obligación de extender un conjunto definido de servicios de telecomunicaciones, a todos los habitantes del territorio nacional, con condiciones mínimas de accesibilidad, calidad y a precios equitativos, con independencia de las condiciones económicas, sociales o la ubicación geográfica de la población [132].

Esta ley nos indica que, es obligatorio que el gobierno de acceso a toda la población a tener internet en todos los rincones del país, cosa que no es así, ya que en la actualidad muchos ecuatorianos no tienen acceso al mismo. Para la realización del prototipo propuesto en la investigación, el paciente debe contar con un móvil, que tenga el internet perenne para el constante monitoreo de su presión y parámetros fisiológicos y es un deber inaudible que los gobiernos atiendan este pedido que es necesario en toda la sociedad.

El siguiente punto trata del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación del libro N°3 titulado "De la Gestión de los Conocimientos" en el capítulo número 2 del Apartado Segundo cuyo nombre "De las tecnologías libres y formatos abiertos", Art.142 menciona que: "Se entiende por tecnologías libres al software de código abierto, los estándares abiertos, los contenidos y el hardware libres. Los tres primeros son considerados como Tecnologías Digitales Libres" [133]. Esta ley plantea, la utilización y propuesta del hardware y software libre para el desarrollo de determinados proyectos tecnológicos y electrónicos, para este proyecto se pretende emplear programas de software libre para evitar la piratería o el robo de información, ya que este elemento será importante para poder evidenciar los parámetros fisiológicos del paciente y además el almacenamiento de la información. En cuanto al hardware libre es útil por la disponibilidad, su precio es accesible y es de fácil uso para poder llevar a cabo la elaboración del prototipo.

CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA

2.1 Delimitación

Este proyecto se realizó explícitamente para evaluar y desarrollar un prototipo electrónico con el fin de monitorear parámetros fisiológicos a pacientes de cualquier edad, desde personas jóvenes hasta adultos mayores, que se llevó a cabo en la ciudad de Esmeraldas, Ecuador para la cual se desarrollaron pruebas experimentales de laboratorio elaborado por su autora. Se estableció un plazo estimativo de 9 meses para elaboración de éste, inició desde mayo del año 2021 y culminó en enero del año 2022.

2.2 Tipos de investigación

A base de lo planteado en este proyecto de investigación y de acuerdo con los objetivos se ha considerado que este estudio se define como cualitativa, cuantitativa y de laboratorio.

La investigación cualitativa "es aquella que brinda una recolección completa de información con la que se quiere trabajar, está orientado en datos descriptivos además de la conducta de observación" [134]. Es investigación cualitativa debido a que el mismo se centra en la exploración de la literatura con la finalidad de obtener una mejor comprensión de las técnicas, estructuras y herramientas que fueron empleadas utilizando tecnologías IoT que integrará este prototipo electrónico.

La investigación cuantitativa "brinda técnicas mucho más estructuradas ya que se busca medir variables previamente establecidas y explicar lo que se observa" [135]. Esto es fundamental para la investigación ya que se tuvo que medir el nivel de precisión y cuantificar los datos numéricos obtenidos por los sensores que fueron empleados.

Asimismo, es de laboratorio. "La investigación laboratorio es una clase de investigación que va dentro de las metodologías de investigación científica y se desenvuelve en ámbitos con instrumentos y equipos, que ayudan al estudio a manipular el control de las variables" [136].

Fue importante emplear este tipo de investigación porque se realizaron pruebas del prototipo electrónico en la institución PUCESE, con la finalidad, de observar y analizar la efectividad de los datos.

2.3 Métodos de investigación

Se van a definir cuáles serán los posibles métodos de investigación y cómo se llevó a cabo el proceso de acuerdo con el tipo de investigación, es por ello qué se usaron los métodos inductivo, deductivo y experimental.

El método inductivo "es una estrategia de razonamiento que se basa en la inducción, para a partir de premisas particulares generar conclusiones generales" [137]. Esta técnica fue muy útil lo cual permitió obtener mucha información relacionada a la conectividad de sensores, plataformas y aplicaciones IoT existentes.

El método deductivo "es una estrategia de razonamiento empleada para deducir conclusiones lógicas a partir de una serie de premisas o principios" [138]. Este método permitió evidenciar los resultados más relevantes, determinar cuál ha sido el nivel de usabilidad, rendimiento, manejo del prototipo electrónico, entre otros.

El método experimental "es una técnica que se caracteriza por observar, manipular y registrar las distintas variables que afectan a un determinado fenómeno u objeto de estudio" [139]. Este método de estudio se lo utilizó para detectar si surgieron problemas durante los procesos de prueba y conocer el alcance del prototipo planteado en este estudio.

2.4 Población

La población para esta investigación está enfocada específicamente a los docentes que asistían presencialmente que son 150, se utilizó el muestreo estratificado porque se interesa conocer aquellos que tengan una edad entre 20 a 69 años obteniendo como resultado un muestreo de 27 docentes.

En la ecuación (1) se presenta la fórmula de población finita, que fue aplicada para esta investigación ya que se conoce la cantidad de docentes que trabajan de forma presencial en la universidad PUCESE.

La fórmula es de la siguiente manera:

$$\boldsymbol{n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N-1) + (Z_a^2 \times p \times q)}} \quad \textbf{(1)}$$

Donde:

N = tamaño de la población (150)

Z = nivel de confianza (95%)

p = probabilidad de éxito, o proporción esperada (0,3)

q = probabilidad de fracaso (0,3)

d = precisión (Error máximo admisible en términos de proporción) (0,10)

2.5 Operacionalización de las variables

En la investigación se implementaron tres tablas, las cuales fueron completadas a medida que avanzaba el proceso de la investigación, estas se visualizan a partir de la Tabla 17 a la Tabla 19 , en la cual cada variable tiene sus respectivas dimensiones e indicadores, en la primera variable cuenta con 2 dimensiones, la segunda con 4, y la tercera variable con 2. De igual manera, para la primera y tercera variable presentan 8 indicadores y la segunda tiene 7 indicadores, cada uno con sus respectivas descripciones.

Tabla 17: Cuadro de variables e indicadores

Variable	Descripción	Dimensiones	Indicadores	Descripción	Tipo de variable
Instrumentos para la implementación del prototipo electrónica	Nivel de desempeño que posee cada uno de los instrumentos que se utilizaran para el desarrollo y valoración del prototipo electrónico	Microcontrolador	Conectividad	Determina el nivel de conectividad (WI-FI) aplicado al prototipo electrónico.	Cuantitativa
			Memoria	Capacidad de memoria interna para el almacenamiento de datos.	Cuantitativa
			Compatibilidad	Determina el nivel de compatibilidad con los sensores empleados.	Cuantitativa
			Disponibilidad	Facilidad en la adquisición de este microcontrolador.	Cuantitativa
		Sensor	Factibilidad	Obtiene los datos deseados.	Cuantitativa
			Seguridad	Garantiza que el sensor no lastime a la persona.	Cuantitativa
			Compatibilidad	Se determina el nivel de compatibilidad con el microcontrolador a emplear.	Cuantitativa
			Tiempo de respuesta	Tiempo en que tarda el sensor para leer las lecturas del paciente.	Cuantitativa

Tabla 18: Cuadro de variables e indicadores

Variable	Descripción	Dimensiones	Indicadores	Descripción	Tipo de variable
Calidad del producto del hardware	Grado de satisfacción que conforma el producto de hardware para satisfacer las necesidades del usuario aportando un valor significativo.	Rendimiento	Margen de error	Mide el grado de imprecisión del prototipo para así determinar la exactitud de este.	Cuantitativa
			Tiempo de respuesta	Tiempo en que tarda el prototipo en mostrar los resultados.	Cuantitativa
			Funcionalidad	Asegura que el prototipo funciona con lo especificado.	Cuantitativa
		Usabilidad	Capacidad de ser usado	Mide la capacidad que tiene el hardware de ser controlado por el usuario.	Cuantitativa
			Robustez	Nivel de satisfacción del usuario en facilitar el cumplimiento de sus necesidades.	Cuantitativa
			Flexibilidad	Evalúa la capacidad que tiene el hardware en intercambiar información al usuario.	Cuantitativa

	Eficiencia	Consumo de recursos	Evalúa la cantidad de recursos y tipos de recursos que son utilizados cuando el hardware está en funcionamiento bajo las condiciones establecidas.	Cuantitativa

Tabla 19: Cuadro de variables e indicadores

Variable	Descripción	Dimensiones	Indicadores	Descripción	Tipo de variable
Calidad del producto de datos	Determinar la veracidad de los datos, es decir, que el hardware como tal brinde los datos reales que cumplan con un estándar	Calidad de datos inherentes	Exactitud	Grado en el que los datos representan correctamente el verdadero valor del atributo deseado.	Cuantitativa
			Consistencia	Determina el nivel de coherencia que tiene al ser comparado con otros datos.	Cuantitativa
			Credibilidad	Evalúa la capacidad que tienen los datos al ser considerado reales y creíbles.	Cuantitativa
		Calidad de datos dependientes del sistema	Accesibilidad	Hace referencia a que los datos puedan ser accedidos por los usuarios que necesiten de tecnologías de apoyo.	Cuantitativa
			Eficiencia	Evalúa que los datos puedan ser procesados y proporcionados con los niveles de rendimiento esperados mediante el uso de cantidades y tipos adecuados de recursos.	Cuantitativa
			Precisión	Este parámetro evaluara que los datos sean exactos o que proporcione una cercanía a datos reales.	Cuantitativa
			Comprensibilidad	En este punto se centra en que los datos puedan ser leídos e interpretados por el usuario.	Cuantitativa
			Disponibilidad	Es la capacidad que tienen los datos en ser obtenidos por el usuario o aplicaciones autorizados.	Cuantitativa

2.6 Técnicas de investigación

Las técnicas empleadas para esta investigación fueron: entrevista, encuesta, observación científica, y experimento.

Como primera técnica de investigación se empleó una entrevista, la cual, se solicitó la ayuda de un experto en el área médica, el Lcdo. José de la Rosa en enfermería que trabaja en la institución PUCESE con la finalidad de conocer desde su punto vista el nivel de aceptación de los datos proporcionados por el prototipo electrónico. Esta entrevista se llevó a cabo en el año 2021, para ello, se estableció un cuestionario con 8 preguntas abiertas y cerradas que se pueden observar en el Anexo 2.

La segunda técnica empleada dentro de la investigación consistió en una encuesta estructurada dirigida a los docentes de la PUCESE con el objetivo de conocer el uso y el grado de satisfacción que le dá al prototipo electrónico, así mismo se realizaron 10 preguntas cerradas las cuales se describen en el Anexo 1.

Además, se aplicó la técnica de observación científica, la misma que permitió observar los hechos que ocurren al momento de implementar los instrumentos del prototipo electrónico, y con ello verificar sí cumplen con las características requeridas. La observación científica se realizó de manera estructurada permitiendo evaluar algunos aspectos. A cada uno de estos aspectos se le asignó parámetros evaluativos del 1 al 5 donde: 1 es insuficiente, 2 regular, 3 aceptable, 4 bueno y 5 excelente. La ficha de observación se puede encontrar en el pie de página.[1]

También se usó una ficha de evaluación basándose en la norma ISO/IEC 25012, entre una de las características tenemos la exactitud, precisión, disponibilidad, entre otros, con la finalidad de medir la veracidad de los datos que proporciona el prototipo electrónico. La ficha de evaluación de la calidad de los datos del prototipo se detalla en el siguiente enlace. [2]

[1] Ficha de observación para el prototipo electrónico: https://documentcloud.adobe.com/link/review?uri=urn:aaid:scds:US:441074b6-e236-4dc3-a636-39ce648ed404

Por otra parte, al momento de evaluar el prototipo electrónico se ejecutó un determinado número pruebas en conjunto con la muestra presentada anteriormente, esto con el objetivo de obtener la recolección de datos de cada uno de los sujetos que conformarían la muestra, para ello, se creó una ficha de evaluación para el prototipo electrónico de manera estructurada en la que se evidencia cada uno de los parámetros a medir y los aspectos a considerar, además, para tener mayor confiabilidad de los datos se manejó la comparación de los datos proporcionado por el prototipo electrónico con uno médico. En el siguiente enlace se ubica la ficha experimental de recolección de datos para el prototipo electrónico. [3]

Adicionalmente, para evaluar la calidad del prototipo electrónico se diseñó una ficha de manera estructurada donde se determina cada uno de los aspectos a evaluar, con la finalidad de conocer si este prototipo puede cumplir de cierta manera las necesidades del paciente y tener un valor significativo para la sociedad. En el siguiente enlace se ubica la ficha para evaluar la calidad prototipo electrónico.[4]

2.7 Técnicas de procesamiento y análisis estadístico

Dentro de la investigación se enfoca en la estadística descriptiva que permitió resumir los datos obtenidos en la técnica de diseño experimental donde se podrá evidenciar el nivel de exactitud del prototipo.

Para una mejor visualización de los datos favoreció un análisis usando tablas de frecuencia y dinámicas. Se trabajó con tablas de frecuencia para representar los datos de manera cuantificada, se trabajó con promedios para diagnosticar sí el prototipo cumple con el objetivo deseado, de igual manera con tablas dinámicas y gráficos estadísticos para mostrar los resultados sobre la usabilidad y satisfacción del prototipo.

[2] Ficha de evaluación de la viabilidad de los datos del prototipo según la norma ISO 25012: https://documentcloud.adobe.com/link/review?uri=urn:aaid:scds:US:f7e5daa0-2c30-43ba-9ebe-3fe28f65943b

[3] Ficha de evaluación para la recolección de datos del prototipo electrónico: https://documentcloud.adobe.com/link/review?uri=urn:aaid:scds:US:d27820d5-c18d-467a-b9dd-5c2f7315a0ff

[4] Ficha de evaluación para evaluar la calidad del prototipo electrónico https://documentcloud.adobe.com/link/review?uri=urn:aaid:scds:US:23d7b35f-d6e4-428c-86bf-6e87e8f6bf15

2.8 Normas éticas

El presente estudio respeta todas las normativas establecidas en el reglamento de grado de la PUCESE con el objetivo de cumplir con las reglas que decreta la institución, el respeto de derecho de autor durante la recolección de información como documentos bibliográficos y libros, así mismo, se utilizará los derechos de licenciamientos de software libre que se usará para el funcionamiento del prototipo electrónico para el monitoreo de parámetros fisiológicos.

Los principios éticos de la salud para la comprensión del prototipo electrónico consideran los siguientes aspectos:

- **Respeto a la persona.** Las personas incluidas en este experimento deberán tener independencia en sus decisiones, ser autónomos y brindar los permisos para que se efectúe los experimentos, por otro lado, el investigador garantiza la seguridad e integridad de los datos que manejan.

- **Beneficencia.** Considerando que se trata de un área relacionada con la salud se debe realizar un análisis de riesgo para las personas que participen en el experimento.

- **Justicia.** La investigación por seguir deberá ser aplicada a todas las personas que integren la muestra para que tengan la oportunidad de ser seleccionadas y beneficiadas en el cuidado de la salud de manera ecuánime para todos los extractos sociales.

- **Validez Científica.** Esta investigación determinará que todos los resultados que se obtengan serán válidos y tendrán un grado de hermetismo y se evitará que sean manipulados con la finalidad de que este proceso sea satisfactorio para la comunidad beneficiaria.

CAPÍTULO 3: RESULTADOS

3.1 Principales métodos para medir parámetros fisiológicos

Esta fase consistió en determinar los sensores necesarios para la investigación, se aplicó el sensor Mlx90614 que mide la temperatura corporal donde obtiene las lecturas sin entrar en contacto con el paciente, además, del sensor Max30100 detecta SpO2 y BPM, esto es vital para la investigación dado que de esa forma se puede determinar si el paciente se encuentra bien de salud o tiene algún problema.

3.2 Medio de transmisión para parámetros fisiológicos

Después de realizar una comparativa con los determinados microcontroladores mencionados anteriormente, se llegó a la conclusión de utilizar el NodeMCU Esp8266 v3 Lua dado que cumple con los requisitos necesarios para el desarrollo de los objetivos planteados, y resalta sus características como: su diseño compacto, conexión en serie entre dispositivos, fácil compatibilidad con los sensores y su fácil conectividad de la red Wi-Fi ya que este sería un dato esencial, además, emplea comunicación I2C la cual dirige los sensores mencionados anteriormente.

3.3 Diseño y elaboración del prototipo electrónico

Se elaboró e implementó el diagrama correspondiente al funcionamiento lógico del prototipo, como se muestra en la Figura 38, donde se visualizan los componentes del prototipo los cuales se agrupan en 4 bloques lógicos: parámetros fisiológicos, obtención de datos, transformación de datos y visualización de datos. El primer bloque corresponde a los parámetros fisiológicos, se encuentran las variables que serán obtenidas cuando se utilice el prototipo. El segundo bloque, se basa en la obtención de datos que está conformado por dos módulos que constituyen toda la parte del hardware, siendo estos el sensor Mlx90614 para la temperatura, el sensor Max30100 para obtener la frecuencia cardíaca y oxigenación, como tercer bloque se encuentra el microcontrolador NodeMCU Esp8266 v3 Lua, siendo este el encargado de la conectividad Wi-Fi, procesar los datos y posteriormente él envió de los datos que serán visualizados dentro de la interfaz gráfica de usuario y servidor, como cuarto y último bloque se encuentra la visualización

de datos de manera remota, esto se lo realiza gracias la pantalla oled y no requiere de conectividad de Wi-Fi.

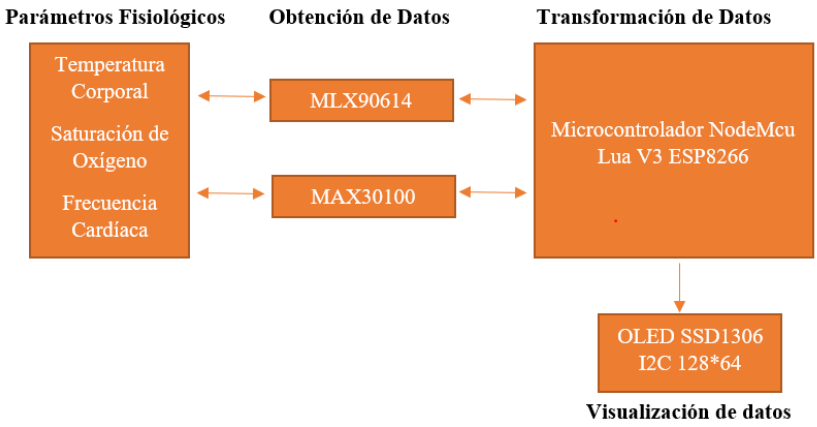


Figura 38: Diagrama de bloques del prototipo electrónico.

Fuente: Elaboración propia.

Con la finalidad de evitar fallos al realizar la implementación del prototipo, se diseñó un esquemático lógico para el circuito, el mismo que se presenta en la Figura 39.

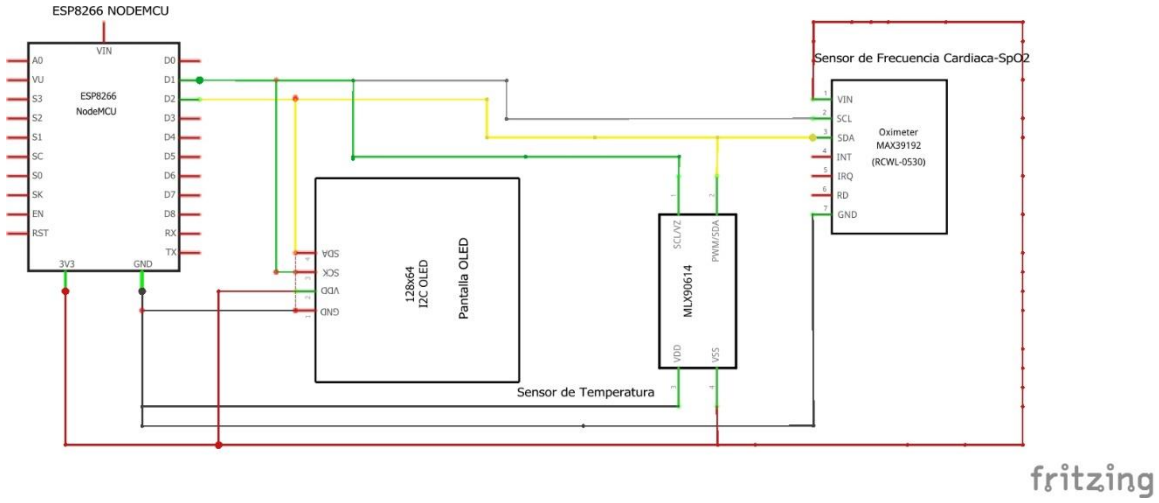


Figura 39: Diseño y esquematización del prototipo electrónico.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 40 se detalla el funcionamiento del prototipo, en donde el paciente es el más importante ya que proporciona la información de cada uno de los parámetros fisiológicos que se midieron, de esta manera estas lecturas serán obtenidas por los sensores seguido del microcontrolador donde interactúan entre si con la ayuda del protocolo I2C, con esto el

microcontrolador ejecuta una serie de acciones predefinidas en el código fuente y al mismo tiempo él envió de datos al servidor de Cayenne a través de los brókers MQTT que son aquellas que se encargan de gestionar y controlar el dispositivo IoT para que así pueda ser mostrado en el tablero de Cayenne y ser almacenado, además, contiene notificación de alarma previamente configurado en el servidor, de igual manera esta información es remitida a la aplicación de Blynk mediante un token que obtendrá una conexión directa con el prototipo electrónico permitiendo la visualización de los parámetros en la GUI de Blynk app, para que pueda establecer un monitoreo en tiempo real tanto en la aplicación de Blynk como en el servidor de la nube, se requiere la conexión de Wi-Fi y para ello hace uso del protocolo de comunicación TCP/IP ya que este viene integrado en el microcontrolador Esp8266 y así pueda tener acceso a una red, además, permite que el prototipo electrónico pueda estar en cualquier lugar con acceso a internet permitiendo al paciente chequear sus parámetros fisiológicos o de manera remota.

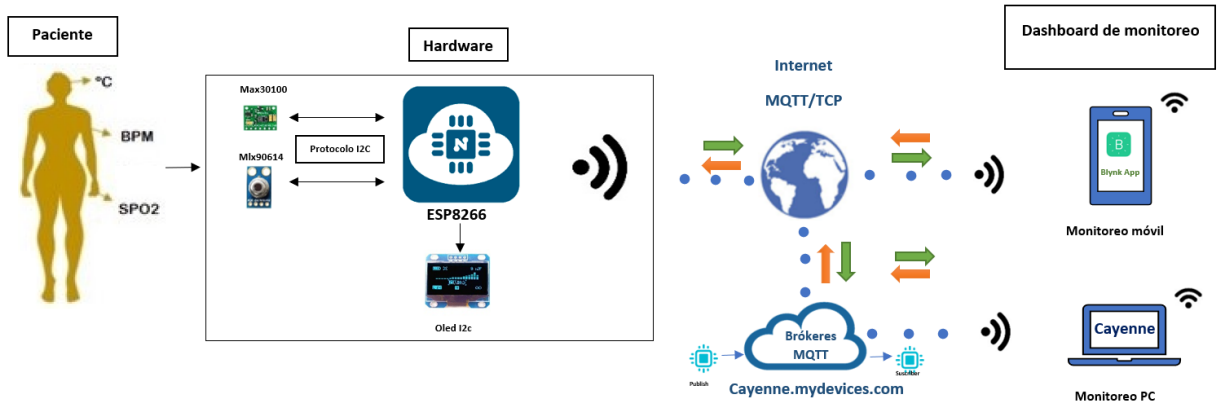


Figura 40: Funcionamiento lógico de prototipo electrónico.

Fuente: Elaboración propia

3.4 Implementación del prototipo

El método de observación empleada en la investigación se basó según los parámetros más relevantes para cada instrumento a emplear, siendo estas las características seleccionadas como se puede observar en la Figura 41.

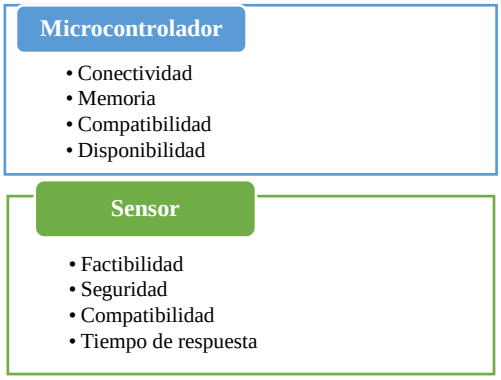


Figura 41: Criterio de evaluación para las herramientas a utilizar

Para conseguir una mejor comprensión de los resultados, se implementó una tabla de valoración como se muestra a continuación Figura 42.



Figura 42: Valoración escalar para los aspectos a evaluar

Tabla 20: Tabla de resultados de la evaluación Esp8266

Microcontrolador Esp8266

Aspectos para evaluar	Valoración				
	1	2	3	4	5
Conectividad					●
Memoria				●	
Compatibilidad					●
Disponibilidad					●

Una vez presentados los resultados de la evaluación en base a la observación de cada una de las herramientas empleadas, se puede establecer el motivo de los resultados mostrados. Como se observa en la Tabla 20 se evaluó el apartado del microcontrolador Esp8266 que obtuvo como resultados equivalentes al 95% de optimización de forma general, para una mejor comprensión de los datos se evaluó como primer parámetro la Conectividad que obtuvo con un puntaje de 5 puntos debido a la capacidad con la que se envía rápida la información al servidor y a la app permitiendo obtener la visualización de los datos, es importante señalar que esto puede variar por el simple hecho de que tan lento o rápido sea la conexión del internet de tu hogar o en cualquier parte que tengas acceso a la red, como segundo parámetro el Almacenamiento de datos tubo un puntaje de 4 puntos en vista de su buena capacidad en guardar datos en su memoria flash sin ser

algo impresionante, pero permitiendo usar una considerable cantidad de memoria, como tercer parámetro se encuentra la Compatibilidad que obtuvo un puntaje de 5 puntos a causa de su alta compatibilidad en sensores y sobre porque dispone protocolos de comunicación I2C, SPI, además de su alimentación de 3.0 a 3.6v permitiendo así usar todos los sensores que funcionen en ese rango, como cuarto y último parámetro se encuentra la Disponibilidad que obtuvo 5 puntos por ser un ser un microcontrolador fácil de encontrar en el Ecuador.

Tabla 21: Tabla de resultados de la evaluación del sensor Mlx90614 y Max30100

	Mlx90614					**Max30100**				
Aspectos para evaluar	**Valoración**					**Valoración**				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Factibilidad				●					●	
Seguridad					●					●
Compatibilidad					●					●
Tiempo de respuesta					●					●

Referente a la Tabla 21 se evaluó el siguiente apartado que son los sensores Mlx90614 y Max30100 establecieron como resultado un 95% de optimización de forma general, entrando en más detalle el sensor de temperatura Mlx90614 se ha evaluado de la siguiente manera: en el parámetro de Factibilidad obtuvo un puntaje de 4 puntos debido a que a pesar que demuestra una gran efectividad en la obtención de datos, genera unas pequeñas variaciones en los grados corrigiéndose después de unas cuantas lecturas reduciendo el margen de error, como segundo parámetro se ubica la Seguridad con un puntaje de 5 puntos ya que garantiza la posibilidad de no tener algún accidente relacionando con las conexiones eléctricas por la cubierta con la que el sensor cuenta, el tercer parámetro se evaluó la Compatibilidad que obtuvo un puntaje de 5 puntos por ser altamente acorde con el microcontrolador Esp8266, esto es importante porque así evitamos tener algún problema a futuro, como cuarto parámetro se halla la del Tiempo de respuesta que consiguió un puntaje de 5 puntos en vista de ser un sensor utilizado en diferentes áreas y tiende a leer los datos en menos de un minuto.

En cuanto al sensor de sensor de ritmo cardiaco y saturación de oxígeno Max30100 se evaluaron los mismos parámetros descritos anteriormente, el parámetro de Factibilidad obtuvo un puntaje de 4 puntos debido a que las primeras lecturas así como en el caso de la temperatura va variando mostrando valores bajos y va subiendo hasta llegar a valores reales reduciendo el margen de error y está bien porque un oxímetro médico no muestra valores muy bajos, como segundo parámetro se ubica la Seguridad con un puntaje de 5 puntos ya que garantiza la posibilidad de no tener algún

accidente relacionando con las conexiones, podría darse en caso que la persona este con las manos mojadas o sudadas aun así sigue siendo prácticamente imperceptible, el tercer parámetro se encuentra la Compatibilidad que obtuvo un puntaje de 5 puntos por ser en gran medida compatible con el microcontrolador Esp8266, como cuarto y último parámetro se ubica la del Tiempo de respuesta que consiguió un puntaje de 5 puntos debido a que es un sensor utilizado específicamente al área de salud y tiende a leer los datos en menos de un minuto.

Por la efectividad de los resultados como se mencionaron anteriormente, se manejó y se realizó la implementación del prototipo en la cual se diseñó en dos fases, la primera fase que consistió en la prueba individual de cada sensor; esto con la finalidad de poder comprobar su uso, además, de verificar el funcionamiento de estos. La implementación se realizó con la guía del esquemático correspondiente a cada uno de los sensores.

El primer sensor en ser implementado fue el Mlx90614, correspondiente al sensor de temperatura, siguiendo el esquemático como se muestra en la Figura 43, además, se puede observar el uso de este sensor en el

Anexo 5.

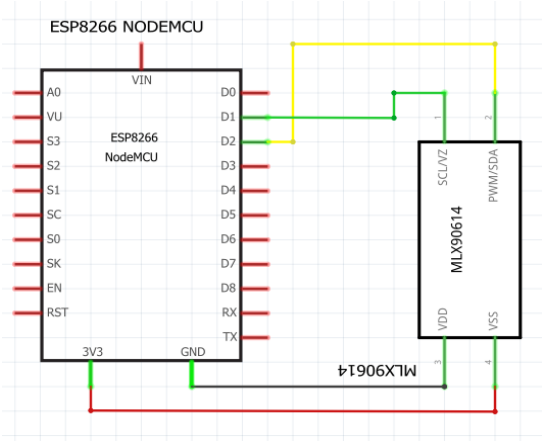


Figura 43: Esquematización y salida de datos de temperatura.

Fuente: Elaboración propia

El modelo empleado para la implementación del segundo sensor es el que se muestra en la Figura 44, correspondiente al esquemático del sensor Max30100, el mismo que se encargó de obtener los valores correspondientes a la oxigenación y a la frecuencia cardiaca, además, se puede observar el uso de este sensor en el

Anexo 7.

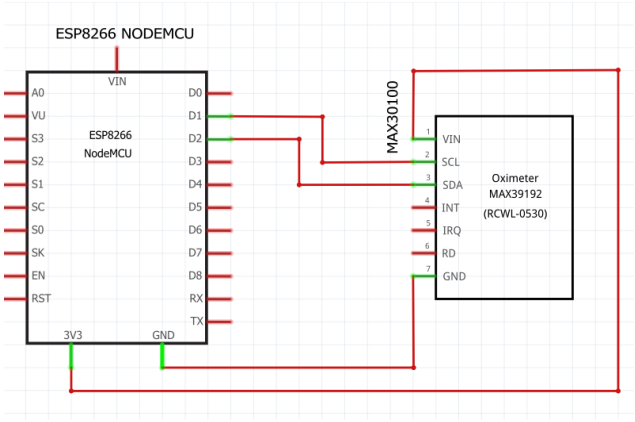


Figura 44: Esquematización y salida de datos de SpO2 y BPM.

Fuente: Elaboración propia

Una vez terminada la primera fase, se procedió con la segunda fase en donde se realizó la unión de los esquemáticos anteriores, dando como resultado final el esquemático presentado en la Figura 39. La programación y configuración del prototipo con la cual se desarrolló y se trabajó se muestra Anexo 12 o también puede ir al enlace del repositorio que se encuentra alojado en GitHub[5]. Cabe recalcar que los sensores implementados especialmente el de temperatura requieren de una calibración para eliminar aquella información errónea, por lo que se llegó a comprobar que sin una adecuada calibración el prototipo sería muy inexacto. Como se puede apreciar en la Figura 45 este vendría hacer es el resultado final de objetivo número dos, por lo

[5] https://github.com/Alejandrra/Tesis-Final.git

que cada sensor trabaja en conjunto visualizando los datos de salida una vez desarrollado e implementado, claramente para llegar a este resultado se obtuvo algunos inconvenientes ya que ambos trabajan con la misma línea de comunicación I2C por lo cual al unirlos no se adaptaban, la solución para ello consistía en determinar las direcciones físicas de ambos sensores y así otorgar estos datos al microcontrolador para que puedan ser diferenciados los sensores al momentos de solicitar la información.

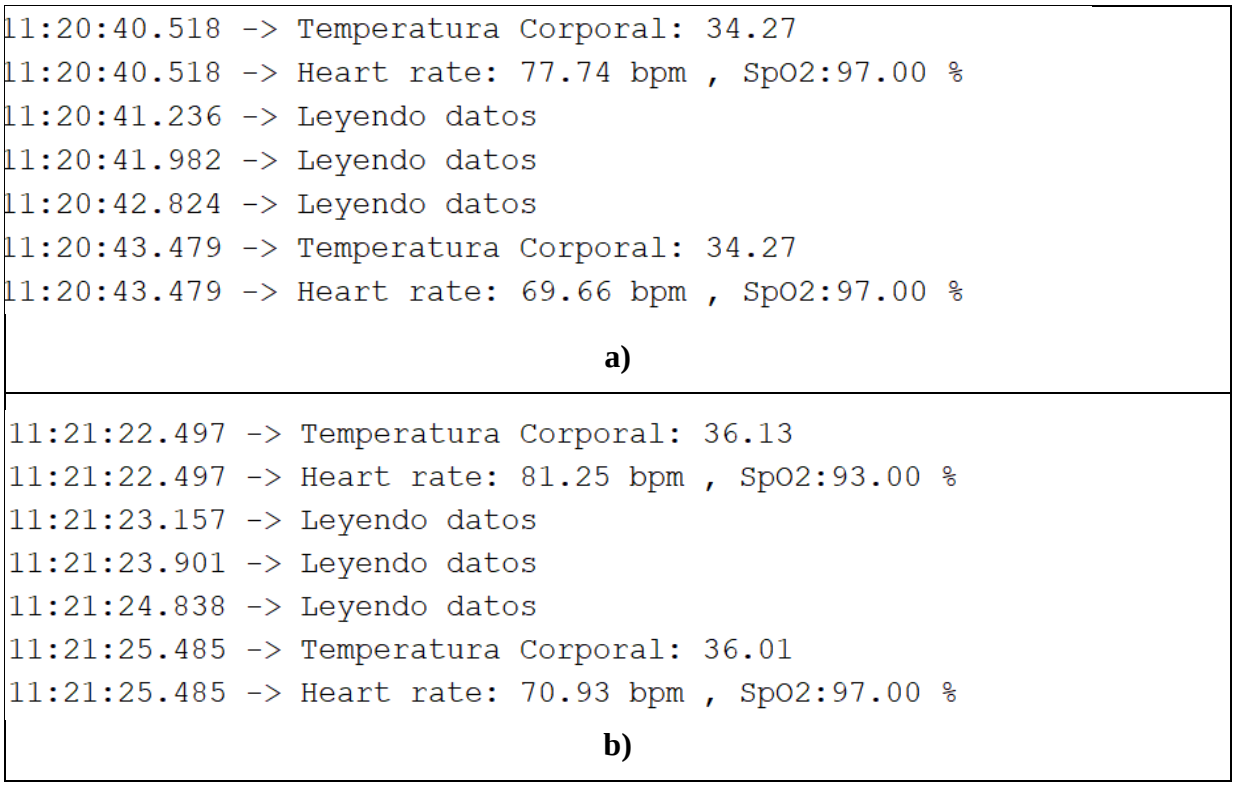


Figura 45: Salida de datos en ambos sensores.

Fuente: Elaboración propia

3.5 Utilización de la plataforma Cayenne myDevices

A base de los análisis comparativos de las plataformas IoT detalladas en la Tabla 12 se consideró emplear el servidor de Cayenne como la herramienta óptima para almacenar y monitorear los datos proporcionados por los sensores desde la web, además, por ser uno de los más completos y la seguridad que brinda al momento de transmitir y recibir los datos haciendo uso del protocolo MQTT. Esta es la primera fase en la implementación de tecnologías IoT, por lo tanto, se debe

comprobar que el hardware tenga acceso a internet y que la placa sea reconocida por el servidor de Cayenne. Para usar este servidor se instala la librería de CayenneMQTT que permitirá él envió de los parámetros fisiológicos, recordemos que el microcontrolador solo incorpora el protocolo TCP/IP, para que este trabaje con protocolo MQTT se debe de realizar las respectivas configuraciones directamente desde el código fuente, en este caso como usamos el Esp8266 y por ello incluimos la librería "CayenneMQTTESP8266.h", como se observa en el Algoritmo 1 donde se especifica las librerías usadas tanto para la comunicación del hardware como la del servidor.

Algoritmo 1: Librerías de comunicación

```
//--------USO DE LIBRERÍAS PARA COMUNICACION CON IOT------------
1.  #include <ESP8266WiFi.h>
2.  #include <Wire.h>
3.  #include <Adafruit_MLX90614.h>
4.  #include <BlynkSimpleEsp8266.h>
5.  #include "MAX30100_PulseOximeter.h"
6.  #include <Adafruit_SSD1306.h> //Librería para Pantalla OLED
7.  #include <CayenneMQTTESP8266.h>
```

Cayenne Cloud permite controlar cualquier hadrware por medio de pines virtuales o analógicos, en este caso optamos por los pines virtuales que permiten mostrar y enviar los parámetros que almacenan las variables fisiológicas que provienen del microcontrolador y que son recibidas por el servidor de Cayenne Cloud y publicados en el dashboard web de Caynne myDevices, definimos estos pines en el código fuente para el envió de datos como se observa en el

Algoritmo *2*. Cabe mencionar que el máximo de paquetes que puede recibir Cayenne es totalmente ilimitado sin necesidad de tener cuenta premium, entre unas de sus limitaciones que podemos encontrar son: recibe 10 paquetes por segundo, 60 paquetes por minuto y 50 conexiones al servidor cada 10 minutos, es por ello en la codificación se le asignó una función para que se actualicen los datos cada tres segundos.

Algoritmo 2: Envió de datos al servidor Cayenne Cloud

```
1.  Cayenne.virtualWrite(V3, SpO2);
2.  Cayenne.virtualWrite(V4, BPM);
3.  Cayenne.virtualWrite(V0, temp);
```

Finalmente, como se muestra en la Figura 46 y

Figura *47* se encuentran los valores de temperatura, saturación de oxigeno y frecuencia cardíaca, estos valores se van actualizando y a su vez se almacenan en el servidor como se observa en la Figura 48 en tiempo real, además determinamos que ambos sensores reciben las lecturas correspondientes al prototipo electrónico y lo podemos comprobar por el Monitor Serial. En el siguiente enlace se localiza un manual de usuario paso a paso sobre cómo usar Cayenne. [6]

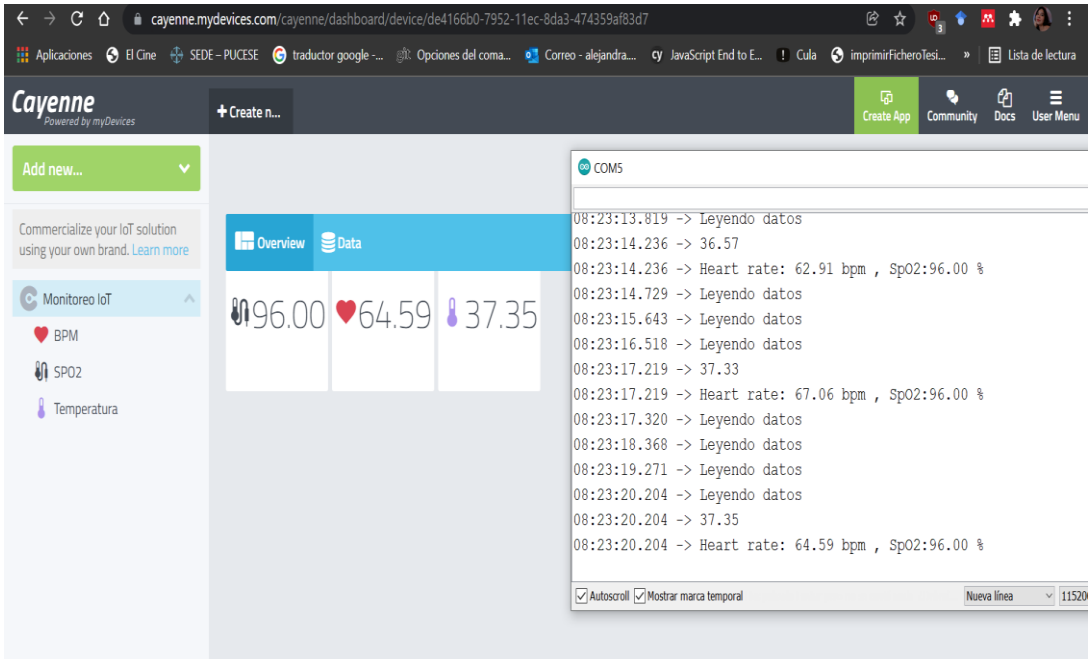


Figura 46: Plataforma IoT conectado a la placa Esp8266 recibiendo datos en tiempo real.

Fuente: Elaboración propia

[6] Enlace del manual de usuario Cayenne
https://documentcloud.adobe.com/link/review?uri=urn:aaid:scds:US:a5e818a7-5d0c-3d05-be1f-037c5042eb47

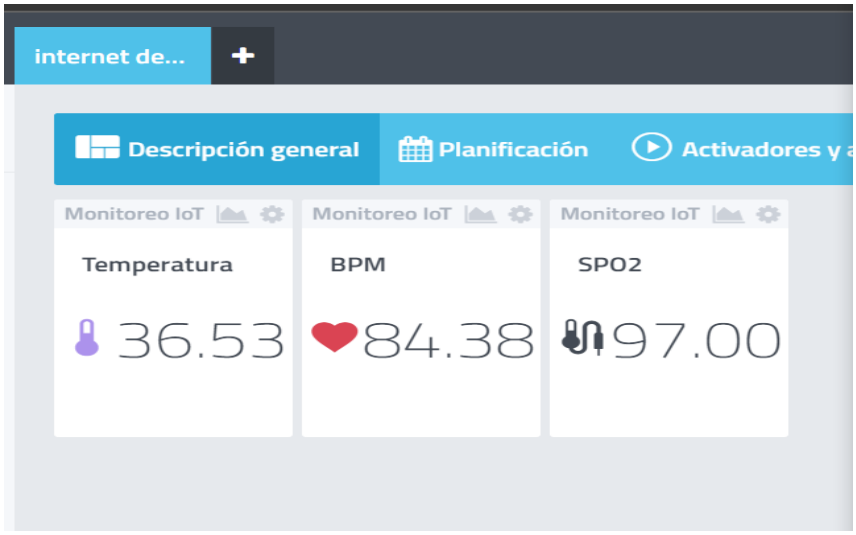


Figura 47: Proyecto creado en Cayenne myDevices.

Fuente: Elaboración propia

Descripción general | Planificación | Activadores y alertas | Datos | Intercambio | internet de las cosas

Vivir | metro | h | D | w | 1 mes | Personalizado | Consulta | Descargar

marca de tiempo	Nom...	Canal	Nombre del sensor	identificación del s...	Tipo ...	Unidad	Valores
2022-01-20 11:12:33	Monitore...	0	Temperatura	0dae7c80-797b-11ec-...			36.049999237061
2022-01-20 11:12:33	Monitore...	4	BPM	0ee500b0-797b-11ec-...			81.259002685547
2022-01-20 11:12:33	Monitore...	3	SPO2	0fe0c5d0-797b-11ec-a...			96
2022-01-20 11:12:32	Monitore...	0	Temperatura	0dae7c80-797b-11ec-...			36.75
2022-01-20 11:12:32	Monitore...	4	BPM	0ee500b0-797b-11ec-...			80.067001342773
2022-01-20 11:12:30	Monitore...	3	SPO2	0fe0c5d0-797b-11ec-a...			96
2022-01-20 11:12:27	Monitore...	4	BPM	0ee500b0-797b-11ec-...			86.975997924805
2022-01-20 11:12:27	Monitore...	0	Temperatura	0dae7c80-797b-11ec-...			36.330001831055
2022-01-20 11:12:27	Monitore...	3	SPO2	0fe0c5d0-797b-11ec-a...			96
2022-01-20 11:12:24	Monitore...	0	Temperatura	0dae7c80-797b-11ec-...			36.009998321533
2022-01-20 11:12:24	Monitore...	4	BPM	0ee500b0-797b-11ec-...			84.093002319336
2022-01-20 11:12:24	Monitore...	3	SPO2	0fe0c5d0-797b-11ec-a...			94
2022-01-20 11:12:21	Monitore...	0	Temperatura	0dae7c80-797b-11ec-...			34.490001678467
2022-01-20 11:12:21	Monitore...	3	SPO2	0fe0c5d0-797b-11ec-a...			97

Figura 48: Historial de datos almacenados en la base de datos de Cayenne Cloud.

Fuente: Elaboración propia

Se le agregó además a este proyecto notificación de alerta, para ello se realizan algunas configuraciones en el servidor de Cayenne ya que Cayenne brinda esta funcionalidad de asignar alertas, solamente es de configurar los widgets que deseamos notificar, estas notificaciones de alertas puedes ser enviadas a través de SMS o correo electrónico, en este caso lo configuramos

para correo electrónico, como se puede apreciar en la Figura 49 se ha enviado una notificación de alerta al correo electrónico especificando que ha detectado una frecuencia cardiaca >100.

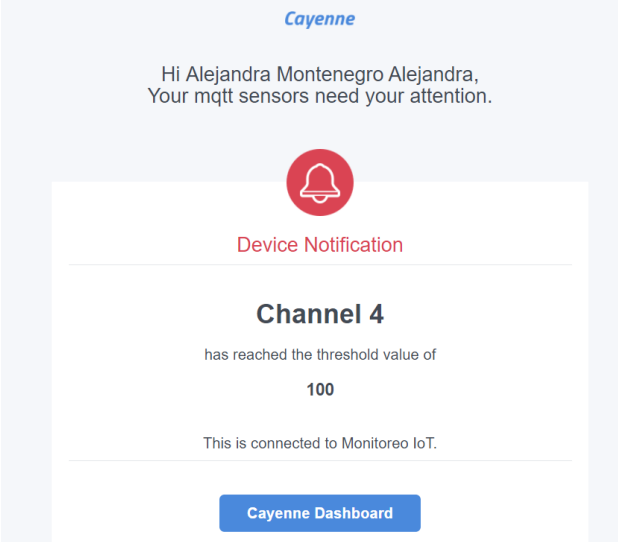


Figura 49: Notificación de alerta por correo electrónico.

Se realizó un análisis comparativo de los proyectos IoT para la medición de los parámetros fisiológicos basado en la propuesta que se cumplió como se presenta en la Tabla 22 demostrando sus semejanzas y diferencias en cada aspecto definido por la autora en esta documentación.

Gracias a estos análisis se pudo denotar que estos proyectos descritos anteriormente no usan muchos servidores en la nube, ya que la mayoría usaban conectividad Bluetooth.

Tabla 22:Análisis comparativo de los dispositivos electrónicos y costos para la medición de parámetros fisiológicos

(NE= No Especificado)

	Propuesta para el desarrollo de un prototipo electrónico no invasivo								
ASPECTOS	[124]	*[102]*	*[103]*	*[21]*	*[104]*	*[105]*	*[34]*	*[106]*	*Propuesta*
Microcontrolador	Raspberry Pi	Wemo	Atmega32	Atmega32	Arduino Uno	8051	Arduino Uno	NE	NodeMcu Lua v3
Sensores	PPG, ECG	ECG, GMS, WSN	PPG, ECG, GMS, GPRS	ECG	PPG, ECG	HKY-06B, ECG	PPG, LM35	PCG, ECG	Max30100, Mlx90614
Visualización de la información	App web	LCD	App Móvil	OLED de 128x64	LCD, App Móvil	App Móvil	App Móvil	App Móvil	App Móvil, Oled I2c
Servidor en la nube	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	Cayenne Cloud, Blynk Cloud
Mensajería	NE	SMS	SMS	NE	NE	NE	NE	SMS	Correo electrónico
Diseño	Silla electrónica	Cinturón electrónico	Pulsioxímetro	Pulsioxímetro	Prototipo digital	Prototipo electrónico	Prototipo electrónico	Prototipo electrónico	Prototipo electrónico
Costo	NE	NE	USD 40	NE	NE	USD 50	NE	USD 90	USD 30

3.6 Implementación de Blynk App

A partir de la la entrevista realizada por el experto médico especificó que sería necesario y útil una app móvil porque el usuario no siempre tendrá una laptop a su disposición y algo muy importante es que el usuario pueda entender la información que se le está proporcionando, es por ello que en esta segunda fase se consideró utilizar Blynk App como la herramienta óptima basado en la comparación de aplicaciones IoT detalla en la Tabla 13, por lo tanto, esta app servirá para visualizar y monitorear los parámetros fisiológicos del paciente, al ser gratuita es más fácil que el usuario pueda adquirirla. Actualmente, la plataforma de Blynk ha lanzado una nueva versión llamada Blynk IoT, lo nuevo de esta app es que puede conectarse a un dashboard en la web, pero lamentablemente al ser nuevo tiene algunas fallas y al diseñar la GUI es más complicado de lo que parece, es por ello que se aplicó la versión anterior, a continuación, en el siguiente enlace se detalla paso a paso de cómo usar Blynk app y desarrollar tu propio GUI para tener el control de tu proyecto IoT.[7]

Al igual que el servidor de la nube este requiere de conexión Wi-Fi y el uso de librerías que autorizan él envió de los parámetros fisiológicos, y al mismo tiempo este proveerá de un token para que la app tenga una conexión directa con el prototipo, ya que este está funcionando con el enlace de la app (token). Cabe mencionar que durante la etapa de configuraciones y diseño de la interfaz gráfica de usuario para el respectivo monitoreo se procedió a seleccionar los pines que se activan y desactivan, para ello se usó los pines virtuales que son como canales que se encargan de mostrar y enviar cualquier dato desde el microcontrolador a la app, además, que puede leer dispositivos que usan protocolos I2C, lo cual esto es muy favorable ya que los sensores que se están manejando usan este protocolo como ya se mencionó anteriormente.

Como ya se mencionó anteriormente, se usó los pines virtuales en conjunto con las variables fisiológicos, como se observa en el Algoritmo 3, esta información es enviada como strings (cadena de caracteres de texto) como se observa en línea 1, se le asigna como primer parámetro el pin y como segundo parámetro indicamos los datos que queremos enviar al *widget*, para ello se ha concatenado estas dos variables (saturación de oxígeno y frecuencia cardíaca) con unas

[7] Enlace del manual de Blynk App
https://documentcloud.adobe.com/link/review?uri=urn:aaid:scds:US:6070f531-dda9-47cf-b5a7-802289a128da

cadenas de texto a modo de etiquetas, así mismo estos datos se van actualizando cada 3 segundos. Al finalizar el diseño y las configuraciones de la GUI estará lista para darle un seguimiento en tiempo real la información de parámetros fisiológicos por medio de los diferentes *widgets* que estarán conectados por los sensores.

Algoritmo 3: Envión de datos a la aplicación y al servidor de la nube

```
1.  Blynk.virtualWrite(V0,"\n" "SPO2:" + String(spo2) + "% BPM:" + String(bpm));
2.  Blynk.virtualWrite(V2, temp);
```

En la Figura 50, se presenta los resultados de la aplicación móvil presentado los datos de frecuencia cardiaca, temperatura y saturación de oxígeno, a su vez que trabaja de manera conjunta con el servidor implementado anteriormente manteniéndose actualizados los datos en tiempo real, además, que siempre estas dos herramientas tendrán una conexión directa con el prototipo electrónico, y así finalmente el paciente o usuario podrá monitorear o tener un control sobre su estado de salud desde cualquier sector que se encuentre, con esto concluye el objetivo número tres.

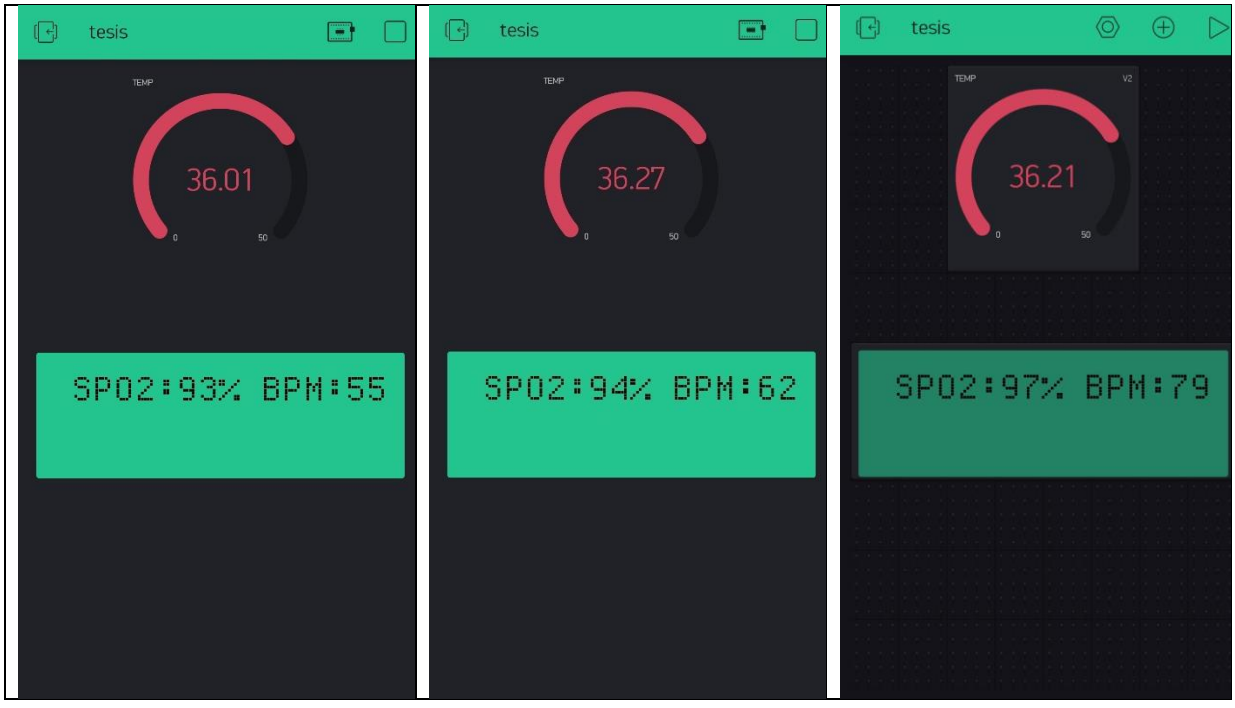


Figura 50:Monitoreo en tiempo real trabajando en conjunto con Blynk App

3.7 Pruebas del prototipo electrónico

En esta etapa consiste en poner a prueba el prototipo ya implementado y diseñado para determinar el nivel de aceptación con las lecturas que proporciona realizando una comparativa con los dispositivos comerciales que tiene a disposición del médico utilizando el instrumento de ficha de recolección de datos, además que también se verificó la transmisión correcta de los datos hacia la plataforma de Cayenne myDevices y el funcionamiento de los sensores para el monitoreo en tiempo real, para poner en marcha el procedimiento de pruebas del prototipo electrónico fue muy importante la colaboración de los docentes para esta investigación como se resalta en el Anexo 8 donde solo se escogería 10 docentes para esta primera fase con edades de 20 a 35 años, además, que siempre se mantuvo el respeto y la paciencia para llegar a cumplir este proceso, además, con la ayuda que brindó la enfermera de la carrera de Enfermería

Anexo 10, que supo cooperar durante el proceso de pruebas.

Como se observa en la Tabla 23 corresponde a los resultados de temperatura obtenidos tanto del prototipo electrónico como el del médico por cual para verificar la precisión de ello se manejó el margen de error mediante la ecuación de error absoluto (2) y error relativo (3), como se muestra a continuación:

$$\boldsymbol{Error\ absoluto} = V_{real} - V_{Aproximado} \quad \textbf{(2)}$$

$$\boldsymbol{Error\ relativo} = \frac{V_{Real} - V_{Aproximado}}{V_{Rea;}} * 100 \quad \textbf{(3)}$$

3.7.1 Pruebas iniciales del prototipo electrónico

De este modo se calcula cada una de las lecturas para conseguir un promedio global del prototipo en medir el parámetro de temperatura teniendo un grado de imprecisión del 1% y una calidad de medida de 2%, lo cual presenta un grado de exactitud mínimo a base de este primer factor.

Tabla 23: Primeros resultados de temperatura

	temp/proto	temp/médico	Error absoluto	Error relativo
s1	36	37,4	1,4	4
s2	36	37	1,0	3
s3	37,6	36,5	1,1	3
s4	36	36,1	0,1	0
s5	36	36	0,0	-
s6	36	36	0,0	-

s7	35,5	35	1	1
s8	36,5	35	2	4
s9	36	35,5	1	1
s10	36	37	1	3
Promedio	36,16	36,15	1	2

De igual manera, en la Tabla 24 se muestran los resultados de frecuencia cardíaca que al igual que en el caso anterior se usó el margen de error mediante el error absoluto, error relativo y las ecuaciones, de esta manera se calcula cada una de las lecturas proporcionadas con la finalidad de obtener un promedio global, para este parámetro obtuvo un grado de imprecisión del 1,2% y una calidad de medida del 1%, permitiendo establecer una exactitud mínima en cuanto a este segundo parámetro.

Tabla 24: Primeros resultados de frecuencia cardíaca

	bpm/proto	**bpm/médico**	**Error absoluto**	**Error relativo**
s1	85	86	1	1
s2	70	70	0	-
s3	98	100	2	2
s4	80	81	1	1
s5	81	80	1	1
s6	107	109	2	2
s7	75	77	2	3
s8	76	75	1	1
s9	66	67	1	1
s10	74	75	1	1
Promedio	81,2	82	1,2	1

Los resultados que se observan en la Tabla 25 son de saturación oxígeno, en comparación con los dos factores mencionados anteriormente, el error de imprecisión es un poco mayor dando 2,2% y una calidad de medida de 2% que sigue manteniendo un nivel mínimo en cuanto a grado de exactitud.

Tabla 25: Primeros resultados de saturación de oxígeno

	SpO2/proto	**spO2/médico**	**Error absoluto**	**Error relativo**
s1	97	100	3	3
s2	97	100	3	3
s3	95	98	3	3
s4	96	97	1	1
s5	93	97	4	4

s6	98	99	1	1
s7	97	98	1	1
s8	94	96	2	2
s9	97	98	1	1
s10	96	99	3	3
Promedio	96	98,2	2,2	2

3.7.2 Pruebas finales del prototipo electrónico

Para la realización de las pruebas finales del prototipo de acuerdo con la muestra mencionada anteriormente, se tomó los17 docentes restantes con un intervalo de edades entre 29 a 69 años para esta segunda fase de pruebas, se verificó el grado de confiabilidad y exactitud de los datos proporcionados por el prototipo electrónico, así como las pruebas anteriores, se tomó en cuenta la trasmisión correcta de los datos por el servidor, la aplicación y su pantalla oled.
Para certificar que los datos no fueron falseados en el Anexo 11, se resalta las pruebas finales del prototipo electrónico.

Los resultados que se muestran en la Tabla 26, son los valores de temperatura comparados entre un dispositivo médico y el prototipo electrónico, donde se determina de manera global que el prototipo en medición con temperatura corporal tiene un grado de impresión de 0,3 °C y una calidad de medida del 0,8% lo cual se concluye que obtuvo un error mínimo. Cabe mencionar que la precisión es más exacta que las primeras pruebas de temperatura, demostrando que al calibrar más el sensor reduce más su margen de error.

Tabla 26: Datos de la temperatura corporal finales

Número de sujetos	temp/proto	temp/médico	Error absoluto	Error relativo
s1	37	37,5	0,5	1
s2	36	37	1,0	3
s3	36	37	1,0	3
s4	36	36	0,0	-
s5	36,5	37,2	0,7	2
s6	37,1	36,8	0,3	1
s7	35,5	35	0,5	1
s8	36,45	36	0,5	1
s9	36	36,7	0,7	2
s10	27,21	28	0,8	3
s11	36,4	36	0,4	1
s12	36,6	36	0,6	2
s13	36	36	0,0	-

s14	35	36	1,0	3
s15	35,5	36,1	0,6	2
s16	36,1	36	0,1	0
s17	35	36	1,0	3
Promedio	35,6	35,8	0,3	0,8

En la Tabla 27, corresponde a los valores frecuencia cardiaca (BPM), así como en la medición anterior también se toma en cuenta el margen de error determinadas por el error absoluto y relativo, para este segundo parámetro alcanzó un error global menor, el grado de impresión fue de 1,1% y en calidad de medida 1,5%, este último dato se debe a que tres muestras obtuvieron registros un poco alto por diversos factores, entre ellos el permanecer quietos o la posición de los dedos al tomar las mediciones, siendo así los datos medidos en BPM son favorables.

Tabla 27: Datos de la frecuencia cardiaca finales

Número de sujetos	bpm/proto	bpm/médico	Error absoluto	Error relativo
s1	78	79	1	1
s2	80	82	2	2
s3	70	73	3	4
s4	64	66	2	3
s5	77	78	1	1
s6	79	79	0	-
s7	85	88	3	3
s8	67	67	0	-
s9	71	72	1	1
s10	70	71	1	1
s11	86	87	1	1
s12	65	65	0	-
s13	72	74	2	3
s14	54	53	1	2
s15	67	68	1	1
s16	73	76	3	4
s17	59	60	1	2
Promedio	71,6	72,8	1,1	1,5

En la Tabla 28, se observa los registros de la saturación de oxígeno (SpO2), el margen de error global para este tercer parámetro mínimo comparado con las primeras pruebas presentadas anteriormente, ya que su impresión global consiguió 0,8% y en calidad de medida 0,8%.

Tabla 28: Datos de la saturación de oxígeno finales

Número de sujetos	SpO2/proto	spO2/médico	Error absoluto	Error relativo
s1	96	97	1	1

s2	95	97	2	2
s3	93	95	2	2
s4	97	96	1	1
s5	97	99	2	2
s6	97	97	0	-
s7	94	96	2	2
s8	97	97	0	-
s9	94	92	2	2
s10	93	98	5	5
s11	97	99	2	2
s12	95	97	2	2
s13	94	96	2	2
s14	96	96	0	-
s15	94	90	4	4
s16	97	97	0	-
s17	97	97	0	-
Promedio	95,5	96,2	0,8	0,8

3.8 Encuesta realizada a los docentes de la PUCESE

Como ya se mencionó anteriormente, la muestra aplicada para este estudio consta de 10 docentes de la universidad PUCESE con edades de 20 a 35, donde la primera pregunta indica que el 20% corresponde a edades de 20-25, el 50% en el rango de 26-30 y finalmente de 30-35 concierne al 30%. Los resultados obtenidos en la Tabla 29 pregunta dos y tres se realizó una valoración de escala del 1 al 5, para obtener una mejor comprensión de los datos se sacó un promedio donde se puede analizar que los docentes con edades de entre 20 a 30 años valoran el manejo de aplicaciones móviles entre 4,4 a 4,5 demuestra que casi siempre usan aplicaciones móviles, además con el servicio de WI-FI tienen la misma valoración por lo cual al tener buena conectividad de internet tienen mayor posibilidad de usar aplicación móviles diariamente, a lo contrario del rango entre edades de 30 años a 35 aprecia el uso de aplicaciones móviles 3,7 apreciando que en diversas ocasiones acude al uso de aplicaciones móviles, igualmente con el servicio de conectividad Wi-Fi tiene un promedio bajo en tal virtud al no tener un buen servicio de internet se refleja el poco uso de aplicaciones móviles diariamente.

Tabla 29:Manejo de aplicaciones y conectividad Wi-Fi

Edades	Pregunta 2. ¿Sabe dominar el manejo de aplicaciones móviles?	Pregunta 3. ¿La antena del Wi-Fi da conectividad por toda la casa?
20-25	4,5	4,5
26-30	4,4	4,4
30-35	3,7	3,0

Total general	**4,2**	**4**

En la Figura 51 que corresponde a la pregunta cinco donde se visualiza que un 70% de los docentes están dispuestos a adquirir este dispositivo con un precio de $30 dólares, así mismo el 20% restante están de acuerdo con cancelar el precio fijado de $40 dólares. Analizando estos resultados el propósito es que este dispositivo tenga un precio accesible, cómodo y al alcance de todos los usuarios.

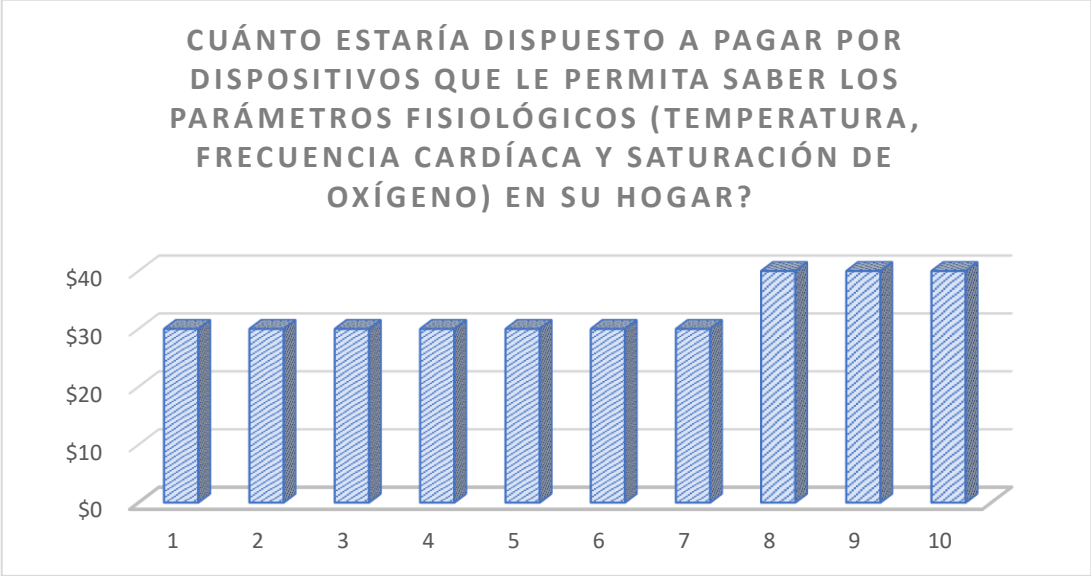


Figura 51: Datos correspondientes a cuanto pagarían por adquirir este dispositivo de monitoreo

Una de las principales razones por el cual se elaboró esta encuesta realizada por la autora es decretar el nivel de Usabilidad donde se detalla en la Tabla 30 en la pregunta seis las valoraciones correspondientes, es así como queda demostrado que el rango de edades entre 20 a 35 años consideran un nivel de usabilidad entre 4 a 4,7 que es relativamente muy bueno, dando por determinado que el prototipo electrónico puede ser usado y controlado por el usuario. En cuanto a la pregunta siete es importante señalar que el prototipo electrónico es satisfactorio para los usuarios obteniendo un resultado muy aceptable lo cual especifica que el prototipo cumple con los requerimientos necesarios para controlar su estado de salud.

Tabla 30: Usabilidad e Satisfacción del prototipo electrónico

Edades	**Pregunta 6. De la escala del 1 al 5 ¿cómo usted evaluaría la usabilidad del prototipo electrónico evaluado?**	**Pregunta 7. ¿Considera usted que este proyecto es innovador y satisfactorio después de haber manipulado el prototipo electrónico?**

20-25	4	4
26-30	4	4,2
30-35	4,7	4,0
Total general	**4,2**	**4,1**

Finalmente, en la Tabla 31 pregunta ocho la gran parte de los docentes consideran que, si recomendarían a otras personas el uso y manejo de este dispositivo que monitorea distintitos parámetros fisiológicos descritos anteriormente dando como valoración 4,5 en total, esto especifica que los usuarios casi siempre considerarían usar este tipo de sistema de monitoreo y a su vez sugerir a otras personas, especialmente a quienes tengan alguna enfermedad cardiaca o ser más propensas a sufrir otros problemas relacionados a éste.

Tabla 31: Recomendaría el uso de este dispositivo de monitoreo a otras personas

Edades	Pregunta 8. ¿Recomendaría a otras personas utilizar el sistema para monitorear parámetros fisiológicos propuesto?
20-25	4,5
26-30	4,6
30-35	4,3
Total general	**4,5**

3.9 Marco de evaluación del prototipo electrónico

El método de evaluación empleado en la investigación se basó en ciertos parámetros siendo las características seleccionadas las siguientes como podemos observar en la Tabla 18. A continuación, se establece de forma resumida los parámetros a evaluar donde radicará el marco de evaluación y así obtener la calidad de este prototipo desarrollado Figura 52.

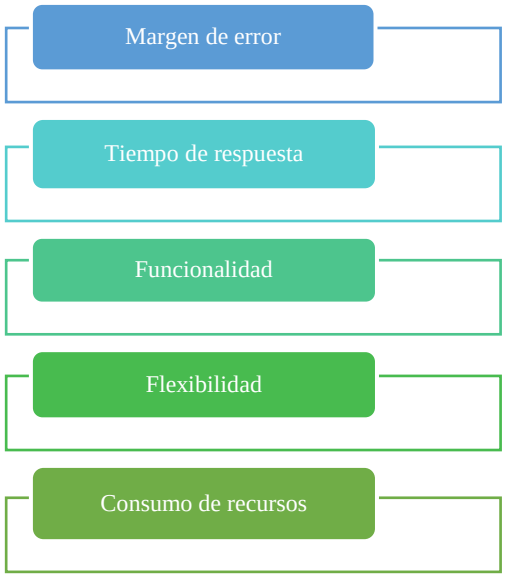


Figura 52:Criterio para evaluar el prototipo electrónico

A continuación, se observa en la Tabla 32 son los resultados que concierne a la evaluación del prototipo del prototipo desarrollada e implementada por su autora con el fin de saber la calidad y satisfacción que adquirió este dispositivo.

Tabla 32: Resultados de la evaluación del prototipo electrónico

Calidad del Prototipo electrónico

Aspectos para evaluar	**Valoración**				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
Margen de error					●
Tiempo de respuesta					●
Funcionalidad					●
Flexibilidad					●
Consumo de recursos					●

Una vez presentados los resultados de la evaluación e implementación del prototipo se puede decretar el motivo de los resultados, el primer parámetro a evaluar fue el margen de error estableciendo un puntaje de menor del 5% debido a que el prototipo al ser sometido a diferentes pruebas como ya se mostró anteriormente alcanzó un Margen de error mínima por cada parámetro medido, siendo estos equivalentes a: Parámetro de temperatura 0,3 °C, parámetro de frecuencia cardíaca 1,1% y parámetro de saturación de oxígeno 0,8%, tal como se muestra en la Tabla 26 hasta la Tabla 28. En el segundo parámetro se evaluó el Tiempo de respuesta que tarda el prototipo en leer los datos desde el momento en el que paciente hace contacto directo con los sensores obteniendo un puntaje de 5 puntos debido a que el microcontrolador llega a tardar 15

segundos en inicializarse los sensores y la pantalla oled considerando que el microcontrolador al establecer protocolo I2C, es el quien coordina la comunicación con los sensores ya que son encargados de generar e intercambiar datos, cuando el paciente hace contacto directo no invasivo con los sensores el microcontrolador transfiere esta información al servidor y la app, en la cual al visualizarse en el monitor serial tarda aproximadamente entre 2,85 a 3 segundos en ir leyendo sucesivamente los datos hasta llegar a un valor real aproximadamente, recordemos que estos datos van variando, además, que la información que se envía al servidor y a la app tarda exactamente los mismos segundos que se mencionó anteriormente, de forma inmediata, pero tomando en cuenta que esto puede variar siempre y cuando la conexión de la red Wi-Fi no oscile en un estatus alto.

Correspondiente con el tercer parámetro se evaluó la Funcionalidad donde obtuvo un puntaje de 5 en vista que el prototipo cumple con todos los requerimientos que corresponden a esta investigación y que funciona de forma óptima y beneficioso, el cual fue validado por un experto en medicina donde determina que está muy cercano al funcionamiento óptimo de equipos diseñados para obtener signos vitales. En el cuarto parámetro destaca flexibilidad en donde obtuvo un puntaje de 5, estos resultados se obtuvieron después de analizar y determinar que el prototipo intercambia información directa con el usuario al monitorear sus parámetros fisiológicos dando por hecho que sus procesos son en tiempo real y se van actualizando cada 3 segundos prácticamente. Finalmente, como último parámetro a evaluar fue el consumo de recursos donde obtuvo un puntaje de 5 debido a que entre más recursos posee el ordenador al ser ejecutado el prototipo tiende a tardar menos y la comunicación es mucho más rápido ya que este dispositivo propende a tener 125 veces más memoria que el ATmega328.

3.10 Marco de evaluación según la norma ISO/IEC 25012

Este marco de evaluación utilizado en la investigación se apoya en los parámetros de la ISO/IEC 25012, siendo las características escogidas en la Tabla 19. Como se muestra en la Figura 53 es una forma resumida de los parámetros a evaluar en base a la norma ISO/IEC 25012 con la finalidad de determinar la calidad de los datos que proporciona el prototipo electrónico.

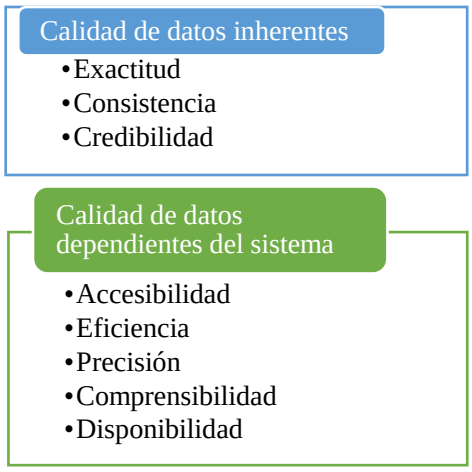


Figura 53: Criterio para evaluar la calidad de datos prototipo electrónico según la norma ISO/IEC 25012

Para conseguir una mejor comprensión de los resultados, se implementó rangos de valores clasificados en Inaceptable, Mínimamente Aceptable, Rango Objetivo para cada parámetro como se muestra a continuación en la Tabla 33,
Tabla *34* y Tabla 35.

Tabla 33: Criterio de decisión para el parámetro de temperatura corporal. Fuente: Elaboración propia

Temperatura corporal	**Inaceptable**	Si Valor > 3
	Mínimamente aceptable	Si Valor >=1 y Valor <= 3
	Rango objetivo	Si Valor >= 0, 1 y Valor < 1

Tabla 34: Criterio de decisión para el parámetro de frecuencia cardíaca. Fuente: Elaboración propia

Frecuencia Cardíaca	**Inaceptable**	Si Valor > 5
	Mínimamente aceptable	Si Valor > 1 y Valor <= 5
	Rango objetivo	Si Valor > 0,1 y Valor <= 3

Tabla 35: Criterio de decisión para el parámetro de saturación de oxígeno. Fuente: Elaboración propia

Saturación de Oxígeno	**Inaceptable**	Si Valor > 5
	Mínimamente aceptable	Si Valor > 1 y Valor <= 5
	Rango objetivo	Si Valor > 0,1 y Valor <= 3

A continuación, se muestra en las Tabla 36 y Tabla 37 los resultados de la evaluación de los datos según la norma ISO/IEC 25012 con el objetivo de especificar la veracidad de los datos del prototipo electrónico.

Tabla 36: Resultados de la evaluación para el parámetro temperatura

Evaluación según la norma ISO/IEC 25012

Características	Aspectos para evaluar	Criterio de decisión		
		Inaceptable	Mínimamente Aceptable	Rango Objetivo
Calidad de datos Inherentes	Exactitud			●
	Consistencia			●
	Credibilidad		●	
Calidad de datos dependientes del sistema	Accesibilidad			●
	Eficiencia			●
	Precisión			●
	Comprensibilidad			●
	Disponibilidad			●

Después de haber presentado los resultados de la evaluación para el parámetro de temperatura Tabla 36 en base a una observación científica se puede establecer el motivo de los resultados mostrados. En la primera sección correspondiente a Calidad de datos inherentes se evaluaron tres parámetros: Exactitud, Consistencia y Credibilidad. Con respecto al primer parámetro correspondiente a Exactitud alcanzó al rango objetivo ya que al tabular las pruebas finales generó una imprecisión menor 1 °C y demuestra que los datos llegan a ser casi a ser exactos comparado con uno médico. En el segundo parámetro correspondiente a Consistencia llegó al rango objetivo debido a que el paciente a visualizar sus datos es razonable y puede darse cuenta si su salud está bien o hay alguna anomalía en su organismo. Como tercer parámetro respecto a Credibilidad consiguió a ser mínimamente aceptable a causa de que el prototipo al presentar un margen de error mínimo los datos son verídicos.

En torno a la segunda sección acorde a la Calidad de datos dependiente del sistema se evaluaron cinco parámetros: Accesibilidad, Eficiencia, Precisión, Comprensibilidad y Disponibilidad. Como primer parámetro acerca de Accesibilidad llegó al rango objetivo debido a que el usuario siempre podrá adquirir los datos de sus parámetros fisiológicos tenga o no tenga acceso a internet. Respecto al segundo parámetro Eficiencia alcanzó al rango objetivo ya que al ser comparado con el tiempo que tarda en visualizar los datos es apenas segundos con esto maximiza este parámetro de forma eficiente. Finalmente, con el parámetro de Precisión, Comprensión y Disponibilidad consiguió el rango objetivo a causa de que la información que proporciona llega a ser en ciertas ocasiones exactas y en otras acercarse al valor real, además, este proyecto al tener implementando una aplicación móvil el usuario puede disponer de su información en todo momento.

Tabla 37:Resultados de la evaluación para frecuencia cardiaca y saturación oxígeno

Evaluación según la norma ISO/IEC 25012

Características	Aspectos para evaluar	Criterio de decisión		
		Inaceptable	Mínimamente Aceptable	Rango Objetivo
Calidad de datos Inherentes	Exactitud			●
	Consistencia			●
	Credibilidad		●	
Calidad de datos dependientes del sistema	Accesibilidad			●
	Eficiencia			●
	Precisión			●
	Comprensibilidad			●
	Disponibilidad			●

Después de haber presentado los resultados de la evaluación para el parámetro de frecuencia cardiaca Tabla 37 en base a una observación científica se puede establecer el motivo de los resultados mostrados. En la primera sección correspondiente a Calidad de datos inherentes se evaluaron tres parámetros: Exactitud, Consistencia y Credibilidad. Con respecto al primer parámetro correspondiente a Exactitud alcanzó al rango objetivo ya que al tabular las pruebas finales generó una imprecisión en frecuencia cardiaca del 1% y en saturación de oxígeno 0,8% donde demuestra que los datos llegan a ser casi a ser exactos comparado con uno médico. En el segundo parámetro correspondiente a Consistencia llegó al rango objetivo debido a que el paciente a visualizar sus datos es razonable y puede darse cuenta si su salud está bien o hay alguna anomalía en su organismo. Como tercer parámetro respecto a Credibilidad consiguió a ser mínimamente aceptable a causa de que el prototipo al presentar un margen de error mínimo los datos son verídicos.

En torno a la segunda sección acorde a la Calidad de datos dependiente del sistema se evaluaron cinco parámetros: Accesibilidad, Eficiencia, Precisión, Comprensibilidad y Disponibilidad. Como primer parámetro acerca de Accesibilidad llegó al rango objetivo debido a que el usuario siempre podrá adquirir los datos de sus parámetros fisiológicos tenga o no tenga acceso a internet. Respecto al segundo parámetro Eficiencia alcanzó al rango objetivo ya que al ser comparado con el tiempo que tarda en visualizar los datos es apenas segundos por ello maximiza este parámetro de forma eficiente.

Finalmente, con el parámetro de Precisión, Comprensión y Disponibilidad consiguió el rango objetivo a causa de que la información que proporciona llega a ser en ciertas ocasiones exactas y en otras cercanas al valor real, además, este proyecto al tener implementando una aplicación

móvil el usuario puede disponer de su información permitiendo que pueda monitorearse siempre y cuando lo requiera.

CAPÍTULO 4: DISCUSIÓN

En la investigación realizada encontramos que Trivedi, Cheeran, en [34], desarrolló un dispositivo para monitorear parámetros fisiológicos, aunque los métodos utilizados fueron distintos, tanto en el uso de sensores como de microprocesadores e incluso en la forma que se comparten los datos con el prototipo ya que usaron conectividad Wi-Fi porque el microcontrolador que incorporaron viene integrado un módulo wifi. Los resultados de la investigación fueron buenos porque cumple con el objetivo deseado, teniendo un pequeño margen de error de datos, en comparación con el estudio Castellanos, Guadalupe, Reyes, Sánchez [21], el cual no llego a ser exactos por la movilidad de sus pacientes.

Adicionalmente, otra investigación que aplicó un método similar en la cual Rodríguez, Postolache, Cercasc [124] mide parámetros fisiológicos como BPM y fotopletismografía que sirve para que mida los cambios en el ambiente donde se encuentre el usuario, implementando sensores dentro de sillas de oficina, rueda y cama, lo cual no lo hace útil de forma portable porque siempre debe permanecer en un lugar fijo, por tal motivo se decidió desarrollar un prototipo

portable que el usuario pueda usarlo en cualquier lugar, otro punto desfavorable del estudio es el uso del Bluetooth como conectividad de datos por la limitación de la distancia y pueda haber fallos en la medición a la distancia ideal, comparado con la conectividad Wi-Fi donde la distancia no es punto desfavorable y pueda tomar los parámetros fisiológicos desde cualquier lugar utilizando una aplicación IoT conectado a ello. La investigación como ya se mencionó anteriormente empleó el sensor Max30100 para medir los BPM y SpO2 de tal manera que no requiere de condiciones de luz específicas para tomar las lecturas correspondientes a diferencia del autor que utilizó un sensor dependiente de la luz con diferentes implementaciones.

Cuando se analizó la investigación en el apartado de la usabilidad del prototipo se consideraron algunos aspectos como la comodidad y satisfacción del usuario dando como resultado un alto nivel de positivismo a comparación de Murali, Swathi [93] donde no alcanzaron un resultado favorable, porque desarrollaron un cinturón inalámbrico donde el paciente siempre debe colocárselo y esto genera incomodidad.

En el estudio propuesto por Serrano [127], tiene como objetivo crear un pulsioxímetro que permita medir la frecuencia cardíaca y la saturación se oxígeno previendo enfermedades respiratorias o cardíacas, cabe recalcar que en este estudio hubieron varios fallos en sus resultados obtenidos, con un margen de error del 25% los cuales no fueron resultados válidos no aceptados en el área médica, además uno de los errores que cometieron fue que no se basaron en utilizar plataformas IoT generando más efectividad a la investigación ya que la aplicación móvil que desarrollaron no recibía las lecturas correspondientes por el fallo de comunicación que tenía con su prototipo electrónico, en cambio esta investigación que aun teniendo el mismo enfoque se obtuvo un margen de error mínimo que no supera del 5%, como punto extra se consideró agregar un parámetro más que es la temperatura corporal, haciendo uso de un servidor IoT que garantice que los datos sean enviados correctamente en tiempo real, otro punto en contra de la investigación del autor es que la implementación del prototipo es muy grande generando incomodidad al usuario. Otro punto para considerar es que en la mayoría de los trabajos presentados optan por utilizar Bluetooth como vía de trasmisión de datos, del mismo modo el uso de plataformas IoT en estudios similares son muy escasos.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECONMEDACIONES

5.1 Conclusiones

Existen un sinfín de microcontroladores y sensores para elaborar prototipos electrónicos especialmente para el área médica que mida parámetros fisiológicos, de tal manera que debemos escoger bien estos instrumentos que eviten mostrar resultados erróneos al paciente, para ello se evaluaron los instrumentos garantizando una efectividad óptima del 95%, existen plataformas IoT que tienen un sinfín de funcionalidades que permiten visualizar en tiempo real los datos en widgets que apoyan conjuntamente a la presentación, no están limitados únicamente en el área médica, si no en otras áreas, cabe resaltar que no se encuentran presentes en la mayoría de los trabajos que se han enfocado en medir parámetros fisiológicos. Conjuntamente, todas las herramientas de software libre que fueron adquiridas y utilizadas en esta investigación como Cayenne myDevices (almacenamiento en la nube) Blynk App (para la interfaz gráfica de usuario y visualizarlo en tiempo real) y Arduino (para la codificación) son gratuitos, han sido seleccionadas porque permite una mayor integración de cambios y procesos, al mismo tiempo reduce el gasto innecesario de, aplicaciones y plataformas IoT que realizan la misma función con costos elevados.

Se construyó un prototipo electrónico para el monitoreo de parámetros fisiológicos como la temperatura, frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno, este dispositivo puede ser utilizado a pacientes que padezca de COVID-19, afecciones cardiovasculares, diabéticos o cualquier persona que pueda padecer con otras patologías o simplemente para monitorear su ritmo cardiaco cuando esté realizando alguna actividad física. Los componentes que se usaron para cumplir con éxito el proyecto como ya se ha mencionado anteriormente son los sensores Max30100, Mlx90614 y el microcontrolador Esp8266 que permite transmitir los datos y poder visualizaros obteniendo un funcionamiento positivo del prototipo. Además, con las especificaciones técnicas que brinda el sensor de temperatura no eran las adecuadas para medir la temperatura corporal de un humano, por ello fue necesario establecer un algoritmo de calibración con el propósito de generar resultados más confiables y que sean coherente a la temperatura que debe tener un humano.

Con el uso de la plataforma Cayenne myDevices que provee un dashboard web que realiza un monitoreo de los parámetros fisiológicos en tiempo real, al mismo tiempo va almacenando esta información permitiendo al paciente obtener y observar un registro diariamente lo cual no resulta un reto difícil.

Se empleó la aplicación Blynk que integra una interfaz gráfica de usuario basado en tecnología IoT, su principal función es visualizar y monitorear los datos en tiempo real que está directamente conectado al prototipo electrónico y que funciona a su vez con el servidor implementado anteriormente. Además, a través de la interfaz proporcionada por Blynk la adición de los widgets y configuraciones necesarias no resultó muy complicada de diseñar.

Se evaluó el prototipo electrónico y la calidad de sus datos basados en diferentes marcos de evaluación en donde determinamos lo siguiente: primeramente, la usabilidad y satisfacción del prototipo obtuvieron muy buenos resultados basado en la encuesta realizada por los docentes de la PUCESE. En cuanto al tiempo de respuesta fue de un tiempo muy favorable y durante el proceso de pruebas finales hubo algunos problemas de conexión de internet lo cual afecta la comunicación entre la plataforma y la app con el prototipo electrónico, en cuanto a las mediciones se obtuvo unas al límite del rango aceptado, esto se debe por algunos factores entre ellos la postura de los dedos y movimiento excesivos.

5.2 Recomendaciones

El desarrollo de esta investigación permitirá el perfeccionamiento de trabajos similares o incluso mejores que el presentado, especialmente abriendo nuevas oportunidades a desarrollarse en la ciudad de Esmeraldas, haciéndoles saber que puedan realzar las tecnologías en su entorno manteniendo investigaciones como esta siempre actualizadas avanzando cada vez más.

Se recomienda que, al momento de desarrollar un proyecto basado en IoT se debe tener noción sobre lo que se quiere realizar, estando muy bien informado del funcionamiento de cada sensor por medio las lecturas del datashid donde encontraremos sus especificaciones como el voltaje, el soporte técnico, con qué tipo de entrada cuenta, y sí es compatible con el microcontrolador porque esto podría causar un problema a futuro y no se llegaría a cumplir la meta deseada.

Se recomienda que, al momento de trabajar con dispositivos eléctricos debe mantener manos libres de estática evita quemar especialmente sensores que son propensos a ser muy sensibles, una de las formas de mantener tu dispositivo protegido sin que se afecte es el uso de cajas antiestáticas. Además, que al momento que el prototipo obtenga una correcta lectura de los parámetros fisiológicos debe estar en un lugar fijo y por consiguiente el paciente debe estar relajado, ya que algún movimiento o nerviosismo produce una mayor imprecisión en los resultados.

Se recomienda que, la investigación siga siendo mejorada ya que queda demostrado que este dispositivo al ser aplicada en un entorno real cumple con total determinación la satisfacción de personas que conformaron parte de la muestra. También existen sensores qué se pensaron utilizar dentro del proyecto para que este dispositivo tenga mayor exactitud los cuales no fueron posibles agregarlos ya que son muy difíciles de adquirir dentro del Ecuador y que solamente los equipos médicos lo llevan equipado.

REFERENCIAS

[1] A. Benjemmaa, H. Ltifi, and M. Ben Ayed, *Design of Remote Heart Monitoring System for Cardiac Patients*, vol. 926. Springer International Publishing, 2020.

[2] U. Arun, S. Natarajan, and R. R. Rajanna, "A novel IoT- Cloud based real time cardiac monitoring Approach using NI myRIO-1900," *2018 IEEE 3rd Int. Conf. Circuits, Control. Commun. Comput. I4C 2018*, pp. 1–4, 2018, doi: 10.1109/CIMCA.2018.8739701.

[3] C. Rotariu, R. G. Bozomitu, A. Pasarica, D. Arotaritei, and H. Costin, "Medical system based on wireleless sensors for real time remote monitoring of people with disabilities," *2017 E-Health Bioeng. Conf. EHB 2017*, pp. 753–756, 2017, doi: 10.1109/EHB.2017.7995533.

[4] I. Costanzo, S. Member, D. Sen, S. Member, and L. Rhein, "Respiratory Monitoring : current state of the art and future roads," vol. 3333, no. c, 2020, doi: 10.1109/RBME.2020.3036330.

[5] A. Luong, S. Madsen, M. Empey, and N. Patwari, "RUBreathing: Non-contact real time respiratory rate monitoring system," *IPSN 2015 - Proc. 14th Int. Symp. Inf. Process. Sens. Networks (Part CPS Week)*, pp. 412–413, 2015, doi: 10.1145/2737095.2737133.

[6] C. Rotariu, C. Cristea, D. Arotaritei, R. G. Bozomitu, and A. Pasarica, "Continuous respiratory monitoring device for detection of sleep apnea episodes," *2016 IEEE 22nd Int. Symp. Des. Technol. Electron. Packag. SIITME 2016*, pp. 106–109, 2016, doi: 10.1109/SIITME.2016.7777255.

[7] S. Vlad and R. V. Ciupa, "Real-Time System for Continuous and Remote Monitoring of Respiration during Sleep Using Wireless Sensors Networks," *IFMBE Proc.*, vol. 44, no. June, pp. I–IV, 2014, doi: 10.1007/978-3-319-07653-9.

[8] J. J. Perez, A. J. Saldarriaga, and J. Bustamante, "A wireless body sensor network platform to measure vital signs in clinical monitoring," *Pan Am. Heal. Care Exch. PAHCE*, 2013, doi: 10.1109/PAHCE.2013.6568301.

[9] M. A. Benítez, C. Velasco, A. R. Sequeira, J. Henríquez, F. M. Menezes, and F. Paolucci, "Responses to COVID-19 in five Latin American countries," *Heal. Policy Technol.*, no. xxxx, 2020, doi: 10.1016/j.hlpt.2020.08.014.

[10] J. M. Centro Provincial de Información de Ciencias Médicas de Camagüey and M. Acosta Silva, "Possible cardiovascular risk factors in patients with arterial hypertension in three neighbourhoods from Esmeraldas, Ecuador," *Rev. Arch. Médico Camagüey*, vol. 21, no.

3, pp. 361–369, 2017, [Online]. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-02552017000300007.

[11] S. A. Butt, J. L. Diaz-Martinez, T. Jamal, A. Ali, E. De-La-Hoz-Franco, and M. Shoaib, "IoT Smart Health Security Threats," *Proc. - 2019 19th Int. Conf. Comput. Sci. Its Appl. ICCSA 2019*, pp. 26–31, 2019, doi: 10.1109/ICCSA.2019.000-8.

[12] B. Hammi, R. Khatoun, S. Zeadally, A. Fayad, and L. Khoukhi, "IoT technologies for smart cities," *IET Networks*, vol. 7, no. 1, pp. 1–13, 2018, doi: 10.1049/iet-net.2017.0163.

[13] G. Banda, C. K. Bommakanti, and H. Mohan, "One IoT: an IoT protocol and framework for OEMs to make IoT-enabled devices forward compatible," *J. Reliab. Intell. Environ.*, vol. 2, no. 3, pp. 131–144, 2016, doi: 10.1007/s40860-016-0027-5.

[14] M. M. Aborokbah, S. Al-Mutairi, A. K. Sangaiah, and O. W. Samuel, "Adaptive context aware decision computing paradigm for intensive health care delivery in smart cities—A case analysis," *Sustain. Cities Soc.*, vol. 41, no. May 2017, pp. 919–924, 2018, doi: 10.1016/j.scs.2017.09.004.

[15] U. Satija, B. Ramkumar, and S. M. Manikandan, "Real-Time Signal Quality-Aware ECG Telemetry System for IoT-Based Health Care Monitoring," *IEEE Internet Things J.*, vol. 4, no. 3, pp. 815–823, 2017, doi: 10.1109/JIOT.2017.2670022.

[16] B. Mortazavi, M. Pourhomayoun, H. Ghasemzadeh, R. Jafari, C. K. Roberts, and M. Sarrafzadeh, "Context-Aware Data Processing to Enhance Quality of Measurements in Wireless Health Systems: An Application to MET Calculation of Exergaming Actions," *IEEE Internet Things J.*, vol. 2, no. 1, pp. 84–93, 2015, doi: 10.1109/JIOT.2014.2364407.

[17] R. Patan, G. S. Pradeep Ghantasala, R. Sekaran, D. Gupta, and M. Ramachandran, "Smart healthcare and quality of service in IoT using grey filter convolutional based cyber physical system," *Sustain. Cities Soc.*, vol. 59, 2020, doi: 10.1016/j.scs.2020.102141.

[18] L. A. Duran, "'Enfermería básica' 'signos vitales,'" *Univ. Nac. Mar Plata*, pp. 1–31, 2017, [Online]. Available: www.mdp.edu.ar › cssalud › deptoenfermeria › bajar › archivo.

[19] "Semiología de los signos vitales- Una mirada novedosa a un problema vigente," *Arch Med*, vol. 2, no. 12, pp. 221–240, 2012, [Online]. Available: http://www.redalyc.org/html/2738/273825390009/.

[20] N. Sutar, M. Parihar, R. Ijare, and K. Gowari, "Design and development of SMD based wearable pulse oximeter," *Int. Conf. Commun. Signal Process. ICCSP 2016*, pp. 1812–1816, 2016, doi: 10.1109/ICCSP.2016.7754480.

[21] A. A. C. Carcamo, M. G. M. Reyes, and S. M. S. Urbina, "Low cost Pulse Oximeter using Arduino," *IEEE Chil. Conf. Electr. Electron. Eng. Inf. Commun. Technol. CHILECON*

2019, pp. 1–6, 2019, doi: 10.1109/CHILECON47746.2019.8988029.

[22] "Hemoglobina." https://medlineplus.gov/spanish/ency/esp_imagepages/19510.htm (accessed Feb. 20, 2021).

[23] G. De'Marziani and A. Elbert, "Hemoglobina Glicada. Utilidad y limitaciones en paciente con enfermedad renal crónica.," *Rev. Nefrol. Diálisis y Traspl.*, vol. 38, no. 1, pp. 65–83, 2018, [Online]. Available: https://www.revistarenal.org.ar/index.php/rndt/article/view/300/301.

[24] "En que consiste hipertension pulmonar – Hipertension Pulmonar Argentina." http://www.hipertensionpulmonarargentina.org/en-que-consiste-hipertension-pulmonar/ (accessed Dec. 19, 2020).

[25] J. H. Wilmore and J. H. Wilmore, "Fisiología Del Esfuerzo Y Del Deporte (sexta Edición) Willmore - Costil," p. 794, 2010.

[26] A. Yamamoto *et al.*, "Monitoring respiratory rates with a wearable system using a stretchable strain sensor during moderate exercise," *Med. Biol. Eng. Comput.*, vol. 57, no. 12, pp. 2741–2756, 2019, doi: 10.1007/s11517-019-02062-2.

[27] "Niveles pulsaciones normales." https://revistadigital.inesem.es/biosanitario/pulsaciones/ (accessed Dec. 19, 2020).

[28] E. G. García, F. J. G. Gómez, M. G. Pion, and M. G. Alonso-Colmenares, "Arritmias cardiacas en Urgencias," *Med.*, vol. 11, no. 87, pp. 5175–5184, 2015, doi: 10.1016/j.med.2015.09.010.

[29] D. María and V. Ramos, "Aspectos destacados del Documento de consenso para el manejo de las arritmias asintomáticas," *Rev. Uruguaya Cardiol.*, vol. 34, no. 2, pp. 170–174, 2019, doi: 10.29277/cardio.34.2.8.

[30] P. M. Mohan, V. Nagarajan, and A. A. Nisha, "A frame work to estimate heart rate and arterial oxygen saturation (Spo2)," *Proc. 2017 IEEE Int. Conf. Commun. Signal Process. ICCSP 2017*, vol. 2018-Janua, pp. 1645–1648, 2018, doi: 10.1109/ICCSP.2017.8286669.

[31] M. Boloursaz Mashhadi, E. Asadi, M. Eskandari, S. Kiani, and F. Marvasti, "Heart Rate Tracking using Wrist-Type Photoplethysmographic (PPG) Signals during Physical Exercise with Simultaneous Accelerometry," *IEEE Signal Process. Lett.*, vol. 23, no. 2, pp. 227–231, 2015, doi: 10.1109/lsp.2015.2509868.

[32] M. Sarkar, N. Niranjan, and P. K. Banyal, "Mechanisms of hypoxemia," *Lung India*, vol. 34, no. 1, pp. 47–60, 2017, doi: 10.4103/0970-2113.197116.

[33] K. Oliver, "La importancia de la temperatura corporal central Fisiopatología y métodos de medición," *Dräger Med.*, p. 49, 2013.

[34] S. Trivedi and A. N. Cheeran, “Android based health parameter monitoring,” *Proc. 2017 Int. Conf. Intell. Comput. Control Syst. ICICCS 2017*, vol. 2018-Janua, pp. 1145–1149, 2017, doi: 10.1109/ICCONS.2017.8250646.

[35] Y. A. Picón-Jaimes, J. E. Orozco-Chinome, J. Molina-Franky, and M. P. Franky-Rojas, “Control central de la temperatura corporal y sus alteraciones: fiebre, hipertermia e hipotermia,” *MedUNAB*, vol. 23, no. 1, pp. 118–130, 2020, doi: 10.29375/01237047.3714.

[36] “Hipotermia.” https://www.fesemi.org/informacion-pacientes/conozca-mejor-su-enfermedad/hipotermia (accessed Dec. 23, 2020).

[37] M. Görges *et al.*, “Evaluating NeuroSENSE for assessing depth of hypnosis during desflurane anesthesia: an adaptive, randomized-controlled trial,” *Can. J. Anesth.*, vol. 67, no. 3, pp. 324–335, 2020, doi: 10.1007/s12630-019-01522-5.

[38] “Simulador de paciente para cuidados - HAL® S3201 - Gaumard - cuerpo entero / con monitor de constantes vitales.” https://www.medicalexpo.es/prod/gaumard/product-74992-535853.html (accessed Dec. 24, 2020).

[39] “Monitor preconfigurado diseñado para su uso en pacientes neunatos adultos.” http://www.elproveedordelmedico.com/monitores/monitor-preconfigurado-diseñado-para-su-uso-en-pacientes-neonatos-a-adultos-detail (accessed Dec. 24, 2020).

[40] “Monitor Modular | Future Medical Corp.” https://www.futmedcorp.com/es/monitor-modular/ (accessed Dec. 24, 2020).

[41] L. E. Ferrera and J. M. Caballero, “Health quadrant mhealth application: A performance analysis of the heart rate accuracy vis a vis a pulse oximeter,” *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, vol. Part F1376, no. 2016, pp. 54–60, 2018, doi: 10.1145/3205946.3205954.

[42] C. A. Gómez García and J. Velasco Medina, “Sistema de pulsioximetría y capnografía para dispositivos móviles Android,” *Rev. Ing. Biomédica*, vol. 8, no. 15, pp. 36–44, 2014, doi: 10.24050/19099762.n15.2014.593.

[43] “Los oxímetros de dedo y su importancia en el combate contra el COVID-19 | Academia de Ciencias de Morelos, A.C.” http://acmor.org/articulo/los-oximetros-de-dedo-y-su-importancia-en-el-combate-contra-el-covid-19 (accessed Dec. 25, 2020).

[44] S. Bencomo, S. Villazana, and B. Salas, “Design and construction of a pulse oximeter . Diseño y construcción de un oxímetro de pulso .,” *Rev. Ing. UC*, vol. 23, no. 2, pp. 162–171, 2016, [Online]. Available: https://www.redalyc.org/pdf/707/70746634007.pdf.

[45] Cristian Camilo Velandia, “Resultado de la ejecución del banco de filtros,” 2013. https://www.researchgate.net/figure/Resultado-de-la-ejecucion-del-banco-de-filtros-Fuente-autores_fig6_319146237 (accessed Dec. 25, 2020).

[46] R. Narasimhan, T. Parlikar, G. Verghesel, and M. V. McConnell, “Finger-wearable blood pressure monitor,” *Proc. Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. EMBS*, vol. 2018-July, pp. 3792–3795, 2018, doi: 10.1109/EMBC.2018.8513065.

[47] J. Teller, M. Ragazzi, G. D. Simonetti, and S. A. G. Lava, “Accuracy of tympanic and forehead thermometers in private paediatric practice,” *Acta Paediatr. Int. J. Paediatr.*, vol. 103, no. 2, pp. 80–83, 2015, doi: 10.1111/apa.12464.

[48] P. M. Products, “Termómetro clínico digital,” pp. 1–4, 2015.

[49] Á. Custodio and Z. Balza, “Sistema de medición de temperatura sin contacto con el proceso,” *Universidad, Cienc. y Tecnol.*, vol. 10, no. 38, pp. 73–76, 2006, Accessed: Jan. 23, 2022. [Online]. Available: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212006000200005&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

[50] “Termografía aplicada para temperatura corporal - COVID-19 - The Big Bang Physics.” https://thebigbangphysics.es/termografia-aplicada-para-temperatura-corporal-covid-19/ (accessed Jan. 23, 2022).

[51] C. Viloria Núñez, P. Sanmartín Mendoza, K. Avila Hernández, and D. Jabba Molinares, “Internet de las cosas y la Salud centrada en el Hogar,” *Rev. Científica Salud Uninorte*, vol. 32, no. 2, pp. 337–351, 2016.

[52] I. Ramírez Gorostizaga, “Diseño hardware y desarrollo de librerías para la implementación de una plataforma open source basada en un microcontrolador PIC como alternativa a la plataforma Arduino UNO,” 2016, [Online]. Available: http://dspace.uib.es/xmlui/handle/11201/151533.

[53] M. Vicuña, Hernandez and V. Molina, *Arduino y el Internet de las cosas*. 2018.

[54] J. Candelario Elías Tutor and A. Luque Estepa, “Implementación de WPS en el firmware NodeMCU para el ESP8266,” p. 85, 2016.

[55] E. MARTINEZ-BRAVO, Oscar Mario, ROMAN-KALISCH, Manuel Arturo,SOUSA-GONZÁLEZ, “Revista de Ingenería Electríca,” Perú, p. 72, 2017.

[56] “Nodemcu Lua Wifi Basado En Esp8266 .” https://demosspro.com/cb/inicio/423-nodemcu-lua-wifi-basado-en-esp8266-ver-3.html (accessed Jul. 13, 2021).

[57] “NodeMCU – Board de desarrollo módulo ESP8266 .” https://electronilab.co/tienda/nodemcu-board-de-desarrollo-con-esp8266-wifi-y-lua/ (accessed Jul. 13, 2021).

[58] C. S. Caiza Páez and R. A. Lara Cueva, “Evaluación del desempeño de la tecnología wifi en concordancia con los estándares IEEE 802.11 b/g/n en el interior de una cámara

anecoica para la banda de 2.4 GHz / Performance evaluation of technology Wi-Fi in conformance with IEEE 802.11 b/g/n into an a," *RECI Rev. Iberoam. las Ciencias Comput. e Informática*, vol. 8, no. 15, pp. 22–44, 2019, doi: 10.23913/reci.v8i15.92.

[59] M. Patel and N. Choudhary, "A dynamic cross-layer mapping to support real time multimedia applications over IEEE 802.11n," *2017 Int. Conf. Energy, Commun. Data Anal. Soft Comput. ICECDS 2017*, pp. 3474–3478, 2018, doi: 10.1109/ICECDS.2017.8390107.

[60] J. C. G. MANZO, "Análisis de las vulnerabilidades de las redes inalámbricas de RG intelligent de la parroquia la unión, para mejorar la disponibilidad del servicio," p. 21, 2021.

[61] M. Cristina, B. Díaz, J. Carlos, G. Garzón, and G. Y. Borja, "Desarrollo de un monitor de laboratorio de la variabilidad de la frecuencia cardíaca.," pp. 1–9, 2019, [Online]. Available: https://sextante-ensb.com/index.php/inicio/article/view/21/32.

[62] N. H. , ,, Wijaya, Z. Oktavihandani, K. Kunal, E. T.Helmy, and P. T. Nguyen, "The Design of Tympani Thermometer Using Passive Infrared Sensor," *J. Robot. Control*, vol. 1, no. 1, pp. 27–30, 2020, doi: 10.18196/jrc.1106.

[63] "Sensor de Temperatura infrarrojo GY-906 MLX90614 ." https://uelectronics.com/producto/sensor-de-temperatura-infrarrojo-gy-906-mlx90614/ (accessed Apr. 23, 2021).

[64] C. A. Andrade Parreño, "Diseño E Implementación De Un Sistema Cliente-Servidor Para El Envío De Posición Y Signos Vitales De Mascotas Sobre Dispositivos Móviles En La Plataforma Android," p. 230, 2016, [Online]. Available: https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/12016/3/T-ESPE-053447.pdf.

[65] A. Onubeze, "Developing a Wireless Heart Rate Monitor with MAX30100 and nRF51822," *Helsinki Metrop. Univ. Appl. Sci.*, no. October, p. 13, 2016, [Online]. Available: http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2016120118617.

[66] D. Padilla Alvarado, "Sistema para la monitorización de oxígeno en sangre," pp. 1–104, 2019, [Online]. Available: https://hdl.handle.net/10953.1/8878.

[67] "MAX30100 Sensor Datasheet ." https://datasheetspdf.com/pdf/950845/MaximIntegrated/MAX30100/1 (accessed Jul. 15, 2021).

[68] F. Arrieta and S. E. Canto, "Oxímetro de pulso con pletismografía por reflexión implementando el módulo MAX30100 mediante procesamiento digital con interfaz gráfica .," vol. 2, pp. 419–422, 2017.

[69] R. M. López, “Programación e integración de interfaz de pantalla táctil accesible para pressmatic,” p. 6, 2015.

[70] N. Bartres, “PECERA AUTOMATIZADA, MONITORIZADA POR PANTALLA LCD Y POR MOVIL VIA BLUETOOTH, BASADA EN LA PLATAFORMA ARDUINO,” *Zaguan.Unizar.Es*, vol. 2021, no. 1, pp. 0–43, 2019, [Online]. Available: http://zaguan.unizar.es/TAZ/EUCS/2014/14180/TAZ-TFG-2014-408.pdf.

[71] S. M. B. De Oliveira, “Usando displays de texto LCD 16x2 con Arduino MATERIAL REQUERIDO Arduino Uno o similar Un protoboard Cables para unir Arduino y protoboard Un Potenciómetro,” vol. 2, pp. 1–8, 2018.

[72] “Pantalla LCD I2C en Arduino | Aprendiendo Arduino.” https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2018/10/17/pantalla-lcd-i2c-en-arduino/ (accessed Jan. 24, 2022).

[73] E. Perales, E. Chorro, M. C. García-Domene, and M. D. de Fez, “Características colorimétricas de una pantalla con tecnología OLED,” *Opt. Pura y Apl.*, vol. 43, no. 3, pp. 173–180, 2010.

[74] L. Oled, U. Oled, C. Sdd, and C. Sh, “Pantalla OLED SSD1306-SH1106 I2C-SPI 7 Pines,” p. 10, 2016.

[75] SOLOMON SYSTECH, “Ssd1306,” *Arboric. J.*, vol. 3, no. 7, pp. 568–568, 2012, [Online]. Available: https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/SSD1306.pdf.

[76] “SSD1306 pantalla OLED con Arduino y ESP8266 I2C.” https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/ssd1306-pantalla-oled-con-arduino/ (accessed Jan. 24, 2022).

[77] M. Mora and K. Urrego, “Monografía Internet De Las Cosas : Modelos De Comunicación , Desafíos Y Aplicaciones,” pp. 49–52, 2018.

[78] L. Jimenez, “Monitorización de sensores con arduino utilizando el protocolo MQTT,” p. 2016, 2016.

[79] “MQTT.” https://borrowbits.com/2020/04/mqtt-vs-http-que-protocolo-es-mejor-para-iot/ (accessed Jul. 26, 2021).

[80] C. N. González, D. R. Rodríguez H., C. A. Talay, F. A. Trinidad, and M. L. Almada, “Análisis de rendimiento y equidad en TCP,” *XXI Work. Investig. en Ciencias la Comput. (WICC 2019)*, pp. 106–109, 2019.

[81] “ PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN .” https://www.timetoast.com/timelines/protocolos-de-comunicacion-142a7623-7da3-4042-94d4-dc59063d3b5c (accessed Sep. 02, 2021).

[82] E. Guzmán, A. Máter, S. Luis, and C. Marx, “Protocolo de comunicación TCP / IP y ethernet,” 2018.

[83] “Lanzan un hardware capaz de consultar la IP.” https://www.c3po.es/lanzan-un-hardware-capaz-de-consultar-la-ip/ (accessed Aug. 09, 2021).

[84] D. E. C. Spi, “Implementación de analizadores de protocolos de comunicaciones SPI, I2C,” 2014.

[85] “Protocolo I2C en VHDL para FPGA .” https://jagumiel.xyz/blog/2018/12/18/protocolo-i2c-en-vhdl-para-fpga/ (accessed Jul. 26, 2021).

[86] J. Enrique and D. Pacheco, “ANALIZADOR DE PROTOCOLO SPI,” 2013.

[87] RODRIGO MARTINEZ JACOBSON, “Comparativa y estudio de plataformas IoT,” Universidad Técnica de Catalunya, 2017.

[88] “¿Qué es y para qué sirve una Plataforma IoT? .” https://www.kiconex.com/que-es-y-para-que-sirve-una-plataforma-iot/ (accessed Feb. 13, 2022).

[89] I. A. López Salas, “Sistema De Monitoreo, Telemetria Y Telecontrol Mtt-Ss17,” pp. 2–29, 2018.

[90] M. Belmonte, “Diseño e implementación de un sistema de alarma IoT basada en tecnologías Open Source.,” pp. 0–209, 2019.

[91] “Estación meteorológica con Python en ESP32 y Ubidots - Hackster.io.” https://www.hackster.io/karimhamdy1/weather-station-using-python-on-esp32-and-ubidots-d2732a (accessed Aug. 08, 2021).

[92] M. Quiñones Cuenca, V. González Jaramillo, M. Jumbo, and R. Torres, “Sistema De Monitoreo de Variables Medioambientales Usando Una Red de Sensores Inalámbricos y Plataformas De Internet De Las Cosas,” *Enfoque UTE*, vol. 8, no. 1, pp. 329–343, 2017, [Online]. Available: http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/.

[93] “How Ubidots works?” https://docs.ubidots.com/v1.6/reference#how-ubidots-works (accessed Aug. 08, 2021).

[94] O. Kdp, D. Iu, O. Erxkhggd, and J. Frp, “Smart Irrigation System Base Thingspeak and Arduino,” no. November, pp. 7–10, 2018.

[95] “Thingspeak | Aprendiendo Arduino.” https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2018/11/23/thingspeak/ (accessed Feb. 13, 2022).

[96] “IoT Application Platforms .” https://just-iot.com/home/technology/application-platforms/ (accessed Aug. 09, 2021).

[97] H. Shim *et al.*, “EXPLORACIÓN DE LAS PLATAFORMAS IoT EN EL MERCADO

PARA FOMENTAR EL CONOCIMIENTO, BUEN USO Y EFECTIVIDAD DE LOS DISPOSITIVOS IoT CREADOS EN LA FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS BASICAS DE LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA POLITÉCNICO GRANCOLOMBIANO," *Adv. Opt. Mater.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–9, 2018, [Online]. Available: https://doi.org/10.1103/PhysRevB.101.089902%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.nantod.2015.04.009%0Ahttp://dx.doi.org/10.1038/s41467-018-05514-9%0Ahttp://dx.doi.org/10.1038/s41467-019-13856-1%0Ahttp://dx.doi.org/10.1038/s41467-020-14365-2%0Ahttp://dx.doi.org/1.

[98] A. Sunyaev, "Middleware," Springer., 2020, pp. 125–126.

[99] J. L. López, D. Villanueva, H. Estrada, and M. R. Zarate, "Middleware aplicado a la simulación de fluidos con técnicas de realidad aumentada," *Res. Comput. Sci.*, vol. 147, no. 8, pp. 265–276, 2018, doi: 10.13053/rcs-147-8-20.

[100] M. A. Razzaque, M. Milojevic-Jevric, A. Palade, and S. Cla, "Middleware for internet of things: A survey," *IEEE Internet Things J.*, vol. 3, no. 1, pp. 70–95, 2016, doi: 10.1109/JIOT.2015.2498900.

[101] L. Delía, G. Cáseres, H. Ramón, P. Thomas, and R. Bertone, "Framework para el Desarrollo Ágil de Aplicaciones Web," pp. 289–299, 2015.

[102] M. C. Albornoz, M. Berón, and G. A. Montejano, "Interfaz gráfica de usuario: el usuario como protagonista del diseño," *XIX Work. Investig. en Ciencias la Comput. (WICC 2017, ITBA, Buenos Aires).*, pp. 570–574, 2017, [Online]. Available: http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/62078.

[103] J. Kim and C. Lutteroth, "Multi-Platform document-Oriented GUIs," pp. 27–34, 2010.

[104] M. Medhat Kamal, S. M. Darwish, and A. Elfatatry, "Enhancing the automation of GUI testing," *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, no. 1, pp. 66–70, 2019, doi: 10.1145/3328833.3328842.

[105] S. I. Mariño and P. L. Alfonzo, "Evaluating web accesibility. A proposal to training in the subject," *Campus Virtuales*, vol. 6, no. 2, pp. 21–30, 2017.

[106] F. F. Redrován Castillo, N. M. Loja Mora, K. D. Correa Elizaldes, and J. I. Piña Orozco, "Estado Del Arte: Métricas De Calidad Para El Desarrollo De Aplicaciones Web," *3C Tecnol. innovación Apl. a la pyme*, vol. 6, no. 4, pp. 1–12, 2017, doi: 10.17993/3ctecno.2017.v6n4e24.1-12.

[107] J. Luis and M. Mejia, *Actitud hacia la educación virtual en estudiantes de la licenciatura en administración de la UNESR , núcleo Barquisimeto*, no. May 2018. 2019.

[108] C. Álvarez Muñoz, “Principios de diseño de interfaz de usuario,” *OpenWebinars.net*, vol. 1, pp. 143–155, 2017, [Online]. Available: https://openwebinars.net/blog/principios-de-diseno-de-interfaz-de-usuario/.

[109] H. P. M. VACA, “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE CERRADURA CON REGISTRO DE ACCESO, SUPERVISIÓN REMOTA Y VIDEOVIGILANCIA,” 2021.

[110] “Cómo enviar cientos de valores a la aplicación Blynk.” https://solarduino.com/how-to-send-hundred-of-values-to-blynk-app-without-disconnection-problem/ (accessed Sep. 27, 2021).

[111] F. Enrique and O. Sistemas, “Sistemas de prototipado rápido del Internet de las Cosas (IoT),” Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 2019.

[112] “Blynk | Aprendiendo Arduino.” https://aprendiendoarduino.wordpress.com/category/blynk/ (accessed Feb. 13, 2022).

[113] M. Ortiz Monet, “IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE PLATAFORMAS EN LA NUBE PARA SERVICIOS DE IoT,” 2019.

[114] “Kaa IoT demo for Android - APK Download.” https://apkpure.com/es/kaa-iot-demo/org.kaaproject.livedemo (accessed Sep. 28, 2021).

[115] M. Martínez, “Desarrollo de proyectos IoT utilizando Raspberry Pi como plataforma,” 2017.

[116] D. Ant and M. Pacheco, “Internet de las Cosas. Diseño, desarrollo e implementación de un prototipo de vivienda domótica integrando las plataformas Arduino y Android,” Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, 2015.

[117] “Arduino IoT Cloud Remote Control para sus proyectos Maker | Hardware de Tom.” https://www.tomshardware.com/news/arduino-iot-cloud-remote-control-for-your-maker-projects (accessed Feb. 11, 2022).

[118] “Normas ISO.” https://www.isotools.org/normas/ (accessed Sep. 28, 2021).

[119] “NORMAS ISO 25000.” https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000?limit=4&limitstart=0 (accessed Sep. 28, 2021).

[120] “ISO - ISO/IEC 9126-1:2001 - Software engineering — Product quality — Part 1: Quality model.” https://www.iso.org/standard/22749.html (accessed Sep. 28, 2021).

[121] “ISO - ISO/IEC 25000:2014 - Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — Guide to SQuaRE.” https://www.iso.org/standard/64764.html (accessed Sep. 28, 2021).

[122] S. Esponda, A. Pasini, and M. Boracchia, “Guía para evaluar calidad de datos basada en

ISO / IEC 25012," 2019.

[123] "ISO 25012." https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/iso-25012 (accessed Sep. 29, 2021).

[124] M. J. Rodrigues, O. Postolache, and F. Cercas, "Wireless sensor network for cardiac activity monitoring," *2019 7th E-Health Bioeng. Conf. EHB 2019*, pp. 23–26, 2019, doi: 10.1109/EHB47216.2019.8969873.

[125] M. Patil, A. Madankar, and P. D. Khandait, "Heart Rate Monitoring System," *2019 5th Int. Conf. Adv. Comput. Commun. Syst. ICACCS 2019*, pp. 574–576, 2019, doi: 10.1109/ICACCS.2019.8728501.

[126] D. Murali, D. R. Rao, S. R. Rao, and M. Ananda, "Pulse Oximetry and IOT based Cardiac Monitoring Integrated Alert System," *2018 Int. Conf. Adv. Comput. Commun. Informatics, ICACCI 2018*, pp. 2237–2243, 2018, doi: 10.1109/ICACCI.2018.8554425.

[127] D. López, S. Tutor, C. Pérez, F. Cotutor, : Fulgencio, and M. Meoro, "Diseño E Implementación De Un Pulsioxímetro," p. 54, 2017, [Online]. Available: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/91753/LÓPEZ - Diseño e implementación de un pulsioxímetro.pdf?sequence=1.

[128] H. Ren, H. Jin, C. Chen, H. Ghayvat, and W. Chen, "A Novel Cardiac Auscultation Monitoring System Based on Wireless Sensing for Healthcare," *IEEE J. Transl. Eng. Heal. Med.*, vol. 6, no. April, pp. 1–12, 2018, doi: 10.1109/JTEHM.2018.2847329.

[129] D. Angelin, E. Daniel, G. J. L. Paulraj, and S. Durga, "A Cost Effective Framework for Heart Signal Monitoring System," *2020 6th Int. Conf. Adv. Comput. Commun. Syst. ICACCS 2020*, pp. 655–660, 2020, doi: 10.1109/ICACCS48705.2020.9074230.

[130] Asamblea Nacional del Ecuador, "Ley Orgánica de Emprendimiento e Innovación." p. 30, 2020, [Online]. Available: https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2020-07/151 Expídase la Ley Orgánica de Emprendimiento e InnovaciónLey Orgánica de Emprendimiento e Innovación.pdf.

[131] Asamblea Nacional del Ecuador, "Ley organica de salud-Ecuador," *Plataforma Profesional de Investigacion Jurídica*. p. 13, 2015, [Online]. Available: https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2017/03/LEY-ORGÁNICA-DE-SALUD4.pdf.

[132] Asamblea Nacional, "Ley Orgánica De Telecomunicaciones," *Regist. Of. Órgano N° 439 del Gob. del Ecuador*, vol. Tercer Sup, pp. 1–40, 2015, [Online]. Available: http://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/05/Ley-Orgánica-de-Telecomunicaciones.pdf.

[133] Registro oficial: Organo del Gobierno del Ecuador, “Código Orgánico De La Economía Social De Los Conocimientos, Creatividad E Innovación,” *Registro Oficial*, vol. IV. p. 113, 2016, [Online]. Available: http://www.wipo.int/edocs/lexdocs/laws/es/ec/ec075es.pdf.

[134] I. Cualitativa, “Investigación cualitativa,” vol. 1, 2020.

[135] H. M. Tan *et al.*, “Métodos y técnicas de investigación cuantitativa y cualitativa,” *Malaysian J. Public Heal. Med.*, vol. 15, no. 2, pp. 17–23, 2015.

[136] “Investigación de laboratorio: qué estudia, tipos, ventajas, desventajas,” 2020. https://www.lifeder.com/investigacion-de-laboratorio/ (accessed Jan. 20, 2021).

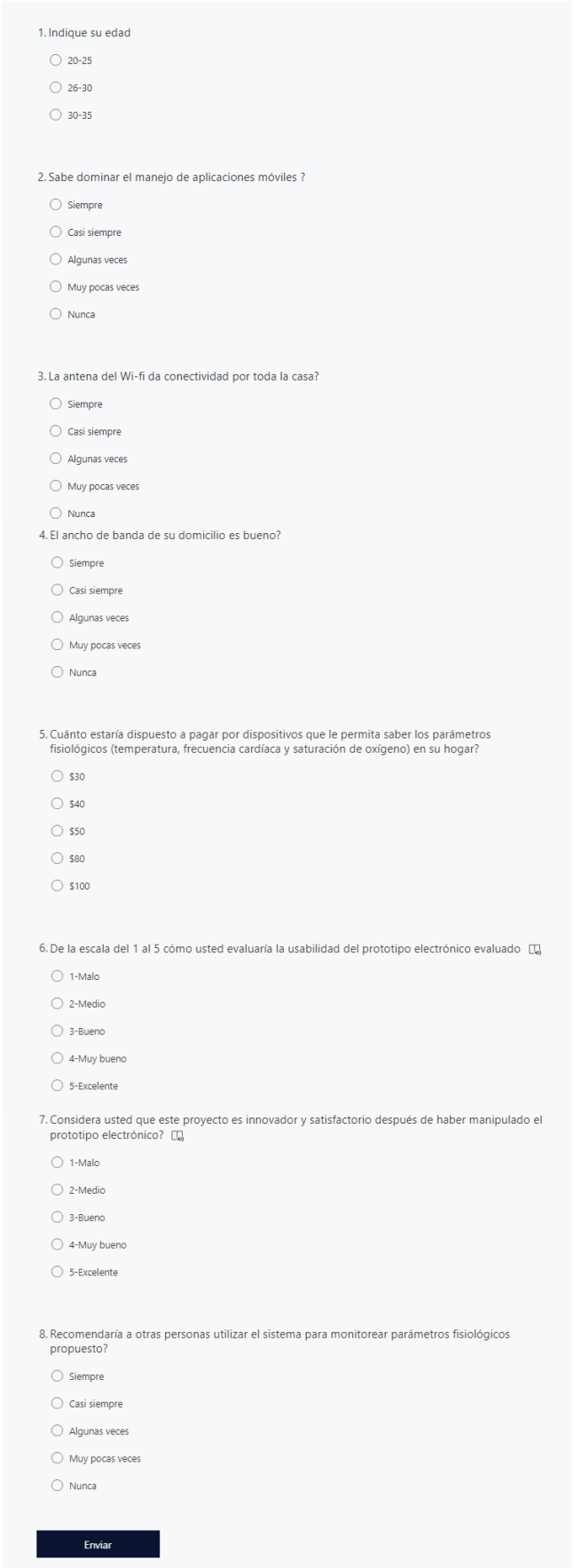
[137] “Significado de Método inductivo .” https://www.significados.com/metodo-inductivo/ (accessed Feb. 08, 2021).

[138] “Significado de Método deductivo.” https://www.significados.com/metodo-deductivo/ (accessed Feb. 08, 2021).

[139] “Método Experimental.” https://101metodos.xyz/experimental/ (accessed Feb. 09, 2021).

ANEXOS

Anexo 1: Encuesta a los docentes de la PUCESE



1. Indique su edad
   - 20-25
   - 26-30
   - 30-35

2. Sabe dominar el manejo de aplicaciones móviles ?
   - Siempre
   - Casi siempre
   - Algunas veces
   - Muy pocas veces
   - Nunca

3. La antena del Wi-fi da conectividad por toda la casa?
   - Siempre
   - Casi siempre
   - Algunas veces
   - Muy pocas veces
   - Nunca

4. El ancho de banda de su domicilio es bueno?
   - Siempre
   - Casi siempre
   - Algunas veces
   - Muy pocas veces
   - Nunca

5. Cuánto estaría dispuesto a pagar por dispositivos que le permita saber los parámetros fisiológicos (temperatura, frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno) en su hogar?
   - $30
   - $40
   - $50
   - $80
   - $100

6. De la escala del 1 al 5 cómo usted evaluaría la usabilidad del prototipo electrónico evaluado
   - 1-Malo
   - 2-Medio
   - 3-Bueno
   - 4-Muy bueno
   - 5-Excelente

7. Considera usted que este proyecto es innovador y satisfactorio después de haber manipulado el prototipo electrónico?
   - 1-Malo
   - 2-Medio
   - 3-Bueno
   - 4-Muy bueno
   - 5-Excelente

8. Recomendaría a otras personas utilizar el sistema para monitorear parámetros fisiológicos propuesto?
   - Siempre
   - Casi siempre
   - Algunas veces
   - Muy pocas veces
   - Nunca

Enviar

Anexo 2: Entrevista para el experto médico

ENTREVISTA AL EXPERTO MÉDICO

Esta entrevista tiene la finalidad de conocer desde su punto de vista la factibilidad de uso del prototipo y la validación de sus datos.

1. Nombre y Apellido del experto médico

Escriba su respuesta

2. Facilidad de uso del prototipo en escala del 1 al 5

- 1-Malo
- 2-Regular
- 3-Bueno
- 4-Muy bueno
- 5-Excelente

3. Nivel de exactitud del prototipo

- 1-Malo
- 2-Regular
- 3-Bueno
- 4-Muy bueno
- 5-Excelente

4. Qué aspectos no le gusta del prototipo propuesto

Escriba su respuesta

5. ¿Has utilizado algo similar?

- Sí
- No

6. ¿Cuál fue la experiencia?

Escriba su respuesta

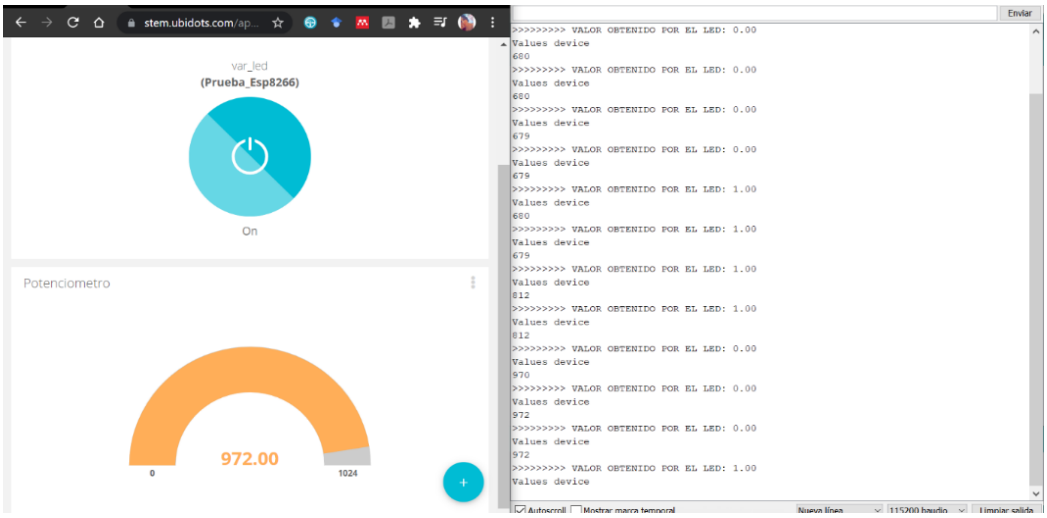
7. Con qué frecuencia toma los parámetros fisiológicos a sus pacientes?

Escriba su respuesta

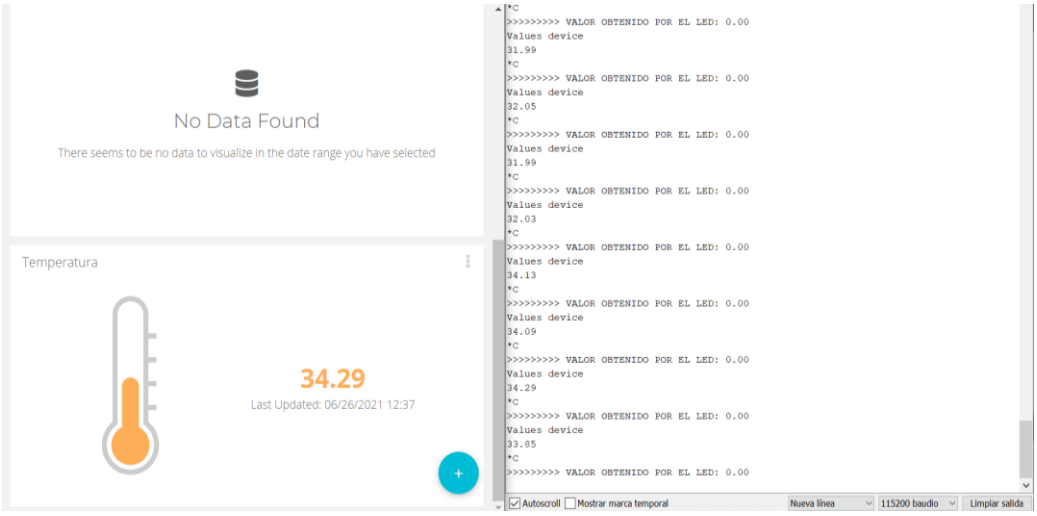
8. Recomendaría a sus colegas utilizar este prototipo electrónico?

- Sí
- No
- Tal vez

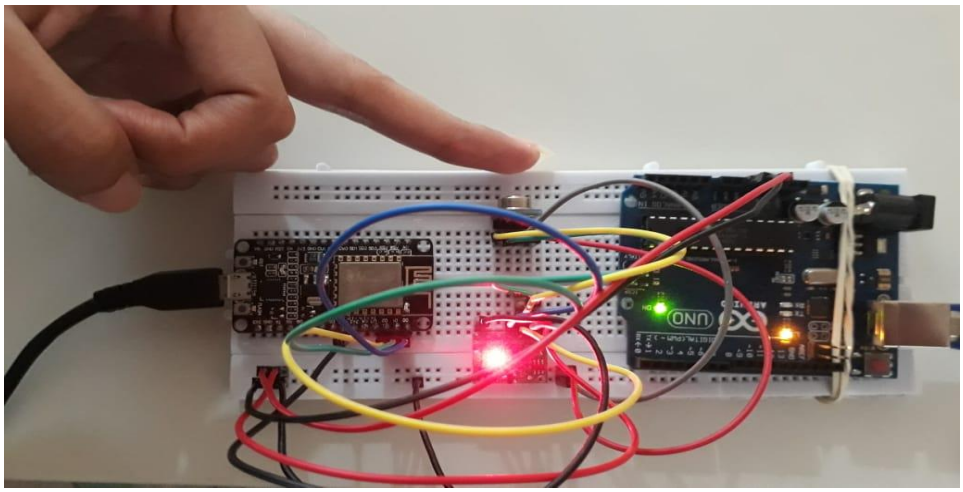
Anexo 3: Probando el Esp8266 con un potenciómetro y Ubidost



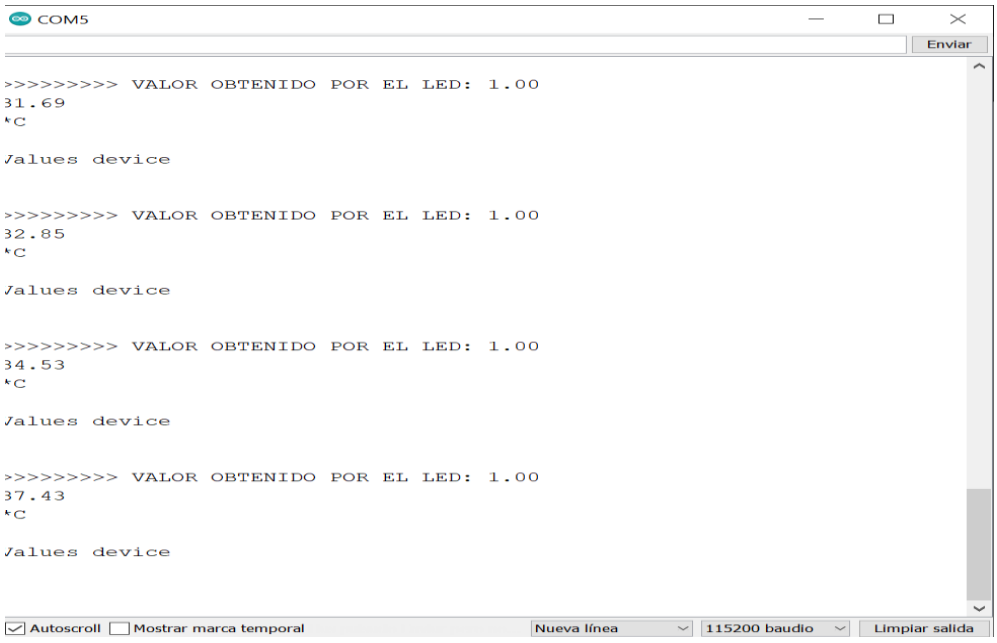
Anexo 4: Prueba unitaria del sensor de temperatura con Ubidots



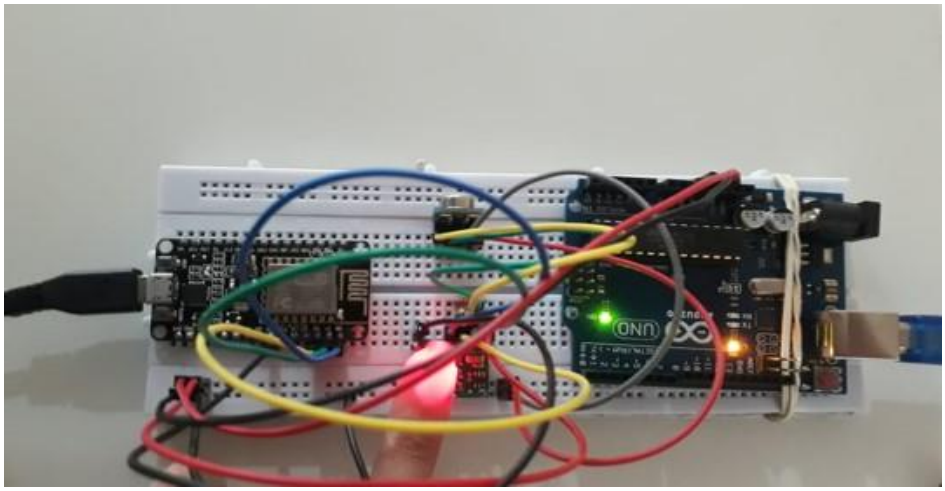
Anexo 5: Prueba unitaria del sensor de temperatura



Anexo 6: Salida de datos del sensor MLX90614



Anexo 7: Prueba unitaria del sensor de frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno



Anexo 8: Primeras pruebas del prototipo electrónico para medir los parámetros fisiológicos con los docentes de la PUCESE en Santa Cruz durante el plan de vacunación






Anexo 9: Enfermera midiendo los parámetros del docente



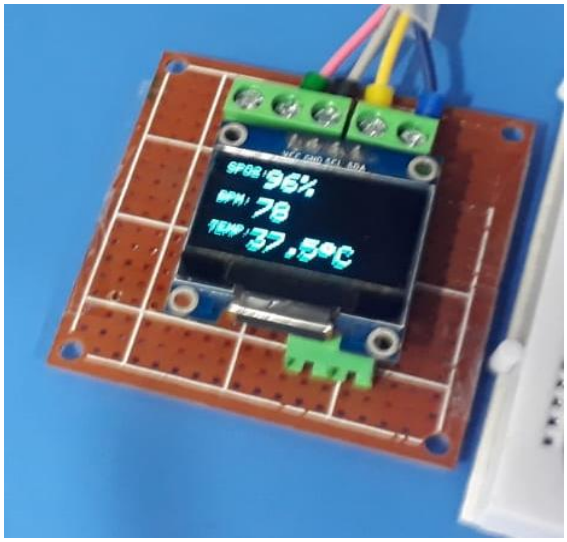
Anexo 10: Ayudante de la carrera de Enfermería



Anexo 11: Pruebas finales con los docentes de la PUCESE

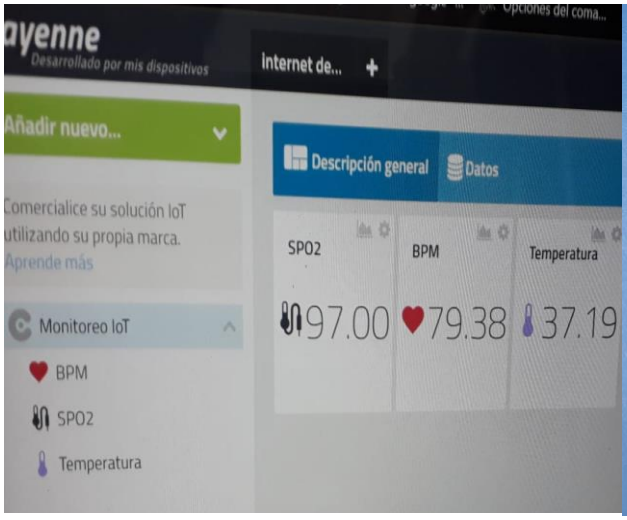
Fuente: Datos de la Investigación
Elaborada por: Alejandra Montenegro

Prueba #1



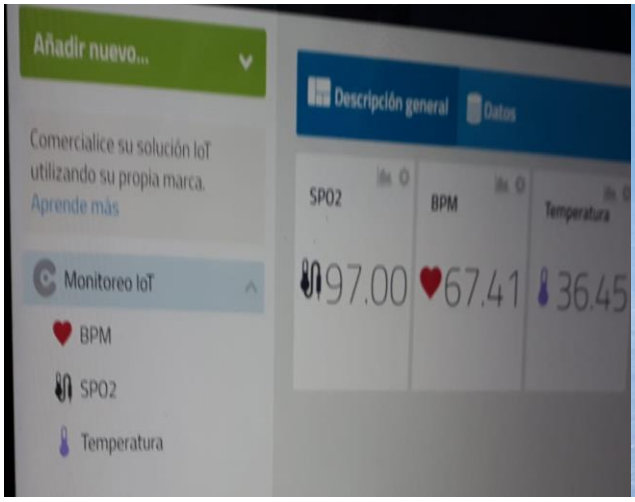


Prueba # 2



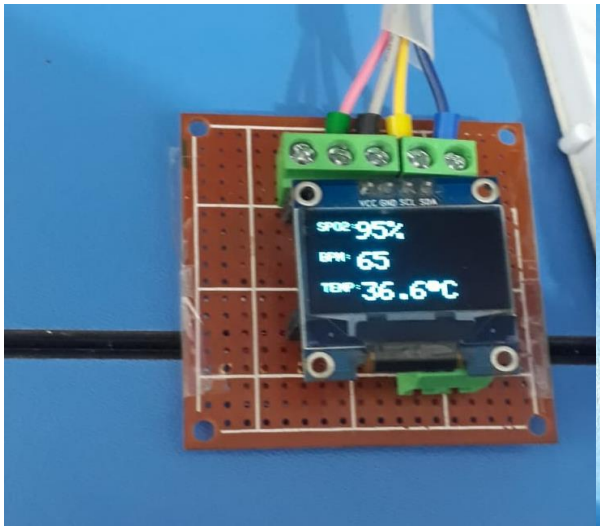


Prueba # 3



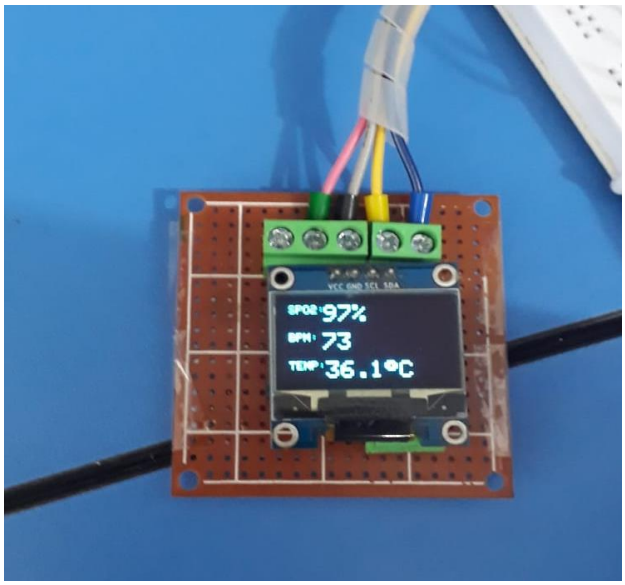


Prueba # 4



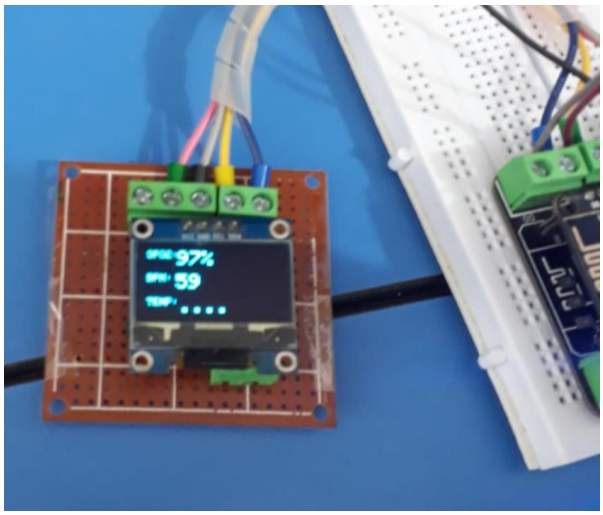


Prueba # 5





Prueba en adulto mayor





Anexo 12: Algoritmo del prototipo

```
//-------LIBRERÍAS PARA COMUNICACION CON IOT---------

#include <ESP8266WiFi.h> // libreria del microcontrolador esp8266
#include <Wire.h> // para la comunicacion I2C
#include <Adafruit_MLX90614.h> // libreria del sensor de temperatura
#include <BlynkSimpleEsp8266.h> // libreria de la app blynk
#include "MAX30100_PulseOximeter.h" // libreria del sensor de frecuencia cardiaca y spo2
#include <Adafruit_SSD1306.h> //Librería para Pantalla OLED
#include <CayenneMQTTESP8266.h> // libreria del servidor cayenne mqtt


#define SCREEN_WIDTH 128    // ancho de pantalla OLED, en píxeles
#define SCREEN_HEIGHT 64    // altura de la pantalla OLED, en píxeles
#define OLED_RESET -1       // Restablecer pin # (o -1 si se comparte el pin de reinicio de Arduino)
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, OLED_RESET);


//-------------------VARIABLES GLOBALES--------------------------
//definir el objeto
PulseOximeter pox;
Adafruit_MLX90614 termometroIR = Adafruit_MLX90614(0x5A);
float BPM, SpO2, temp;
uint32_t tsLastReport = 0;
unsigned long previousMillis = 0;

//Credenciales de Cayenne
char username[50] = "";
char password[50] = "";
char clientID[50] = "";

float temperaturaObjeto;

//Credenciales de Blynk
char auth[] = "";

//Conexion a la red WI-FI
char ssid[] = "";
char pass[] = "";

void onBeatDetected()
{
    Serial.println("Leyendo datos");
}

// Iniciar comunicación serie

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Blynk.begin(auth, ssid, pass); // Comunicacion Blynk
  Wire.begin();
  pox.begin();
  Cayenne.begin(username, password, clientID); //Comunicacion Cayenne
  termometroIR.begin();
  display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C); //Comunicación con lcd SSD1306 OLED 128*64
  display.display(); //Ejecuta el OLED cada 2 segundos
  delay(20000);
  //-----inicia sensor max30100-----
  if (!pox.begin()){
   Serial.println("Conexion Fallida");
    for(;;);
  }
  else{
    Serial.println("Conexion Establecida");
  }
  pox.setOnBeatDetectedCallback(onBeatDetected); //detecta pulso el sensor max30100
  pox.setIRLedCurrent(MAX30100_LED_CURR_24MA);// iluminicidad del sensor max30100
```

```
}

void loop() { //lee en cada momento los sensores, un ciclo repetetivo

  pox.update();

  sensores();
  }


void oledView(){
  unsigned long currentMillis = millis(); //se lo hace para que se actualice los datos cada 3 segundos en Blynk y Cayenne
  if (currentMillis - previousMillis >= 3000) { //
    previousMillis = currentMillis;

    //variables globales para la app Blynk
    int spo2=SpO2;
    int bpm=BPM;

   //----Configuraciones de la pantalla OLED----------
    display.clearDisplay(); //Borra la pantalla
    display.setTextSize(1); //Dimencion de texto
    display.setTextColor(WHITE); //Color del texto
    display.setCursor(0,0); //Posiciona el cursor
    display.print("SPO2: ");
    display.setTextSize(2); // tamaño de la letra
    display.setCursor(29,0);
    display.print(SpO2,0); //valor del sensor
    display.print("%");

    display.setTextSize(1);
    display.setCursor(0,25); //Posiciona del cursor
    display.print("BPM: ");
    display.setTextSize(2);
    display.setCursor(28,25);
    display.print(BPM,0);

    display.setTextSize(1);
    display.setCursor(0,50); //Posiciona del cursor
    display.print("TEMP: ");

 //----Muestra los datos en el monitor serial----
 Serial.print("Temperatura Corporal: ");  Serial.println(temp);
 Serial.print("Heart rate: ");  Serial.print(BPM);
 Serial.print(" bpm , SpO2:");  Serial.print(SpO2);  Serial.println(" %");

 //Envio de datos a Blynk y Cayenne
 Blynk.virtualWrite(V0,"\n" "SPO2:" + String(spo2) + "% BPM:" + String(bpm));
 Cayenne.virtualWrite(V3, SpO2);
 Cayenne.virtualWrite(V4, BPM);

 //Definir el rango minimo y maximo del sensor temperatura
if(temp >=30 && temp <=35.9 || temp > 40.0){ //mide temperatura de 36 a 40, si es de 35.9 devuelve ... en oled

   //Envio de datos a Blynk y Cayenne
   Blynk.virtualWrite(V2, temp);
   Cayenne.virtualWrite(V0, temp);

    display.setTextSize(2);
    display.setCursor(30,50);
    display.print("....");
    display.display();
  }else{
    Blynk.virtualWrite(V2, temp);
    Cayenne.virtualWrite(V0, temp);
    display.setTextSize(2);
    display.setCursor(30,50);
    display.print(temp,1); //muestra un decimal, si no le hace cambio muestra mas decimales
    display.print((char)247); //grafica el circulo que representa el grado en centigrados °C
    display.print("C");
    display.display(); //Ejecuta lo anterior
```

```
  }

} }
void sensores(){
  //Inicia lectura de sensores para que obtenga los datos
  BPM = pox.getHeartRate();
  SpO2 = pox.getSpO2();
  temperaturaObjeto = termometroIR.readObjectTempC();
  calibracion();

  //Definir el rango minimo y maximo del sensor max30100
  if(BPM > 50 and BPM < 220 and SpO2 > 30 and SpO2 <= 100){
    oledView();
  }
  else{
    BPM = 0; SpO2 = 0; temp = 0;
   oledView();
  }
}

//---Calibracion del sensor de temperatura
void calibracion (){

  if (temperaturaObjeto >= 31.0 && temperaturaObjeto <= 31.9){ //obtiene el valor del objeto sin calibrar
      temp = temperaturaObjeto + 5.0; //suma cierta cantidad para tener ese rango al termometro real, para calibrarlo
      }else if (temperaturaObjeto >= 32.0 && temperaturaObjeto <= 32.8){
     temp = temperaturaObjeto + 4.0; // llega a 36.8
    }else {
      temp = temperaturaObjeto + 3.5; //llega 38 a 39
      }
  }
```