

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Diseño y prototipado de sistemas para teleconsulta usando tarjetas de desarrollo de bajo costo con fotoplestimografía

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingenieros en Mecatrónica

Presentado por:

Benjamín Enrique Escudero Cevallos

Nicole Dayanne Santibáñez Rivera

Guayaquil - Ecuador

Año: 2023

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo a nuestras familias, quienes con su apoyo y amor nos han ayudado a llevar adelante este proyecto donde se ven reflejados sus esfuerzos constantes del pasado y presente.

Agradecimientos

Agradecemos a los profesores que han sido nuestra guía en el proceso de aprendizaje y del desarrollo del proyecto.

De la misma manera, extendemos nuestros agradecimientos a los buenos amigos que hemos realizado dentro de nuestro tiempo en la carrera y nos han acompañado durante todo el proceso.

Declaración expresa

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Benjamín Enrique Escudero Cevallos* y *Nicole Dayanne Santibáñez Rivera* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”.



Benjamín Enrique
Escudero Cevallos



Nicole Dayanne
Santibáñez Rivera

Evaluadores

Efraín Terán, M.Sc.

Profesor de la materia

Ronald Solís, M.Sc.

Profesor tutor

Resumen

En este trabajo, se presenta el desarrollo de un sistema de telemedicina, que emplea el sensor TCRT5000 para medir la frecuencia cardíaca y el sensor LM35 para medir la temperatura corporal, en conjunto con la placa Raspberry Pi Pico W. La metodología involucró la captura de la onda de pulso cardíaco a través de la fotoplestimografía. Para ello fue necesario implementar una etapa de ganancia para amplificar la señal obtenida, además se incorporó un filtro pasa alto y un filtro pasa bajo para optimizar la señal del fototransistor. Se realizó un código en micropython cargado a la Raspberry para procesar los datos y calcular la frecuencia cardíaca. La conexión al servidor se establece para enviar los datos a una plataforma web creada con PHP y XAMPP, conectada a una base de datos MySQL. Para la página web, se diseñó una interfaz para los pacientes y otra para que los médicos puedan visualizar el registro de los datos biométricos de sus pacientes. Este sistema de telemedicina representa un avance en la atención médica remota, fusionando la tecnología de sensores con la plataforma web para brindar monitoreo y acceso a la información de salud a distancia.

Palabras Clave: Fotoplestimografía, MySQL, telemedicina, TCRT5000 y LM35

Abstract

This paper presents the development of a telemedicine system, which uses the TCRT5000 sensor to measure heart rate and the LM35 sensor to measure body temperature, in combination with the Raspberry Pi Pico W. The methodology involved the capture of the cardiac pulse wave through photoplethysmography. To do this, it was necessary to implement a gain stage to amplify the obtained signal, also a high-pass filter and a low-pass filter were incorporated to optimize the phototransistor signal. The Raspberry was programmed using micropython to process the measured data and calculate the heart rate. The connection to the server was established to send the data to a web platform created with PHP and XAMPP that are connected to a MySQL database. For the web page, an interface was designed for patients and another for the doctors to be able to visualize the biometric data record of their patients. This telemedicine system represents a breakthrough in remote medical care, merging sensor technology with a web platform to provide remote monitoring and access to health information.

Keywords: *Photoplethysmography, MySQL, telemedicine, TCRT5000 and LM35*

Índice general

Resumen.....	I
<i>Abstract</i>	II
Índice general.....	III
Abreviaturas.....	VIII
Simbología.....	IX
Índice de figuras.....	X
Índice de tablas.....	XIV
Capítulo 1.....	1
1. Introducción.....	2
1.2 Descripción del problema.....	3
1.3 Justificación del problema.....	3
1.4 Objetivos.....	7
1.4.1 Objetivo general.....	7
1.4.2 Objetivos específicos.....	8
1.5 Marco teórico.....	8
1.5.1 Sistema cardiovascular.....	8
1.5.2 Corazón.....	9
1.5.3 Ciclo cardíaco.....	10

1.5.4 Presión arterial	12
1.5.5 Frecuencia cardíaca.....	12
1.5.6 Fotoplestimografía	14
1.5.8 Desarrollo de frontend.....	16
1.5.9 Desarrollo de backend.....	17
1.5.10 Base de datos.....	17
1.5.11 Base de datos Relacionales	18
1.6 Estado del arte.....	18
1.6.1 PPG EduKit: Un sistema ajustable de evaluación por fotoplestimografía ajustable para actividades educativas.....	18
1.6.2 Dispositivos portátiles.....	19
1.6.3 Kit de sensores de pulso cardíaco	19
1.6.4 Desarrollo de un sistema web de citas médicas usando herramientas open source y sensores biométricos de signos vitales.....	20
1.6.5 Diseño e implementación de un glucómetro no invasivo basado en la ley de Lambert-beer y longitud de onda cercana al infrarrojo (NIR), con interfaz de comunicación bluetooth a dispositivos con sistema operativo Android	21
1.6.7 Pulsera inalámbrica para monitorización del pulso cardíaco.....	22
Capítulo 2.....	24
2. Metodología	25

2.1.1	Requerimientos	25
2.1.2	Selección de la alternativa de solución	25
2.1.2.1	Microcontrolador:	26
2.1.2.2	Interfaz de desarrollo:	26
2.1.4	Criterios para las alternativas del microcontrolador:	28
2.2	Proceso de diseño.....	29
2.2.1	Diseño conceptual.....	30
2.2.2	Diseño electrónico	31
2.2.2.1	Selección de los sensores y módulos electrónicos	31
2.2.2.2	Selección de microcontrolador.....	34
2.2.2.3	Etapas de acondicionamiento	34
2.2.2.3.1	Conexión del sensor TCRT5000.....	35
2.2.2.3.2	Nueva referencia de voltaje más un seguidor de tensión	36
2.2.2.3.3	Amplificador inversor	38
2.2.2.3.4	Etapas de filtrado.....	41
2.2.2.4	Conexión del sensor LM35.....	45
2.2.2.5	Esquemático con las conexiones realizadas del circuito.....	46
2.2.2.5	Etapas de digitalización.....	47
2.2.2.6	Diseño de programación	48

2.2.2.6.1 Activación del circuito.....	48
2.2.2.6.2 Visualización de la onda cardíaca.....	49
2.2.2.6.3 Ingreso del número de cédula del paciente al Rasberry pi pico.....	50
2.2.2.6.4 Cálculo de la frecuencia cardíaca	51
2.2.2.6.5 Cálculo de la temperatura corporal	54
2.2.2.6.6 Interfaz web.....	54
2.2.2.6.5 Servidor web	55
2.2.2.6.6 Comunicación por wifi hacia un servidor web	56
2.2.2.6.7 Base de datos.....	57
Capítulo 3.....	64
3. Resultados y análisis	65
3.1.1 Electrónica.....	65
3.1.1.1 Análisis de resultados	69
3.1.1.2 Diseño PCB.....	72
3.1.2 Programación	73
3.1.2.1 Interfaz Web.....	73
3.1.2.2 Análisis de resultados	84
3.1.3 Cotización de rubros	84
Capítulo 4.....	86

<i>4.1 Conclusiones y recomendaciones</i>	87
4.1.1 Conclusiones	87
4.1.2 Recomendaciones	88
Referencias.....	89
Apéndices.....	93

Abreviaturas

ECV	Enfermedades Cardiovasculares
MSP	Ministerio de Salud Pública
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
OMS	Organización Mundial de la Salud
PPG	Fotoplestimografía
IoT	Internet de las cosas
PHP	Preprocesador de hipertexto
HTTP	Protocolo de transferencia de hipertexto
CSS	Hojas de estilo en cascada
MYSQL	Lenguaje estructurado de consulta

Simbología

lpm	Latidos por minuto
mA	Miliamperios
nm	Nanómetro
V	Voltaje
mV	Milivoltios
Hz	Hercio
μ F	Microfaradios
KB	Kilobytes
$^{\circ}$ C	Grados Celsius
ms	Milisegundos

Índice de figuras

Figura 1.1 División territorial de establecimientos médicos en Ecuador	5
Figura 1.2 Sistema cardiovascular del ser humano	9
Figura 1.3 Partes del corazón	10
Figura 1.4 El ciclo cardíaco	11
Figura 1.5 Presión arterial.....	12
Figura 1.6 Representación gráfica del pulso cardíaco	13
Figura 1.7 Fotoplestimografía por transmisión	15
Figura 1.8 Fotoplestimografía por reflexión	15
Figura 1.9 Pulsioxímetro.....	16
Figura 1.10 Modelo físico PPG Edukit.....	19
Figura 1.11 Prototipo de un glucómetro no invasivo realizado	22
Figura 1.12 Pulsera inalámbrica para monitorización del pulso cardiaco	23
Figura 2.1 Diagrama del proceso de diseño.....	29
Figura 2.2 Boceto de la solución.....	30
Figura 2.3 Sensor TCRT5000.....	31
Figura 2.4 Sensor LM35	32
Figura 2.5 Pantalla OLED SSD1306	33
Figura 2.6 Teclado matricial	33
Figura 2.7 Raspberry pi pico w.....	34
Figura 2.8 Diagrama de conexión del sensor TCRT5000 en Proteus.....	35
Figura 2.9 Referencia de voltaje en Proteus	36

Figura 2.10 LM324N Configuración de los pines	37
Figura 2.11 Amplificador Inversor	38
Figura 2.12 Comportamiento obtenido con voltaje de prueba.....	40
Figura 2.13 Osciloscopio	40
Figura 2.14 Filtro pasa altos - pasivo.....	42
Figura 2.15 Filtro pasa alto RC pasivo más seguidor de voltaje en Proteus.....	42
Figura 2.16 Filtro pasa bajos – pasivo	43
Figura 2.17 Filtro pasa bajos - activo.....	44
Figura 2.18 Filtro pasa bajo en Proteus	44
Figura 2.19 Diagrama del sensor LM35	45
Figura 2.20 Conexiones eléctricas del sistema electrónico descrito.....	46
Figura 2.21 Digitalización de los datos analógicos	48
Figura 2.22 Código de activación del circuito	49
Figura 2.23 Código de la pantalla OLED	50
Figura 2.24 Código para registrar el número de cédula.....	50
Figura 2.25 Onda senoidal	51
Figura 2.26 Variables usadas para calcular la frecuencia cardíaca.....	52
Figura 2.27 Código para calcular la frecuencia cardíaca.....	53
Figura 2.28 Diagrama de flujo de la interfaz web	54
Figura 2.29 Base de datos	55
Figura 2.30 Código para realizar el envío de datos al servidor	56
Figura 2.31 Forma del tipo de dato enviado con clave y valor.....	57
Figura 2.32 Código POST.....	57

Figura 2.33 Diagrama de entidad del Paciente	58
Figura 2.34 Diagrama de entidad del Doctor.....	58
Figura 2.35 Diagrama de entidad Sensordata	59
Figura 2.36 Diagrama de entidad Preguntas	60
Figura 2.37 Diagrama de entidad Indicaciones.....	62
Figura 2.38 Diagrama de relación.....	62
Figura 3.1 Prueba del dispositivo electrónico.....	65
Figura 3.2 Toma de datos con el dispositivo realizado.....	66
Figura 3.3 Frecuencia cardíaca obtenida usando un sensor digital.....	67
Figura 3.4 Datos obtenidos usando el dispositivo	68
Figura 3.5 Visualización de datos obtenidos en la página web	69
Figura 3.6 Comparación entre el sensor TCRT5000 y el sensor digital para medir la frecuencia cardíaca en estado de reposo.....	70
Figura 3.7 Comparación entre el sensor TCRT5000 y el sensor digital para medir la frecuencia cardíaca luego de haber realizado una actividad.....	71
Figura 3.8 Modelo 3D del diseño PCB realizado	72
Figura 3.9 Página principal de la interfaz web	73
Figura 3.10 Inicio de sesión Pacientes.....	74
Figura 3.11 Registro del paciente	75
Figura 3.12 Tabla MySQL pacd	75
Figura 3.13 Inicio de sesión Pacientes ya una vez registrado.....	76
Figura 3.14 Sesión ya iniciada del paciente.....	77
Figura 3.15 Formulario médico	78

Figura 3.16	Tabla MySQL preguntas	79
Figura 3.17	Ventana DatosTiemporeal	79
Figura 3.18	Inicio de sesión Doctores.....	80
Figura 3.19	Sesión ya iniciada del doctor	81
Figura 3.20	Vista terminada de la ventana sesión iniciada del doctor.....	82

Índice de tablas

Tabla 1.1 Porcentaje de establecimientos médicos por provincia	5
Tabla 1.2 Porcentaje de consultas de prevención realizadas entre 2018 y 2020	7
Tabla 1.3 Valores de frecuencia cardíaca	13
Tabla 2.1 Matriz de decisión de la interfaz de desarrollo	27
Tabla 2.2 Matriz de decisión de las alternativas del microcontrolador	28
Tabla 3.1 Comparación entre el sensor TCRT5000 y el sensor digital para medir la frecuencia cardíaca en estado de reposo.....	70
Tabla 3.2 Comparación entre el sensor TCRT5000 y el sensor digital para medir la frecuencia cardíaca luego de haber realizado una actividad.....	71
Tabla 3.3 Evaluación de la interfaz web por varios usuarios	83
Tabla 3.4 Cotización de Rubros.....	84

Capítulo 1

1. Introducción

En Ecuador, una de las principales razones de muerte son las enfermedades cardiovasculares (ECV). Estas enfermedades pueden implicar un conjunto de problemas del corazón y vasos sanguíneos, entre las que la hipertensión e insuficiencia cardíaca son las más mortales. La OMS responsabiliza a las ECV de causar altas tasa de mortalidad. En el 2015 murieron 17.7 millones de personas por estos trastornos, lo que representa el 31% de las muertes registrados a nivel global. Es importante señalar que en los países de ingresos bajos y medios son los que muestran una mayor prevalencia de ECV. Las principales causas de muerte en países de escasos recursos son por la falta de atención médica primaria para la detección anticipada y el correcto tratamiento preventivo de usuarios con factores de riesgo. [1]

Según un reporte realizado por el diario El Comercio, en el Ministerio de Salud Pública (MSP) se realiza un promedio anual de 247 000 consultas. Así mismo, se ejecutó 1.5 millones de consultas subsecuentes entre el 2018 y el 2020 en relación con enfermedades cardiovasculares. [2]

La telemedicina es una práctica que aplica la tecnología digital para brindar servicios médicos. Su objetivo es ofrecer alternativas eficientes para la comunicación entre médico y paciente. Dicha práctica se ha desarrollado y aplicado desde el surgimiento de la comunicación electrónica. La OMS define a la telemedicina como un servicio adicional de atención sanitaria, en el que, el factor distancia tiene un valor crítico [3]. Existen diversos beneficios en el uso de la telemedicina. Esto se debe a que brinda una mayor eficiencia, accesibilidad y progreso a la calidad del servicio. Por estos motivos, el MSP busca expandir la aplicación de estas tecnologías a nivel nacional. [4]

1.2 Descripción del problema

En la actualidad, el servicio de consulta médica brindado por el MSP no es eficiente. Es más, muchas muertes son ocasionadas por una mala calidad en la atención y la incapacidad de ofrecer con rapidez la solución del problema. Además, los factores tiempo y distancia son un impedimento en el cuidado de la salud. Existen personas que no cuentan con los medios para acudir a un hospital cercano. En estos casos, se corre el riesgo de que ciertas dolencias se conviertan en enfermedades crónicas, perjudicando su calidad de vida. [5]

En las últimas décadas, el uso de la tecnología en la medicina ha evolucionado para traspasar los límites físicos y anticipar enfermedades crónicas. Siguiendo esta línea, el presente proyecto se enfoca en diseñar un sistema de atención médica que emplea una placa de desarrollo e incluye sensores que miden datos biométricos utilizando fotoplestimografía. Los datos se visualizan a través de una interfaz web, para realizar un chequeo del estado de salud del paciente y anticipar anomalías.

1.3 Justificación del problema

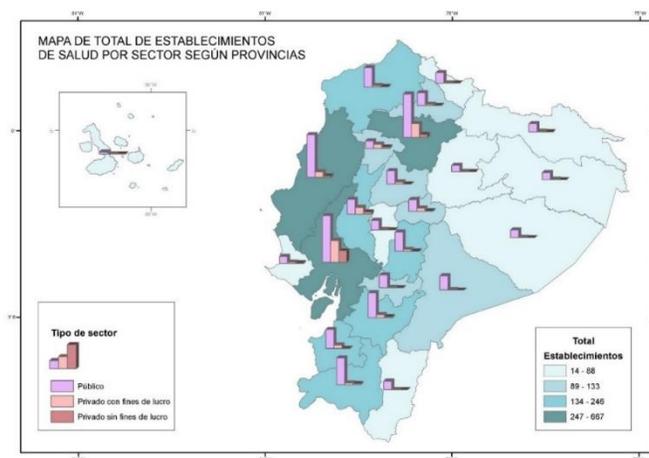
La integración de la fotoplestimografía, la electrónica y la programación brindan una solución a la problemática, innovando en la atención médica a los pacientes. La fotoplestimografía monitorea de forma no invasiva signos vitales, como frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, nivel de glucosa y saturación de oxígeno. Por lo que, esta tecnología aplicada a la teleconsulta médica beneficia tanto a los médicos como a los pacientes.

Por un lado, los médicos registran los signos de su paciente, analizando su progreso a través del tiempo. Por otro, el paciente se beneficia al realizarse un chequeo médico de forma no invasiva

y remota. Muchas personas, especialmente en zonas rurales, no tienen cerca un establecimiento médico. Otras simplemente no tienen el tiempo suficiente para movilizarse. [6]

En Ecuador el sistema de salud se divide en 2 sectores, el público y el privado. El sector privado, a su vez, se divide en sector privado con fines de lucro y sector privado sin fines de lucro. El Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IEES) brinda servicios de salud a la población asalariada, que registra aportes a este organismo. Además, otras entidades como el MSP y los municipios de cada cantón brindan servicios de salud a la población en general. Es importante señalar que, la población que utiliza servicios privados de salud posee ingresos medios y altos.

Según los datos del 2022, recopilados y publicados por el INEC, de un total de 4136 establecimientos médicos el 79,8% pertenece al sector público, el 15,01% al sector privado con fines de lucro y el 5,17% al sector privado sin fines de lucro. La **Figura 1.1** muestra la división territorial de estos establecimientos. Adicionalmente la **Tabla 1.1** presenta los porcentajes de cada tipo de establecimiento por provincia. Se resalta que existen provincias con amplia extensión territorial que presentan baja presencia de establecimientos médicos. [7]

Figura 1.1*División territorial de establecimientos médicos en Ecuador [7]***Tabla 1.1***Porcentaje de establecimientos médicos por provincia*

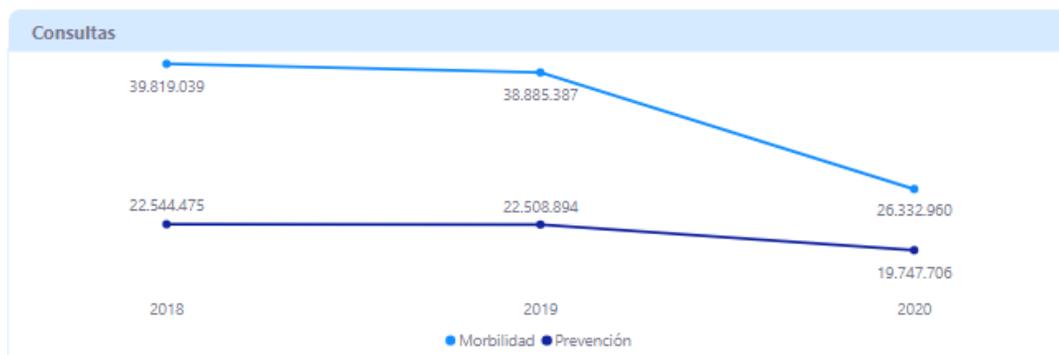
Provincia	Establecimientos
Guayas	16,13%
Pichincha	12,04%
Manabí	10,08%
Loja	5,95%
Azuay	5,92%
Los Ríos	4,79%
El Oro	4,64%

Chimborazo	4,38%
Esmeraldas	4,23%
Cotopaxi	3,22%
Tungurahua	3,05%
Morona Santiago	2,93%
Imbabura	2,90%
Santo Domingo de los Tsáchilas	2,71%
Cañar	2,66%
Carchi	2,13%
Bolívar	2,10%
Santa Elena	1,89%
Zamora Chinchipe	1,74%
Sucumbíos	1,67%
Pastaza	1,64%
Orellana	1,57%
Napo	1,31%
Galápagos	0,34%

Entre los años 2018 y 2020, disminuyó la cantidad de consultas de prevención. Se pasó de 22544475 en 2018 a 19747706 en 2020. De estas consultas de prevención, 14877606 se desarrollaron en el área urbana y el valor restante en el área rural. [7]

Tabla 1.2

Porcentaje de consultas de prevención realizadas entre 2018 y 2020



El INEC establece que, en 2022, el 60,4% de los hogares en Ecuador contaban con acceso a internet y el 69,7% de los individuos utilizaban este servicio. En el área urbana, el 69,7% de la población usa internet y en el área rural, el 50,5%. Esto implica que más de la mitad de la población serían beneficiarios de un sistema de teleconsulta.

Además, el desarrollo de este sistema hará posible la detección temprana de posibles anomalías cardiovasculares, un diagnóstico temprano permite prevenir el agravamiento de la situación del paciente y mejorar su calidad de vida. [7]

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Diseñar un sistema de atención médica a distancia que permita hacer uso de un dispositivo electrónico para realizar mediciones de datos biométricos las cuales podrán ser visualizados por el doctor mediante una plataforma web.

1.4.2 Objetivos específicos

- Diseñar un dispositivo electrónico que incorpore fotoplestimografía.
- Crear dos interfaces para paciente y médico que posean conexión a una base de datos para registrar y presentar la información recolectada por cada paciente, además de realizar el agendamiento de cita.
- Realizar una prueba conceptual sobre el sistema de telemedicina involucrando el diseño electrónico con la interfaz web.

1.5 Marco teórico

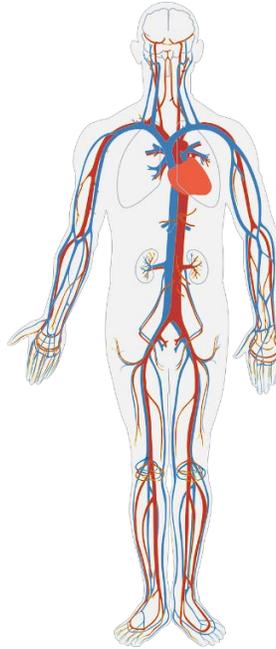
1.5.1 Sistema cardiovascular

Este está conformado por un conjunto de conductores nombrados vasos sanguíneos conocidos como transportadores de sangre, la cual es impulsada por el corazón.

El corazón se encuentra siempre activo, ocasionando que la sangre este periódicamente en circulación a través de los vasos sanguíneos. El sistema cardiovascular se encarga de llevar las sustancias necesarias a las células: oxígeno y nutrientes, además tiene la función de recoger los productos de desecho del metabolismo para luego ser enviadas a sectores que serán procesadas o eliminadas. [8]

Figura 1.2

Sistema cardiovascular del ser humano [9]



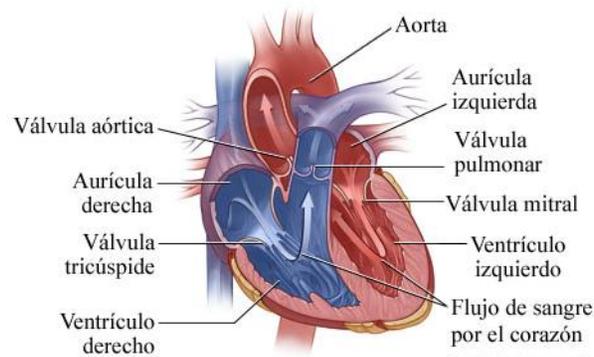
1.5.2 Corazón

Es el órgano más importante de los seres vivos, es denominado el motor del sistema cardiovascular, está separada en 2 hemisferios: derecho e izquierdo. El lado derecho toma la sangre de las venas, la cual tiene pocas cantidades de oxígeno para luego ser enviada a los pulmones, mientras que el lado izquierdo recibe la sangre de los pulmones con un alto grado de oxígeno y la bombea hacia las arterias.

El flujo de movimiento de la sangre va en una sola dirección recorriendo cuatro partes del corazón llamada cámaras, estas son: aurícula derecha, ventrículo derecho, aurícula y ventrículo izquierdos. [10]

Figura 1.3

Partes del corazón [10]



1.5.3 Ciclo cardíaco

Es el evento producido por la contracción y relajación de los ventrículos y aurículas del corazón, cada ciclo representa un latido, está compuesto por dos fases:

- **Diástole:** Ocurre cuando las cámaras del corazón están en estado de relajación y reciben sangre de las venas.
- **Sístoles:** Las cámaras del corazón están en estado de contracción y bombea la sangre hacia las arterias. [11]

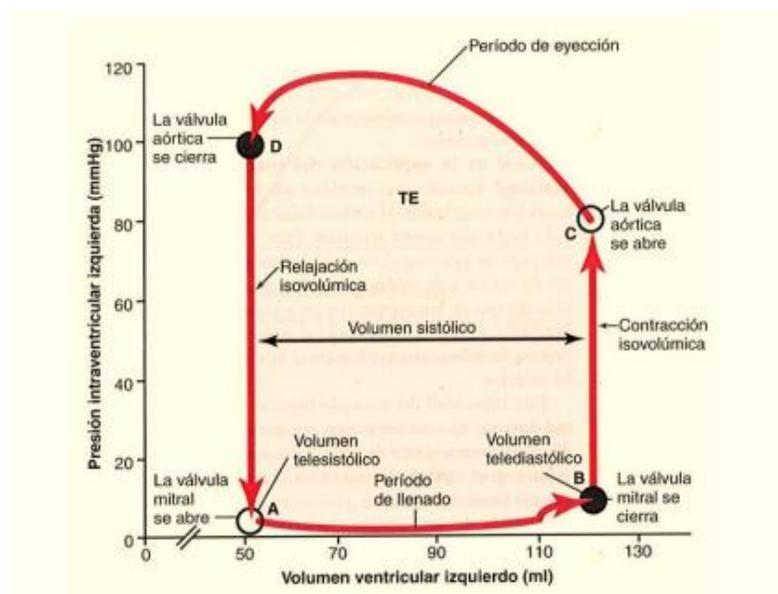
El ciclo cardíaco cuenta con tres principales etapas durante sus dos fases:

- **Sístole auricular:** Al principio del ciclo un estímulo de potencial emitido ocasiona que las aurículas se contraigan, ocasionando que se libere la sangre almacenada en los ventrículos y al ser completamente expulsada, se cierran las válvulas de comunicación entre las aurículas y ventrículos.

- **Sístoles ventriculares:** Primero se realiza la contracción ventricular isovolumétrica, los ventrículos comienzan a contraerse y luego se produce una inyección, por la diferencia de presión entre la arterial y la ventricular, los conductos son abiertos, permitiendo el paso de la sangre hacia el sistema circulatorio.
- **Diástole cardíaca completa:** Se subdivide en dos etapas, la relajación ventricular isovolumétrica y el llenado auricular pasivo. Durante la relajación ventricular los ventrículos se relajan y la presión sometida sobre ellos es descendida, en la siguiente etapa las aurículas estarán ocupadas por sangre, al haber un aumento de presión en las aurículas en relación con los ventrículos relajados, se abrirán las válvulas mitral y tricúspide para finalmente reiniciar el ciclo. [8]

Figura 1.4

El ciclo cardíaco



Nota: Gráfico obtenida de la relación volumen y presión ventricular en cada etapa del ciclo cardíaco. [12]

1.5.4 Presión arterial

La sangre es bombeada por el corazón, dicha fuerza es conocida como presión arterial, empuja la sangre sobre las paredes de las arterias la cual es transmitida a todas las arterias periféricas. [13]

Figura 1.5

Presión arterial



1.5.5 Frecuencia cardíaca

Es la cantidad de veces que el corazón se contrae, está representada por latidos por minutos (lpm), es un valor que se obtiene al medir el pulso arterial durante un intervalo de tiempo.

El promedio de pulsaciones de una persona depende de su edad, un individuo mayor de edad que se encuentra en reposo es de sesenta y cien latidos por minuto, este valor varía según la edad ya que el corazón se va envejeciendo con el paso de tiempo.

En la Tabla 1.3 se observará el rango de frecuencia cardíaca normal en reposo con respecto a la edad. [14]

Tabla 1.3

Valores de frecuencia cardíaca

Edad	Frecuencia cardíaca
0-1 mes	70-190 lpm
1-11 meses	80-160 lpm
1-2 años	80-130 lpm
3-4 años	80-120 lpm
5-6 años	75-115 lpm
7-9 años	70-110 lpm
10 años para adelante	60-100 lpm

Figura 1.6

Representación gráfica del pulso cardíaco



1.5.6 Fotoplestimografía

La fotoplestimografía (PPG) es una técnica médica no invasiva utilizada para obtener mediciones de la función endotelial, fue inventada por Hertzman en 1937 cuando propuso que estas representaban las variaciones del cambio de volumen sanguíneo. El método consiste en el uso de un haz de luz para obtener el volumen de los vasos subcutáneos.

El tejido humano comúnmente no permite el paso de la luz, sin embargo, la mayoría de las zonas blandas son excepciones, estos pueden recibir y reflejar radiación al ser expuestas a una fuente de luz. La PPG utiliza este método para inducir una luz infrarroja que traspasa el tejido, la cual será reflejada y absorbida por la sangre en dicha zona de medición y según esta cantidad de luz se podrá aproximar el volumen sanguíneo. Existen diversos factores que alteran la intensidad de luz variante en el tiempo, el cúmulo de sangre en la zona medida y la longitud de onda de la luz. [15]

La onda obtenida al realizar la PPG es descrita por sus dos componentes:

- **AC:** Señal pulsátil o variable que representa los cambios de luz absorbidas en el tiempo debido a las alteraciones de volumen sanguíneo.
- **CC:** Señal constante que representa el volumen de sangre constante.

La PPG tiene dos tipos de configuraciones: transmisión y reflexión, la diferencia es el cambio de posición del fotodiodo receptor, en el modo de transmisión el fotodiodo emisor y receptor están en posiciones opuestas, mientras que en la reflexión ambos están del mismo lado, por tal razón la señal obtenida usando transmisión es más fuerte en comparación a la reflexión, durante el camino de luz desde el emisor y receptor, se encuentra mayores interferencias

provocando la atenuación de la luz, además se tiende a obtener resultados más imprecisos y con mayor dificultad de acondicionamiento a la señal de salida. [15]

Figura 1.7

Fotoplestimografía por transmisión [9]

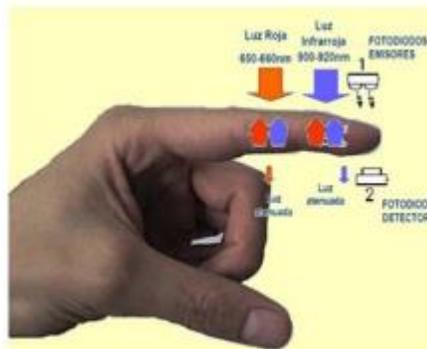
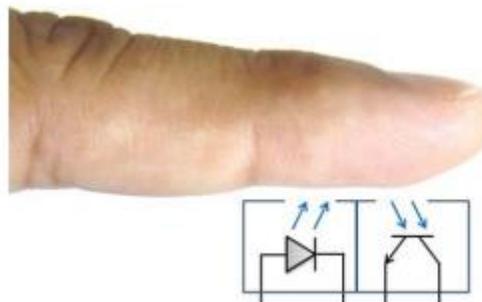


Figura 1.8

Fotoplestimografía por reflexión [16]



Un ejemplo de PPG es el pulsioxímetro, es un dispositivo el cual se coloca sobre un dedo de la mano, en su interior se encuentra un fotodiodo que envía luces rojas e infrarrojas las cuales pasan por un fotodetector y según la longitud de onda provocada por la sangre arterial sin tomar

en consideración la sangre venosa, huesos, piel, músculos y grasa, se calcula la saturación de oxígeno en la sangre. El tipo de configuración es por transmisión y es el más comúnmente usado para esta aplicación. [17]

Figura 1.9

Pulsioxímetro



1.5.8 Desarrollo de *frontend*

El desarrollo de un sistema web se divide en dos grupos, el desarrollo del *frontend* y el desarrollo del *backend*. Se compone de todo lo que es presentado al usuario, en esta sección se brinda estilo a la página y, se organiza la forma en la que será presentada la información al usuario final. Durante el desarrollo del *frontend* se debe tomar en cuenta la estética de los componentes, así como su ubicación que permita un uso fácil e intuitivo para brindar una experiencia de usuario agradable. Las diferentes tecnologías y lenguajes para el desarrollo del *frontend* se pueden englobar en los siguientes elementos HTML, CSS y JavaScript. [18]

- **HTML:** Es un lenguaje de marcado que brinda a los navegadores web las instrucciones para estructurar las páginas web definiendo el texto y demás elementos como imágenes, listas o videos. [18]
- **CSS:** Cuyas siglas en español corresponde a Hojas de Estilo en Cascada (*Cascading Style Sheets*) permite dar estilos al código realizado en HTML como seleccionar la fuente y tamaño del texto, agregar columnas entre otras. Los aspectos visuales y estéticos del sitio web recaen sobre esta herramienta. [18]
- **JavaScript:** Es un lenguaje de programación que sirve para definir el comportamiento lógico de una página web. JavaScript es interpretado en los navegadores sin necesidad de complicación. Uno de sus usos principales es para la creación de páginas webs dinámicas, que puedan ser interactivas y animadas. [18]

1.5.9 Desarrollo de *backend*

El *backend* se encarga de procesar la información que se presentará al usuario en el *frontend* cuando este realice una petición, para poder hacer esto, el *backend* interactúa con bases de datos. Existen varios lenguajes de programación que se pueden utilizar para el desarrollo del *backend*.

Una de herramienta que se puede usar para el desarrollo del *backend* es PHP, que es un lenguaje de programación especializado para crear interfaces web en entorno al servidor. [19]

1.5.10 Base de datos

Una base de datos es una agrupación de datos que se encuentran organizados, estos datos pueden ser alfanuméricos, numéricos, cadenas de texto, fechas, imágenes, entre otras. Un sistema

de gestión de base de datos (DBMS) es el que permite administrar los datos almacenados. De forma general se pueden clasificar las bases de datos en relacionales y no relacionales.

1.5.11 Base de datos Relacionales

Se utilizan cuando los datos están estructurados, estos se almacenan en diferentes tablas que se relacionan entre sí. En una tabla cada registro tiene un identificador único que le permite relacionarse con otras tablas. Algunos ejemplos de gestores (DBMS) para este tipo de base de datos son MySQL, Microsoft SQL Server, PostgreSQL, entre otros que utilizan el lenguaje de consulta estructurada SQL. [18]

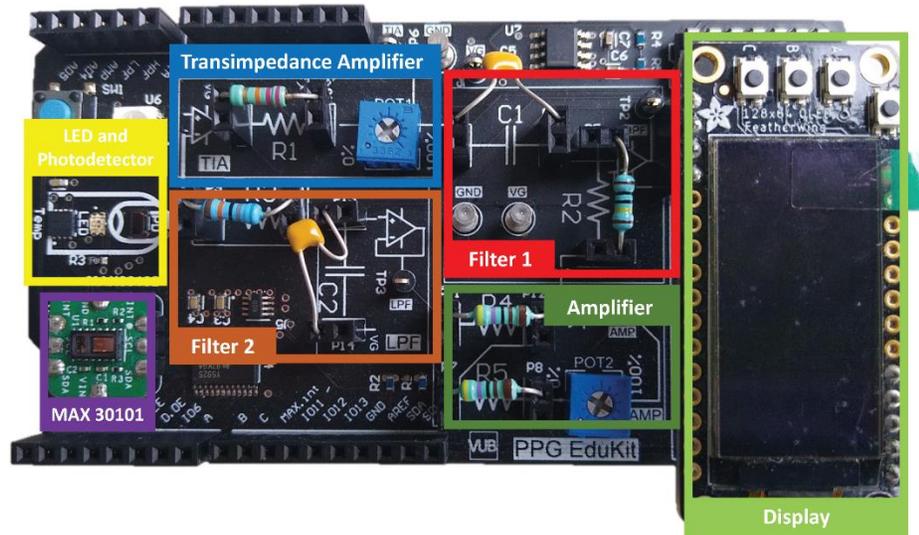
1.6 Estado del arte

1.6.1 PPG EduKit: Un sistema ajustable de evaluación por fotoplestimografía ajustable para actividades educativas.

El dispositivo EduKit se desarrolló con la intención de facilitar el aprendizaje de los métodos PPG con fines médicos y de ingeniería. PPG Edukit hace posible modificar e implementar señales PPG para obtener información fisiológica entre las que se encuentran la frecuencia cardíaca, niveles de oxígeno en la sangre y temperatura corporal. PPG Edukit hace uso de diodos LEDs y un fotorreceptor, la señal de este fotorreceptor se convierte de corriente a voltaje, se filtra, amplifica y se convierte en señal digital para finalmente ser mostrada en una pantalla LCD. Además, cuenta con un sensor MAX30100, el cual mide directamente la frecuencia cardíaca para ser comparada por la obtenida con el fotorreceptor. [20]

Figura 1.10

Modelo físico PPG Edukit [20]



1.6.2 Dispositivos portátiles.

Existen una gran variedad de dispositivos portátiles como relojes de mano o cinturones que el usuario se coloca y estos miden su frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno. Estos dispositivos son de uso comercial, se encuentran en el mercado con precios desde aproximadamente \$500 en adelante.

Muchos de estos dispositivos también seguimiento de salud y son conectados a aplicaciones móviles para que el usuario pueda monitorizar de forma constante el progreso de su salud, son generalmente consumidos por personas que realizan deporte o actividad física constante ya que además permiten monitorizar los pasos, alimentación, horas de sueño entre otras.

1.6.3 Kit de sensores de pulso cardiaco

Generalmente se ubican en los dedos del paciente, esto son:

- MAX30120: Es un oxímetro y pulsímetro integrado que necesita una fuente de alimentación de 5 V, este compuesto por 2 leds, un infrarrojo y otro de color rojo y es comunicado mediante I2C al microcontrolador.
- MAX30100: Igual que el MAX30120 también es un oxímetro y pulsímetro integrado con diferencia que es a una menor resolución ya que funciona con niveles de voltaje más pequeños a 5V.

1.6.4 Desarrollo de un sistema web de citas médicas usando herramientas open source y sensores biométricos de signos vitales.

Como parte de un proyecto de titulación de la Universidad de Guayaquil, se llevó a cabo un proyecto cuya finalidad asignar la prioridad de citas médicas según el nivel de riesgo del paciente detectado por mediciones de sensores biométricos y permitir que se pueda recetar al paciente medicamentos para calmar sus síntomas hasta que se presente su turno para una cita médica.

Para el desarrollo de este trabajo Delgado J. y Tumbaco K. (2020) hacen uso de los siguientes sensores biométricos.

- Oxímetro, dispositivo capaz de medir los niveles de saturación de oxígeno en la sangre.
- Sensor de pulso cardíaco para Arduino con alimentación de 5v.
- Sensor de respiración que se debe colocar envolviendo al pecho y estómago.
- Sensor LM35 de temperatura que se encuentra calibrado a grados Celsius y comportamiento lineal.

Para realizar la página web hacen uso de PHP, un lenguaje de programación que es embebido entre el código HTML y se ejecutan en el servidor para poder responder a las peticiones de información de parte del cliente de forma HTML y mediante la herramienta Bootstrap dar formato HTML a su página web. Utilizan MySQL como gestor de la base de datos, y el framework LegoBox para enviar la respuesta adecuada según la petición al servidor. El controlador empleado es el Arduino UNO.

Un aspecto relevante de este trabajo es la investigación primaria que se realizó a una muestra con tamaño de 384 usuarios de servicios de agendamiento de citas en el sistema de salud pública de una zona de la ciudad de Guayaquil, cuyos resultados serán tomados en cuenta en el desarrollo de este proyecto de materia integradora. [21]

1.6.5 Diseño e implementación de un glucómetro no invasivo basado en la ley de Lambert-beer y longitud de onda cercana al infrarrojo (NIR), con interfaz de comunicación bluetooth a dispositivos con sistema operativo Android

Al realizar este proyecto, López V y Oñate W (2014) como parte de su trabajo de tesis para la Universidad Politécnica Salesiana de Quito, hicieron uso de la fotoplestimografía, con un sensor de oximetría que envía luz visible e infrarroja a longitudes de onda de 660 nm y 890 nm respectivamente, se realizaron los circuitos electrónicos necesarios para la conversión de la señal de fotoplestimografía a una señal electrónica, su respectiva amplificación y filtrado. Usando la ley de Lambert – Beer se relaciona la cantidad de luz absorbida medida en forma de voltaje con la concentración de glucosa, los resultados se obtuvieron con un error relativo de 5,226% con relación a productos similares de venta comercial. Se recopilan los datos mediante un teléfono inteligente

Android y se envían a una página web para permitir mejorar el seguimiento médico de los pacientes de diabetes. [22]

Figura 1.11

Prototipo de un glucómetro no invasivo realizado [22]



1.6.7 Pulsera inalámbrica para monitorización del pulso cardiaco

El proyecto está basado en realizar el diseño de una pulsera inteligente con la capacidad de medir el pulso cardiaco de una persona, el cual se podrá ser monitoreada y visualizada en una plataforma online MBED, el dispositivo cuenta con un sensor de pulso basado en fotoplestimografía y la placa Tiny-BLE donde se ubicará el microcontrolador. El sistema inteligente está basado en un ARM Córtes M-0, el cual se comunicará remotamente por bluetooth utilizando el protocolo BLE.

Las herramientas usadas para el correcto funcionamiento de la plataforma fueron C/C++ (SDK), HDK, Compiladores online.

Dentro de las ventajas relacionadas a la pulsera al entorno médico para realizar tele consultas, están:

- Realiza el monitoreo constante de la actividad cardíaca del paciente remotamente.

- Comodidad para el usuario adaptándose al entorno.
- Rapidez y sencillez en el diagnóstico.

Sin embargo, dentro de sus desventajas se encuentran:

- Probabilidad de falla en la comunicación Bluetooth.
- Mal manejo de personas sin conocimientos de tecnología.
- Incapacidad para proveer la información suficiente sobre el estado del

usuario. [23]

Figura 1.12

Pulsera inalámbrica para monitorización del pulso cardíaco [23]



Capítulo 2

2. Metodología

En esta sección se detallará la explicación del diseño electrónico y software del proyecto, se mostrará los requerimientos y la alternativa de solución con su respectivo proceso de diseño para su realización.

2.1.1 Requerimientos

Antes de realizar el diseño electrónico y programación del sistema de atención médica, es necesario definir las especificaciones o directrices que el cliente desea.

Estas son:

- Diseñar un dispositivo electrónico capaz de medir señales bioeléctricas y generar alarmas visuales de forma local y en la nube.
- Creación de una interfaz para el agendamiento de citas y visualización del historial médico por paciente en la nube captado por el dispositivo electrónico.

2.1.2 Selección de la alternativa de solución

La intención del proyecto es diseñar un dispositivo electrónico que sea capaz de medir la frecuencia cardíaca y la temperatura corporal de un individuo, el cual será controlado por un microcontrolador y se comunicara con una base de datos en la nube para posteriormente ser visualizado en una interfaz web por un médico.

Para realizar el sistema de atención médica con lo anteriormente dicho, se han propuesto algunas alternativas de solución referente a la selección de microcontrolador e interfaz de desarrollo para la cita médica.

2.1.2.1 Microcontrolador:

Alternativa 1

Diseñar un dispositivo electrónico utilizando el microcontrolador Raspberry pi picow.

Alternativa 2

Diseñar un dispositivo electrónico utilizando PIC.

2.1.2.2 Interfaz de desarrollo:

Alternativa 1

Crear una página web capaz de conectarse a una base de datos en la nube y agendar citas médicas.

Alternativa 2

Crear una aplicación móvil capaz de conectarse a una base de datos en la nube y agendar citas médicas.

Para escoger la mejor alternativa de solución, se evaluó cada una de las alternativas a diferentes criterios importantes para realizar el proyecto.

2.1.3 Criterios para las alternativas de la interfaz:

- **Funcionalidad:** Cantidad de operaciones que se puedan desarrollar.
- **Facilidad de uso:** Mayor accesibilidad al usuario para manejar la interfaz.

- **Seguridad:** Exposición a menos riesgo por factores externos como usuarios no deseados o filtración de información del programa.
- **Estética:** Mejor aspecto visual de la interfaz.
- **Complejidad de desarrollo:** Cual es más fácil de realizar la programación de la interfaz.

Tabla 2.1*Matriz de decisión de la interfaz de desarrollo*

	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5	Total
Descripción	Facilidad de uso	Funcionalidad	Seguridad	Complejidad de desarrollo	Estética	
peso	4	3	2	1.8	1	
porcentaje	34%	25%	17%	15%	8%	100%
Alternativas	Calificación	Calificación	Calificación	Calificación	Calificación	
Página web	8	8	6	9	7	7,6
Aplicación móvil	6	10	8	6	8	7,5

2.1.4 Criterios para las alternativas del microcontrolador:

- **Funcionalidad:** Cantidad de operaciones que se puedan desarrollar.
- **Comunidad de soporte:** Mayor ejemplos y librerías que se puedan consultar en la web.
- **Curva de aprendizaje:** Mayor educación y fundamentos de programación.
- **Comunicación Wireless:** Contar con la capacidad de realizar una conexión por bluetooth o ethernet.

Tabla 2.2

Matriz de decisión de las alternativas del microcontrolador

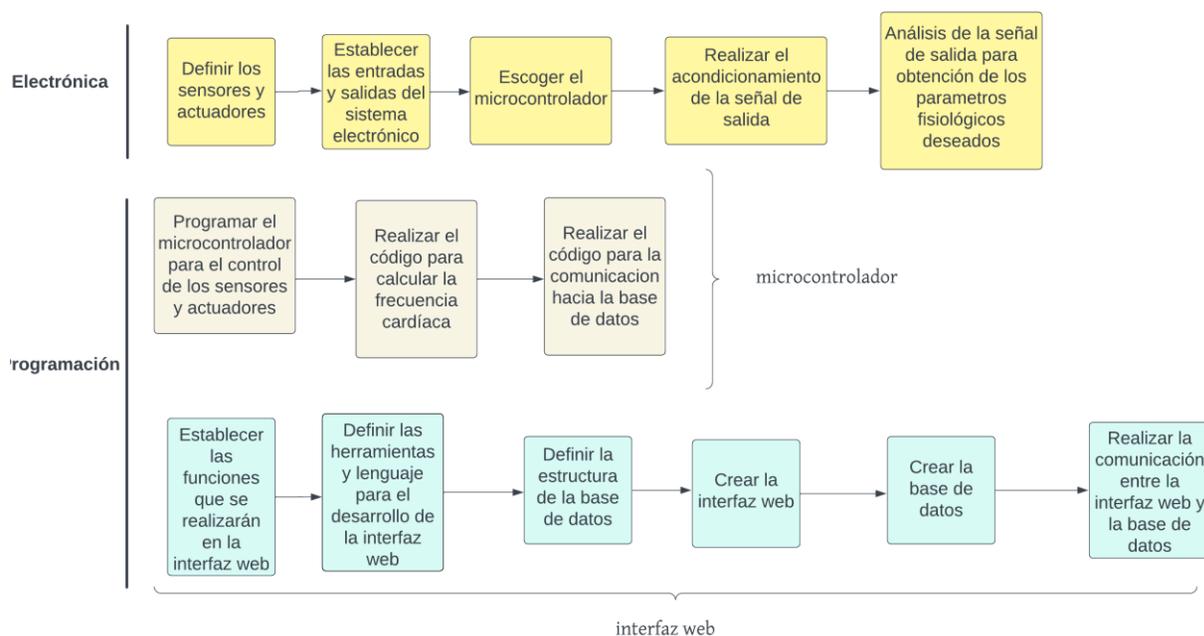
	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Total
Descripción	Funcionalidad	Comunidad de soporte	Curva de aprendizaje	de Comunicación Wireless	
peso	4	3	2	2	
porcentaje	36%	27%	18%	18%	100%
Alternativas	Calificación	Calificación	Calificación	Calificación	
Raspberry pi	7	8	8	2	6.5
pico w					
PIC	3	2	2	7	3.3

La Raspberry pi pico w es el escogido por su comunidad de soporte y ser un microcontrolador básico con bastantes herramientas en la web para su aprendizaje.

2.2 Proceso de diseño

Figura 2.1

Diagrama del proceso de diseño



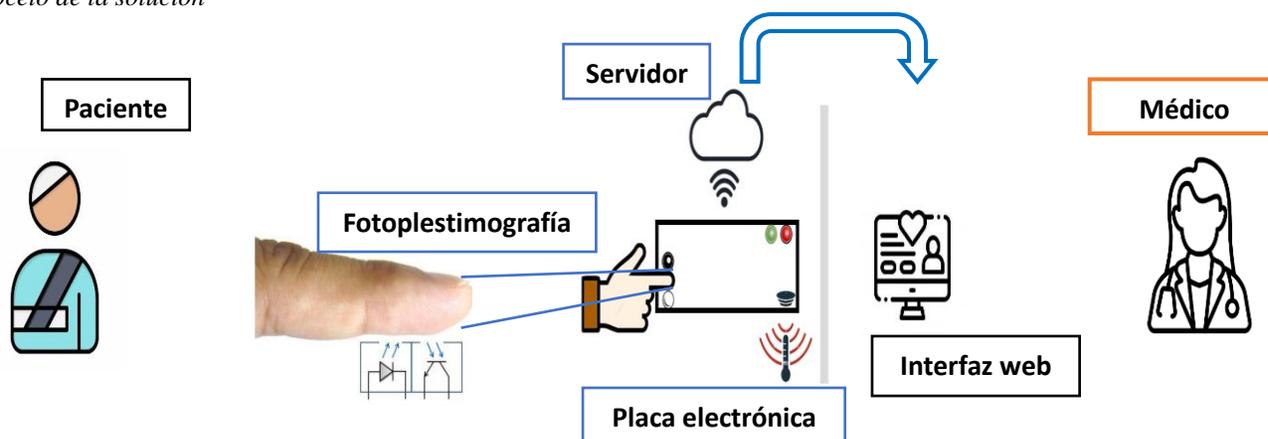
En el proceso de diseño se muestran las etapas a seguir para realizar el presente proyecto, esto claro ya una vez siendo definido las limitaciones y requerimientos que tendrá la solución.

El diseño está dividido en dos fases, el componente electrónico y la programación del microcontrolador e interfaz web para crear el sistema de atención médica a distancia.

2.2.1 Diseño conceptual

Figura 2.2

Boceto de la solución



El diseño conceptual consiste en crear un sistema de atención médica a distancia utilizando una placa de desarrollo y una página web. El dispositivo electrónico estará basado en el principio de fotoplestígrafía para medir la frecuencia cardíaca, además de la temperatura corporal del paciente y registrar el número de cédula mediante un teclado con la finalidad de usar la cédula del usuario para relacionarlo con los datos de los pacientes en la página web. La información captada por el dispositivo será enviada hacia un servidor en la nube para luego ser mostrada en la página web por el médico para observar los datos y un formulario de preguntas médicas contestadas por los pacientes.

2.2.2 Diseño electrónico

2.2.2.1 Selección de los sensores y módulos electrónicos

Para realizar la fotoplestimografía se debe escoger un led rojo de alta intensidad o una luz infrarroja para lograr traspasar la piel, la longitud de onda es un factor crítico al momento de escoger el led. El rango de interés para la selección de la longitud de onda esta entre 600 a 950 nm. El led rojo de alta luminosidad tiene un consumo aproximado de 20mA y una longitud de onda de 660 nm, luego se escogerá un fototransistor, es un transistor bipolar normal que es sensible a la luz, permite el paso de corriente entre el emisor y el colector, mientras a mayor luz este expuesta, mayor será la corriente de salida. El sensor escogido es el TCRT5000, este ya viene incluido el led infrarrojo y el fototransistor, además esta encapsulado en una carcasa que no permite la interferencia de la luz exterior.

Figura 2.3

Sensor TCRT5000



Características:

Figura 2.5

Pantalla OLED SSD1306



Además, se escogió el teclado matricial 4x4 para que el paciente pueda ingresar su número de cédula que se servirá para identificar sus datos enviados a la página web.

Figura 2.6

Teclado matricial

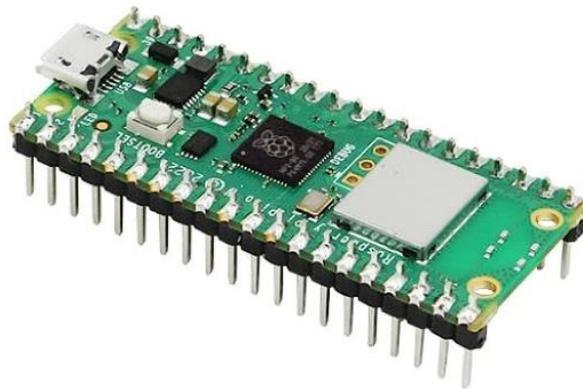


2.2.2.2 Selección de microcontrolador

La Raspberry pi pico w es el microcontrolador RP2040 que cuenta integrado un módulo de Wifi, está compuesto por 26 pines digitales y 4 analógicos, una memoria flash y RAM de 2Mb y 264 Kb respectivamente, una frecuencia de reloj de 133 Mhz y un voltaje de trabajo de 3.3 V.

Figura 2.7

Raspberry pi pico w



Se seleccionó la Raspberry pi pico w, ya que el microcontrolador es capaz de ser programado con micropython, lo cual facilitará el cálculo de la frecuencia cardíaca para manejar los datos en listas y para realizar la comunicación con el módulo Wifi interno.

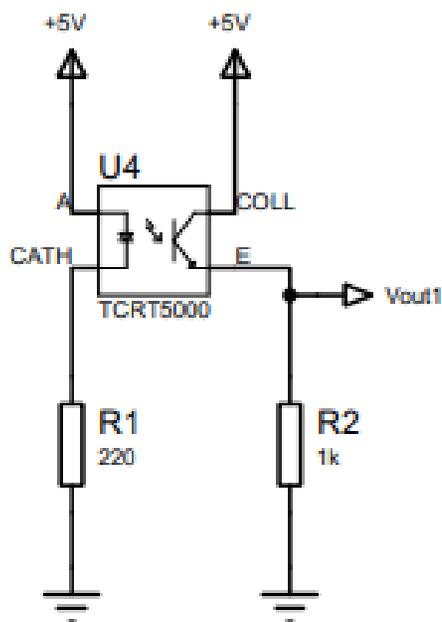
2.2.2.3 Etapa de acondicionamiento

Se realizó una serie de procesos para lograr el respectivo acondicionamiento de la señal obtenida del fototransistor utilizando amplificadores operacionales.

2.2.2.3.1 Conexión del sensor TCRT5000

Figura 2.8

Diagrama de conexión del sensor TCRT5000 en Proteus



El votaje de salida V_{out1} esta dada por:

$$V_{out1} = R2 * I_c \quad (2. 1)$$

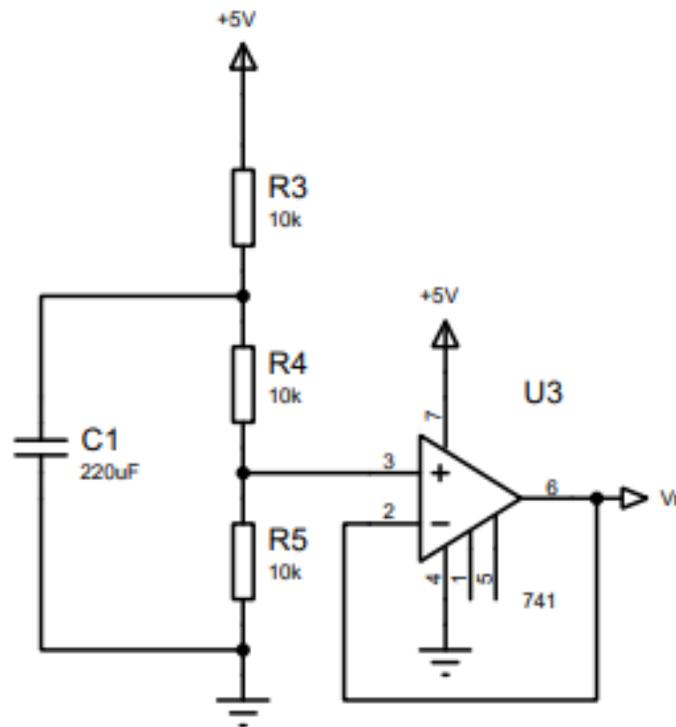
Donde I_c es la corriente que pasa por el fototransistor debido a la presencia de luz y $R2$ es la resistencia.

La corriente I_c se encuentra en constante cambio alterando el voltaje de salida V_{out1}

2.2.2.3.2 Nueva referencia de voltaje más un seguidor de tensión

Figura 2.9

Referencia de voltaje en Proteus



Se construyó un divisor de voltaje con la fuente de alimentación $V_c = 5V$, para obtener un voltaje de referencia (V_r) para la entrada no inversora del amplificador operacional de la siguiente etapa.

$$V_r = \frac{R_5}{R_3 + R_4 + R_5} * V_{cc} \quad (2.2)$$

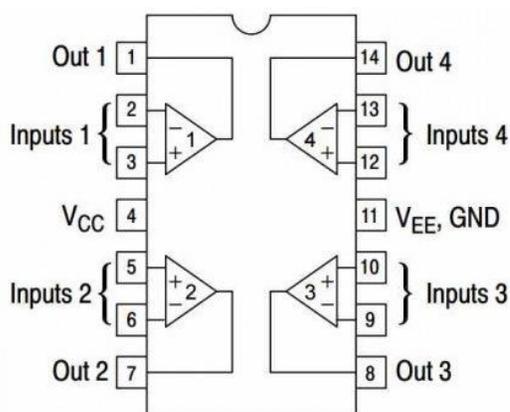
$$V_r = \frac{10k\Omega}{30k\Omega} * 5V$$

$$V_r = 1.67 V$$

La razón principal del divisor de voltaje es para mantener un valor cercano al voltaje de operación del amplificador operacional LM324, que es de 3 a 32 V al solo usar una fuente de alimentación positiva, la cual es detallada en su *datasheet*.

Figura 2.10

LM324N Configuración de los pines



Además, se colocó en paralelo un capacitor al circuito anterior ya que proporciona una mayor estabilidad de voltaje y elimina la señal de ruido provocado por la alimentación de 5V.

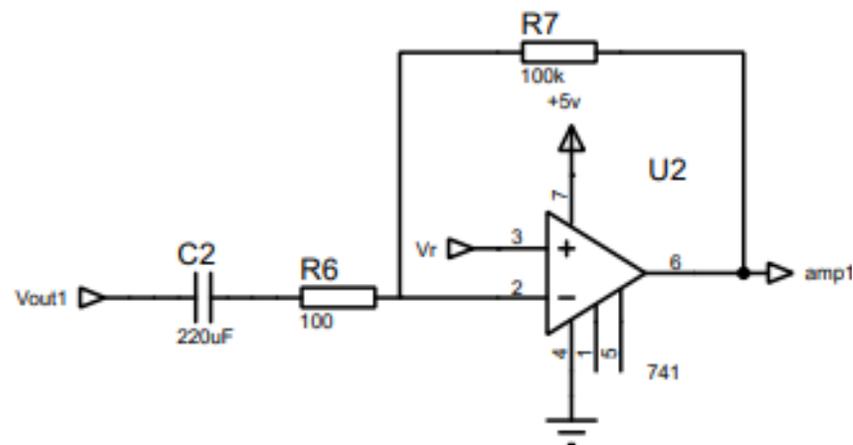
El divisor de voltaje no se ve afectado al conectar en paralelo el capacitor y el ruido concentrado en la resistencia $R3$ es limpiada luego para obtener un voltaje de referencia limpio.

El valor del capacitor no provoca ningun cambio al divisor de voltaje, por lo que no es importante de analizar.

Finalmente se añade el seguidor de tensión para mantener el valor de voltaje y poder usar el voltaje de referencia en otros circuitos de los amplificadores operacionales.

2.2.2.3.3 Amplificador inversor

Figura 2.11
Amplificador Inversor



La variación de voltaje recibida del sensor TCR5000 es muy pequeña por lo que debe ser amplificada, está en el rango de milivoltios por lo que es necesario realizar una etapa de amplificación.

La **Figura 2.11** muestra la configuración del amplificador inversor implementado, donde la entrada de Vr en el terminal positivo hace que funcione como amplificador diferencial inversor que amplifica e invierte la diferencia entre el voltaje vout1 y Vr.

La fórmula del voltaje de salida con respecto al voltaje de entrada se halla aplicando la ley de corrientes de Kirchhoff siguiendo el principio de alta impedancia de los amplificadores operacionales el voltaje en del terminal positivo debe ser igual al voltaje en el terminal negativo.

$$\frac{(V_{out1} - V_r)}{R_6} = \frac{(V_r - V_{amp1})}{R_7} \quad (2.3)$$

$$\frac{R_7}{R_6}(V_{out1} - V_r) = (V_r - V_{amp1})$$

$$V_r - V_{amp1} = \frac{R_7}{R_6}(V_{out1} - V_r)$$

$$V_{amp1} = -\frac{R_7}{R_6}(V_{out1} - V_r) + V_r$$

Figura 2.12

Comportamiento obtenido con voltaje de prueba

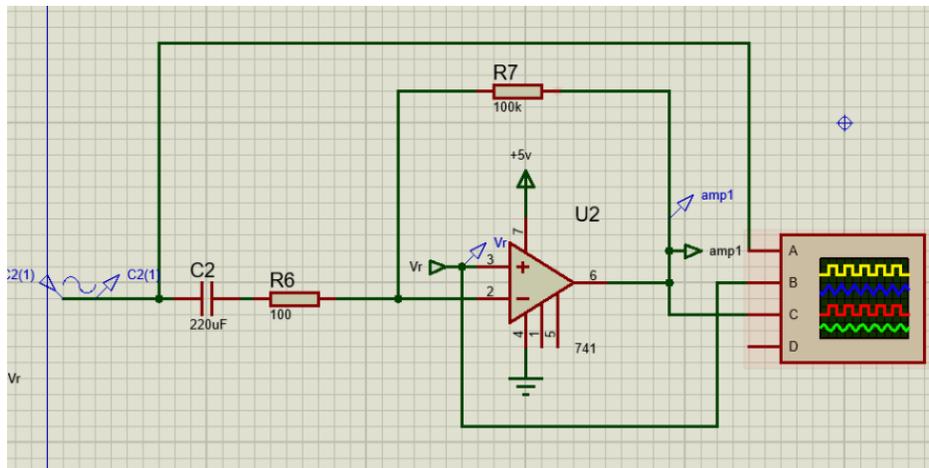
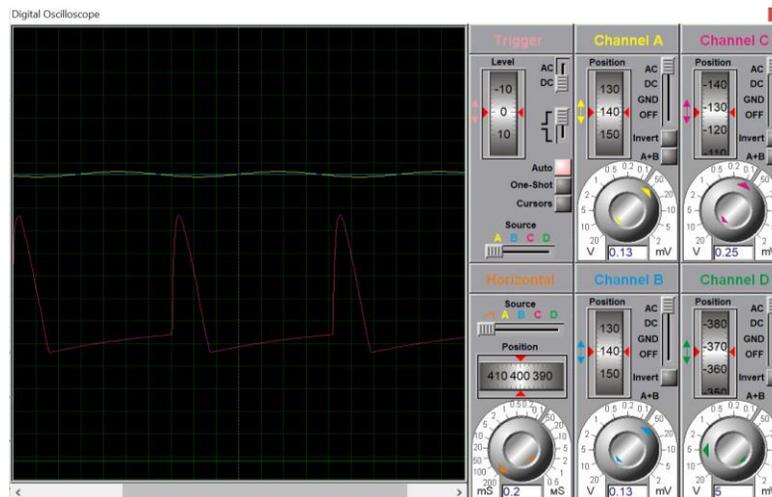


Figura 2.13

Osciloscopio



Para poder realizar pruebas, se colocó un osciloscopio para visualizar el comportamiento del circuito. Se colocó como señal de entrada una señal con una amplitud en rango de milivoltios con un offset del mismo nivel de la referencia V_r . Y logramos ver que se obtiene una amplificación suficiente de la onda, la salida del circuito se muestra de color rosado en la **Figura 2.13**.

2.2.2.3.4 Etapas de filtrado

La señal PPG esta compuesta por dos componentes: AC y CC, se desea obtener la AC, la cual refleja los latidos del corazón, sin embargo al ser esta pequeña en comparacion con la señal en su totalidad, se realizó un filtro pasa banda para mantener la señal obtenida del PPG dentro de un rango de frecuencia deseado.

Los latidos por minutos de una persona dependen de su edad y salud, si se establece un rango entre 30 a 190 lpm, al realizar la conversión de lpm a Hz, se obtiene el rango de frecuencia:

$$Hz = lpm/60min \quad (2.4)$$

$$frecuencia1 = \frac{30lpm}{60min} = 0.5Hz$$

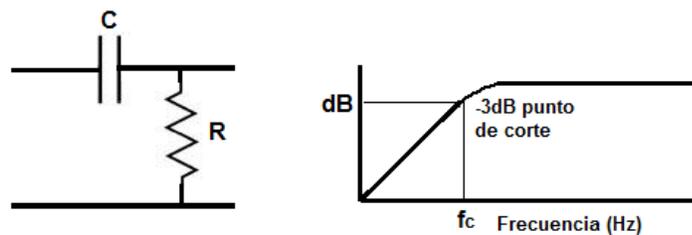
$$frecuencia2 = \frac{190lpm}{60min} = 3.16Hz$$

El rango de interés de frecuencia deseadas será de 0.5 a 3.16 Hz.

Para realizar los límites de frecuencia, se usó un filtro de banda que esta dividido en dos partes: filtro pasa alto y filtro pasa bajo.

Figura 2.14

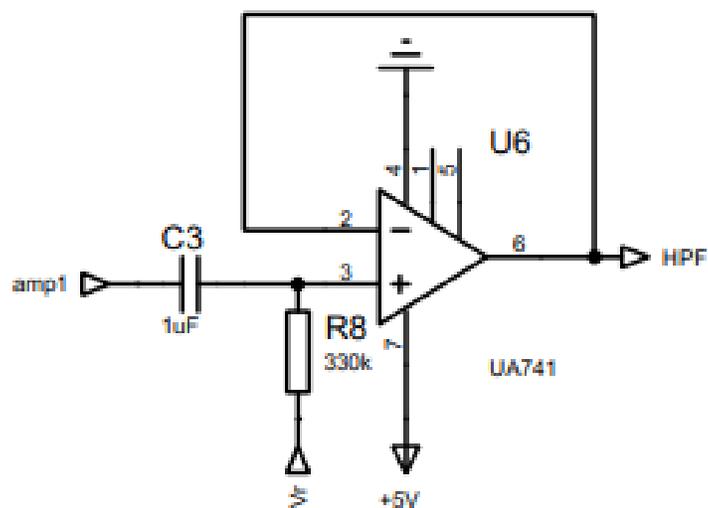
Filtro pasa altos - pasivo



$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

Figura 2.15

Filtro pasa alto RC pasivo más seguidor de voltaje en Proteus



Los valores de resistencia y capacitor son:

$$R8 = 330k\Omega$$

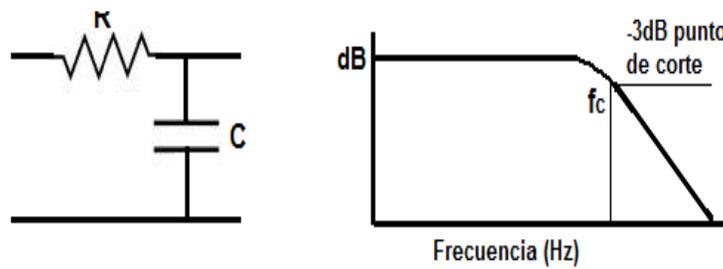
$$C3 = 1\mu f$$

Y el valor de la frecuencia de corte para el filtro pasa alto es:

$$f_c = \frac{1}{2\pi * R * C} = \frac{1}{2\pi * 330k * 1\mu} = 0,48 \text{ Hz} \quad (2.5)$$

Figura 2.16

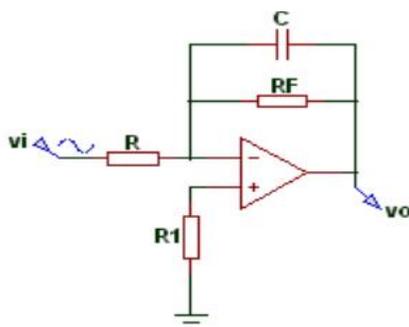
Filtro pasa bajos – pasivo



$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

Figura 2.17

Filtro pasa bajos - activo



$$\frac{V_o}{V_i}(s) = -\left(\frac{R_f}{R}\right) \left(\frac{\frac{1}{CR_f}}{s + \frac{1}{CR_f}} \right)$$

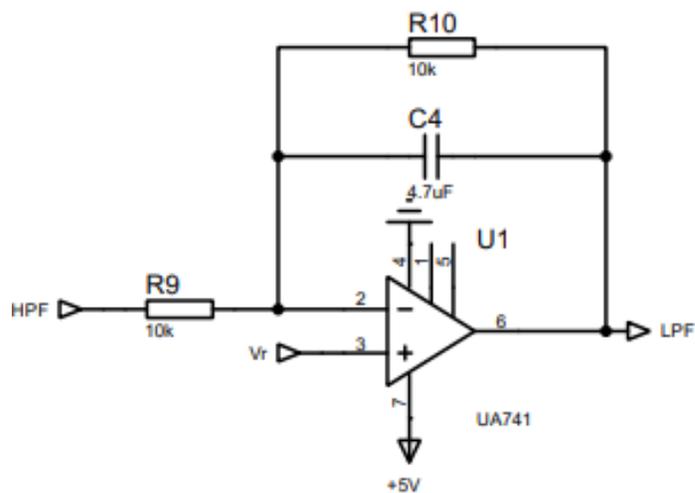
$$R_f = \frac{1}{2\pi f_c C}$$

$$R = \frac{R_f}{A}$$

$$R_1 = R \parallel R_f$$

Figura 2.18

Filtro pasa bajo en Proteus



Los valores de resistencia y capacitor son:

$$R9 = 10k\Omega$$

$$C4 = 4.7\mu f$$

$$R10 = 10k\Omega$$

Y el valor de la frecuencia de corte para el filtro pasa bajo es:

$$f_c = \frac{1}{2\pi * R * C} = 3.38 \text{ Hz} \quad (2.6)$$

Y finalmente le damos una ganancia G de 1 para no afectar al voltaje anterior.

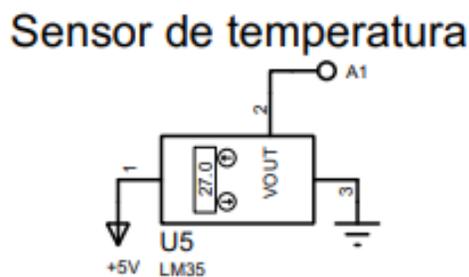
$$G = \frac{R7}{R10} = \frac{10k}{10k} = 1 \quad (2.7)$$

Esto es debido al rango de voltaje medido del fototransistor, el cual fue realizado de manera experimental hasta obtener un nivel de voltaje adecuado.

2.2.2.4 Conexión del sensor LM35

Figura 2.19

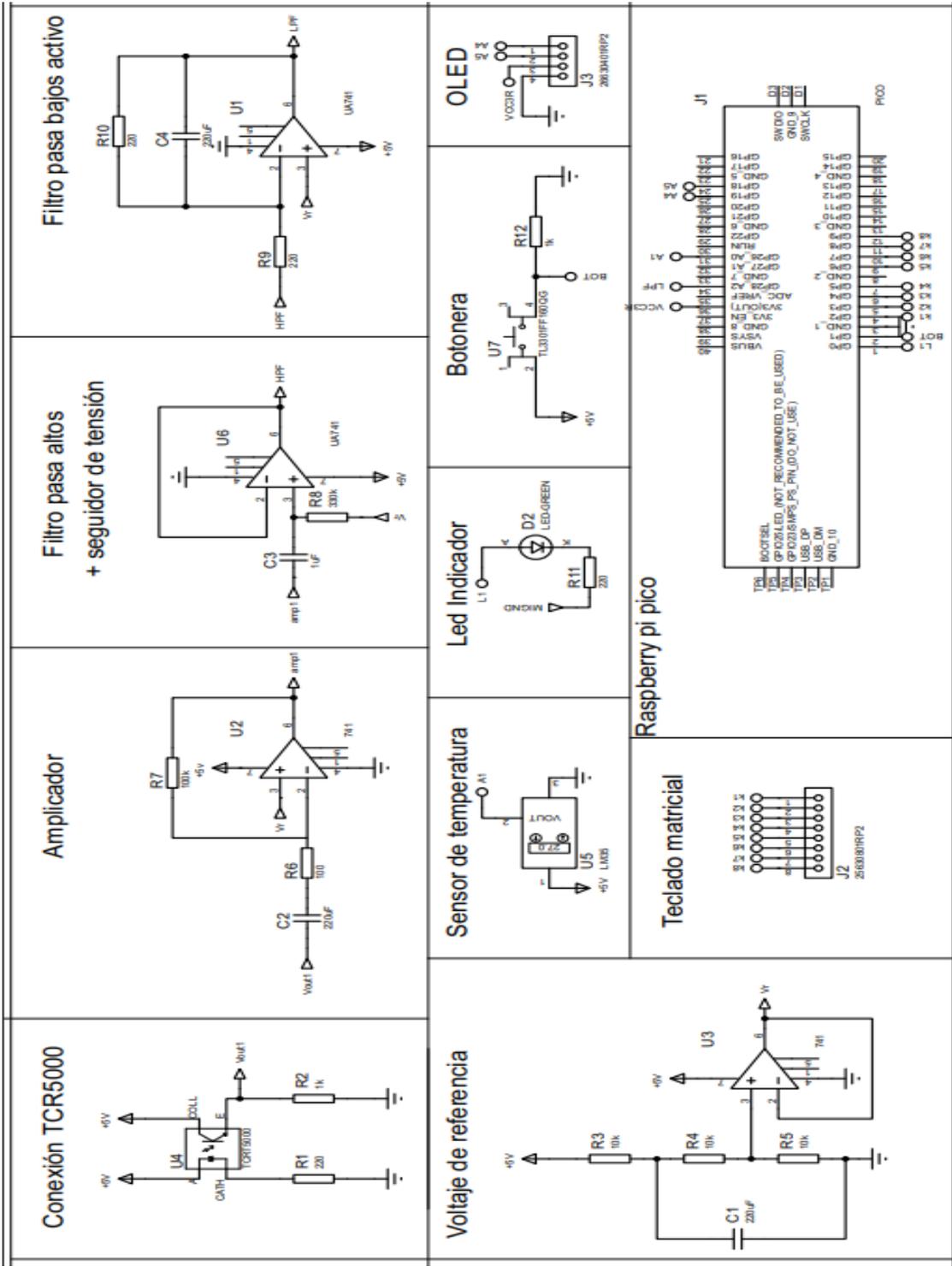
Diagrama del sensor LM35



Se demuestra la conexión del sensor LM35, donde se visualiza el pin de alimentación, tierra y la salida de la entrada analógica.

2.2.2.5 Esquemático con las conexiones realizadas del circuito

Figura 2.20
Conexiones eléctricas del sistema electrónico descrito

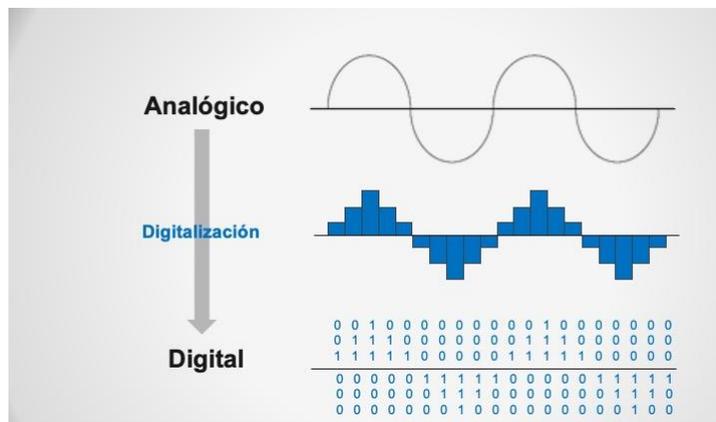


Se detallan las conexiones realizadas de los componentes de este proyecto, donde se detalla la explicación de la sección anterior para el acondicionamiento de señal y además demuestra la conexión de los otros componentes utilizados entre ellos con la ubicación de los pines del Raspberry pi pico que es el microcontrolador que será utilizado para controlar y ejecutar las siguientes acciones:

- Leer las entradas analógicas del sensor de temperatura y pulso cardíaco
- Utilizar un botón y led para iniciar y representar el estado de encendido del dispositivo.
- Calcular la frecuencia cardíaca
- Graficar el pulso de onda utilizando el OLED SSD1306
- Escribir el número de cédula del paciente mediante un teclado matricial para luego asociarlo con la base de datos.

2.2.2.5 Etapa de digitalización

Utilizando los puertos de entrada analógica de la Raspberry pi pico w, se recibe la señal PPG realizada con el sensor TCRT5000 y el sensor de temperatura LM35.

Figura 2.21*Digitalización de los datos analógicos*

La Raspberry pi pico w cuenta con un convertidor interno de analógico a digital, la resolución es de 16 bits, representando valores de 0 a 65535, el máximo valor de voltios (3.3V) equivale a 65535 y 0 bits equivale a (0V).

Para leer las entradas analógicas, se usa la función `read_u16()`.

2.2.2.6 Diseño de programación

2.2.2.6.1 Activación del circuito

Se usó un botón y led para representar el estado de encendido del circuito, al aplastar el botón se prende el led indicando la activación de la lectura de las entradas analógicas del sistema.

Figura 2.22*Código de activación del circuito*

```

buttonValue = button.value()
if (button.value()):
    buttonValue= True
    #buttonState= not buttonState

else:
    buttonValue= False

if buttonValue != lastButtonState:
    lastDebounceTime = time.ticks_ms()
    #if (time.ticks_ms() - lastDebounceTime) > debounceDelay:
    #if buttonValue != buttonState:
    buttonState = buttonValue

    if buttonState == True:
        ledState = True
        med = True
        lista_t2=[]
        lista_d2=[]

led.value(ledState)
lastButtonState = buttonValue

```

El código realizado los cambios de estado del botón para prender y apagar el botón.

2.2.2.6.2 Visualización de la onda cardíaca

Implementando el OLED SSD1306, se realizó la grafica del voltaje leído por el sensor TCRT5000, dicho voltaje esta en el rango de 0 a 2.3 V.

Para realizar el código de la pantalla, se implemento una función plot_time() donde se define el eje x e y, el cual sera representando como tiempo y voltaje respectivamente, esto significara que de manera continua se leerán los datos del sensor que serán visualizados dentro de una escala de 0 a 3.3 V sobre el eje y.

Figura 2.23

Código de la pantalla OLED

```
def plot_time(yp, t, x, y, var = [0.0,3.3], vpts=[25, 16, 40], hpts = [25, 55, 112]):
    #Axis
    oled.vline(vpts[0], vpts[1], vpts[2], 1) #x, y, h
    oled.hline(hpts[0], hpts[1], hpts[2], 1) #x, y, w
    oled.text(str(round(var[0],1)), vpts[0]-25, hpts[1]-5)
    oled.text(str(round(var[1],1)), vpts[0]-25, vpts[1])
    #y - axis
    y[1] = int((yp-var[0])/(var[1]-var[0]) * (vpts[1]-hpts[1]) + hpts[1]) #Interpolation
    if t < hpts[2] - hpts[0]:
        x[1] = x[0]+1
    else:
        x[1] = hpts[2]

    #Plot the line
    oled.line(x[0],y[0],x[1],y[1],1)
    oled.show()

    #Update past values
    y[0] = y[1]
    x[0] = x[1]
```

2.2.2.6.3 Ingreso del número de cédula del paciente al Raspberry pi pico

Mediante una función que permita al usuario escribir su número de cédula hasta lograr que se complete los diez dígitos en el teclado matricial llamada get_cedula()

Figura 2.24

Código para registrar el número de cédula

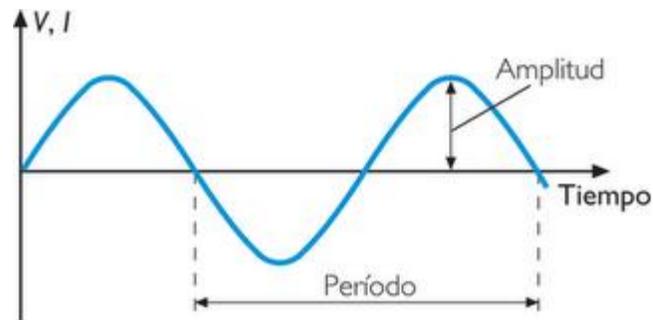
```
def get_cedula():
    global cedula_value, cedula_obtenida # Accedemos a las variables globales
    cedula_digits = []
    while not cedula_obtenida and len(cedula_digits) < 10: # Mientras no se haya obtenido una cédula
        key = Keypad4x4Read(col_list, row_list)
        if key is not None and key.isdigit():
            cedula_digits.append(key)
            print("Cédula parcial:", "".join(cedula_digits))
            time.sleep(0.3)
        if len(cedula_digits) == 10:
            cedula_value = "".join(cedula_digits)
            cedula_obtenida = True
            return cedula_value
```

2.2.2.6.4 Cálculo de la frecuencia cardíaca

A partir de la señal PPG digitalizada en el puerto analógico de la Raspberry pi pico w, obtenemos el valor de los latidos por minuto.

La señal obtenida puede ser interpretada como una onda senoidal, la cual está caracterizada principalmente por tener una amplitud, período y frecuencia.

Figura 2.25
Onda senoidal



El período T está directamente relacionado con la frecuencia f :

$$T = \frac{1}{f} \quad (2.8)$$

A partir de los valores recibidos del dispositivo, se obtuvo el período realizando un conteo del tiempo durante el transcurso en alcanzar dos valores máximos que representan el pico de la onda.

Para realizar el cálculo, se utilizó el lenguaje microPython mediante la Raspberry pi pico w, se creó cuatro listas vacías para almacenar los valores obtenidos y calculados del programa, tal y como se muestra en la siguiente imagen:

Figura 2.26

Variables usadas para calcular la frecuencia cardíaca

```
lista_t2 = []  
lista_d2=[]  
picos_t2 =[]  
picos_d2=[]
```

- La lista_t2 representa los valores de voltaje obtenidos del sensor TCRT5000.
- La lista_d2 representa el tiempo en milisegundos de los valores leídos del sensor TCRT5000.
- La lista picos_t2 almacena los valores de voltaje máximo que se obtienen al momento que se producen los picos de la onda cardíaca.
- La lista picos_d2 almacena el tiempo en milisegundos de los voltajes máximos leídos.

Además, se crea una variable donde se guardará el valor promedio de frecuencia cardíaca.

Figura 2.27

Código para calcular la frecuencia cardíaca

```

if(len(lista_t2)>0):
    for i in range(1, len(lista_t2)-1):
        if lista_t2[i] > lista_t2[i - 1] and lista_t2[i] > lista_t2[i + 1]:|
            picos_d2.append(lista_d2[i])
            picos_t2.append(lista_t2[i])

    for i in range(1,len(picos_d2)-1):
        if i > 0:
            restas.append(picos_d2[i]- picos_d2[i - 1])
            prom_resto = sum(restas) / len(restas)
            prom_resto_seg = prom_resto / 1000
            prom_resto_min=60 / prom_resto_seg
            v1=prom_resto_min

print("Frecuencia:", 60 / prom_resto_seg)
EnviarDatos()
time.sleep(1)
prom_resto_min=0
picos_t2=[]
picos_d2=[]
restas = []

```

El código recorre la lista de voltajes obtenidos del sensor TCRT5000 para luego reconocer y almacenar los valores de voltaje máximo y tiempo de dicho momento en la lista picos. Luego se calcula la diferencia de los tiempos entre dos picos de toda la lista, se transforma el tiempo de milisegundos a segundos y finalmente se lo convierte a minutos, pero de forma inversa tal y como se lo muestra en la **ecuación (2. 8)**.

2.2.2.6.5 Cálculo de la temperatura corporal

Se realizó la lectura de la entrada analógica del sensor LM35, posterior para poder obtener la temperatura en grados Celsius se usó las siguiente formula:

$$\text{Temperatura Celsius LM35} = (\text{pinLM35.read_u16} * (0.0005) * 100) \quad (2.9)$$

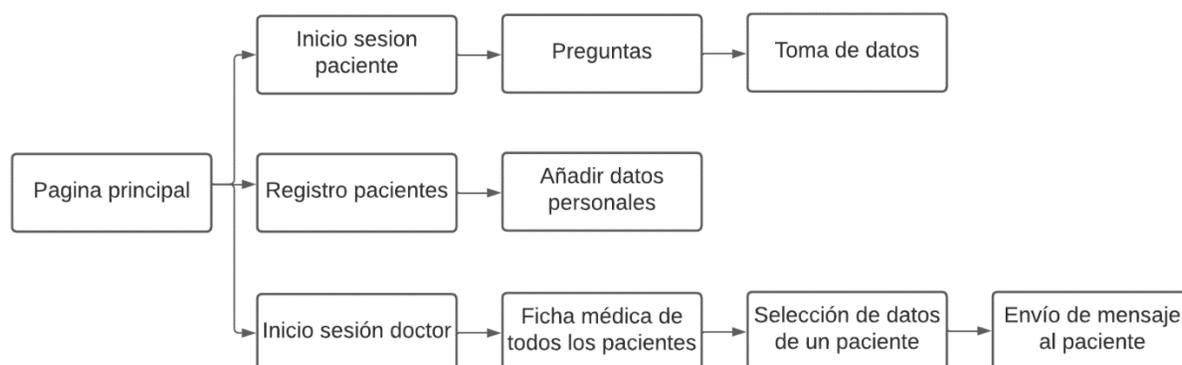
Según el *datasheet* del sensor LM35, cada grado Celsius representa 10mV. Primero se realiza una conversión del sensor analógico a voltaje y luego se multiplica por un factor de 100 para obtener la temperatura en grados Celsius.

2.2.2.6.6 Interfaz web

Para cumplir con el objetivo de visualización de los datos del paciente en una plataforma web, se desarrolló un código basado en lenguaje PHP con el cual se generan todos los componentes, funciones y características de la interfaz web.

Figura 2.28

Diagrama de flujo de la interfaz web



En el diagrama de flujo se muestran las diferentes secciones y acciones que se llevaron a cabo en la interfaz web. Este contara con un inicio de sesión tanto para el paciente y el médico, sin embargo, el paciente deberá crear un registro donde completara información básica necesaria para la consulta médica mientras que el doctor tendrá una cuenta administrativa genérica, una vez que el paciente haya iniciado sesión, contestara una serie de preguntas relacionada a su salud y finalmente se tomaran los datos del dispositivo electrónico.

Además, se utilizó el lenguaje CSS para brindarle un estilo personalizado al texto, tablas y cuadros de la página web para aumentar el aspecto visual de la interfaz.

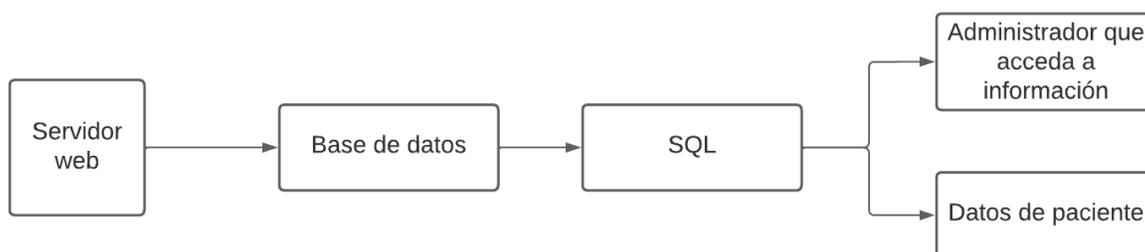
2.2.2.6.5 Servidor web

Con el objetivo de enviar la información del dispositivo electrónico a la web, se decidió hacer uso del servicio de XAMPP, es un software abierto para todo público que permite relacionar la base de datos MySQL y el servidor Apache.

Sin embargo, para el alojamiento web y poder visualizar la interfaz web en internet, se usó webhost.

Figura 2.29

Base de datos



El médico tendrá acceso a la información clínica de cada paciente registrado en la interfaz web, la cual podrá ser visualizada mediante una página web.

2.2.2.6.6 Comunicación por wifi hacia un servidor web

Los latidos por minutos y temperatura corporal obtenidos de la Raspberry pi pico w son llevados hacia un servidor web para guardar el registro de la información en una base de datos.

Para enviar los datos mediante Wifi, se usó la librería `urquests`, `network` y `time` para la comunicación del servidor. Primero se logra la conexión con el nombre y contraseña de Wifi local, posterior se usa la petición **POST** para solicitar enviar los datos hacia el servidor

Figura 2.30 Código para realizar el envío de datos al servidor

```
def EnviarDatos():
    data= "&value1=" + str(v1) + "&value2=" + str(v2)

    headers = {
        "Content-Type": "application/x-www-form-urlencoded"
    }
    response=urquests.post("http://192.168.0.104/tconsulta/post-esp-data.php", data=data, json=None, headers=headers)
# Check the response status code
if response.status_code == 200:
# The data was sent successfully
    print("Data sent successfully")
    print(response.text)
else:
# The data was not sent successfully
    print("Error sending data:", response.status_code)
    print(response.text)
```

Se definió una función para realizar la comunicación hasta el servidor, donde se define la url que representa el dominio de servidor que realizara la captura de valores enviados del método **POST**.

Los datos son enviados en una forma de formulario, declarados como tipo String, la cual está compuesta por una clave y valor. La clave contiene el nombre de la variable y el valor su respectiva medida, tal y como se muestra en la siguiente imagen:

Figura 2.31

Forma del tipo de dato enviado con clave y valor

```
Array
(
    [value1] => 15
    [value2] => 30
```

El código **POST** usado es visualizado por el siguiente código:

Figura2.32

Código POST

```
response=urequests.post("http://192.168.0.104/tconsulta/post-esp-data.php", data=data, json=None, headers=headers)
```

Es importante especificar el url de la extensión donde se realiza la petición.

2.2.2.6.7 Base de datos

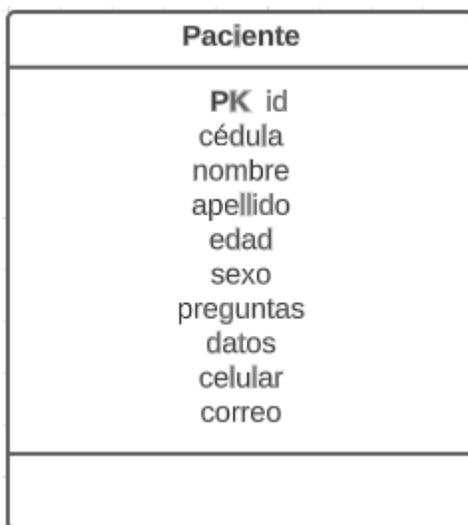
Se utilizó el gestor de base de datos relacional MYSQL, para permitir crear una relación entre la información clínica del paciente en formas de tablas, es una estructura organizada donde una de sus variables está identificada como una clave principal, esta sirve para identificar los datos relacionados al objeto o entidad.

Creamos cinco tablas SQL, estas son: paciente, doctor, sensorData, preguntas e indicaciones, las cuales harán la base de datos llamada basepac.

Se detallará la arquitectura de cada tabla:

Figura 2.33

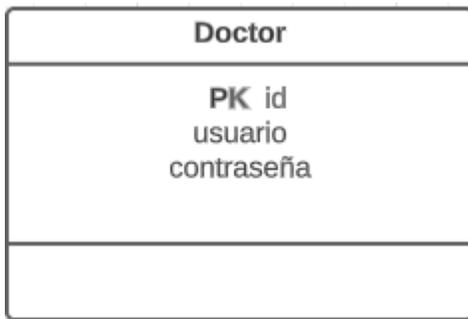
Diagrama de entidad del Paciente



La tabla paciente está compuesta por ID, cédula, nombre, apellido, edad, sexo, preguntas y datos. La cédula es la que se usará para la verificación y relación con las demás tablas de la base de datos y poder identificar los diferentes tipos de pacientes que habrá con su respectiva información.

Figura 2.34

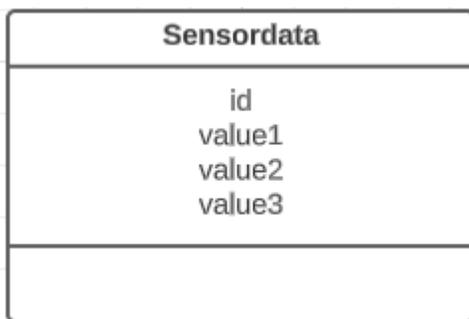
Diagrama de entidad del Doctor



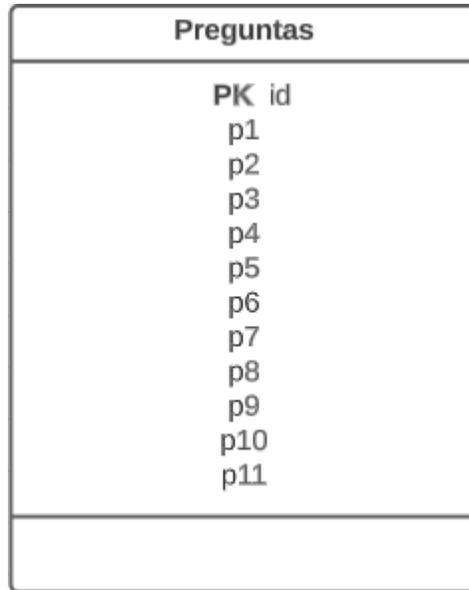
La entidad doctor está compuesta por las variables: ID, usuario y contraseña. Esta es una cuenta administrativa con la capacidad de poder leer la información de los pacientes registrados a través de su cédula.

Figura 2.35

Diagrama de entidad Sensordata



En sensordata se guardarán los valores recibidos del microcontrolador NodeMCU, que son: frecuencia cardíaca, temperatura del paciente y cédula del paciente, los cuales serán asignados a value1, value2 y value3 respectivamente.

Figura 2.36*Diagrama de entidad Preguntas*

La tabla preguntas cuenta con once preguntas acerca del estado de salud del paciente, otorgando información importante para el análisis del doctor para la consulta.

Las preguntas son:

- Antecedentes:
 - 1) ¿Sufre de alguna enfermedad tal como hipertensión y diabetes? Y cual
 - 2) ¿Sufre de alguna alergia? Y cual
 - 3) ¿Algún familiar sufre de algunas de las enfermades anteriormente dichas?
 - 4) ¿Ha sido operado alguna vez?
 - 5) En caso de haber sido operado, ¿Cuánto tiempo ha sido desde que se ha operado?
 - 6) ¿Toma algún medicamento?

- Motivo de consulta:

7) ¿Presenta algún tipo de dolor?

- Pulsátil
- Opresivo
- Cólico

8) ¿En qué parte se encuentra el dolor?

- Cabeza
- Tórax
- Abdomen
- Extremidades superiores
- Extremidades inferiores

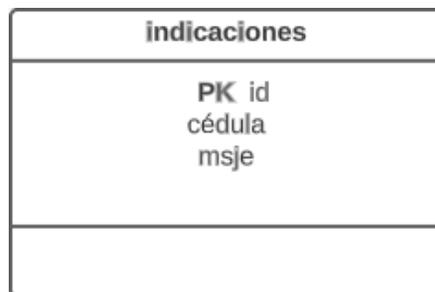
9) ¿Cuál es la intensidad del dolor?

- Bajo
- Medio
- Fuerte

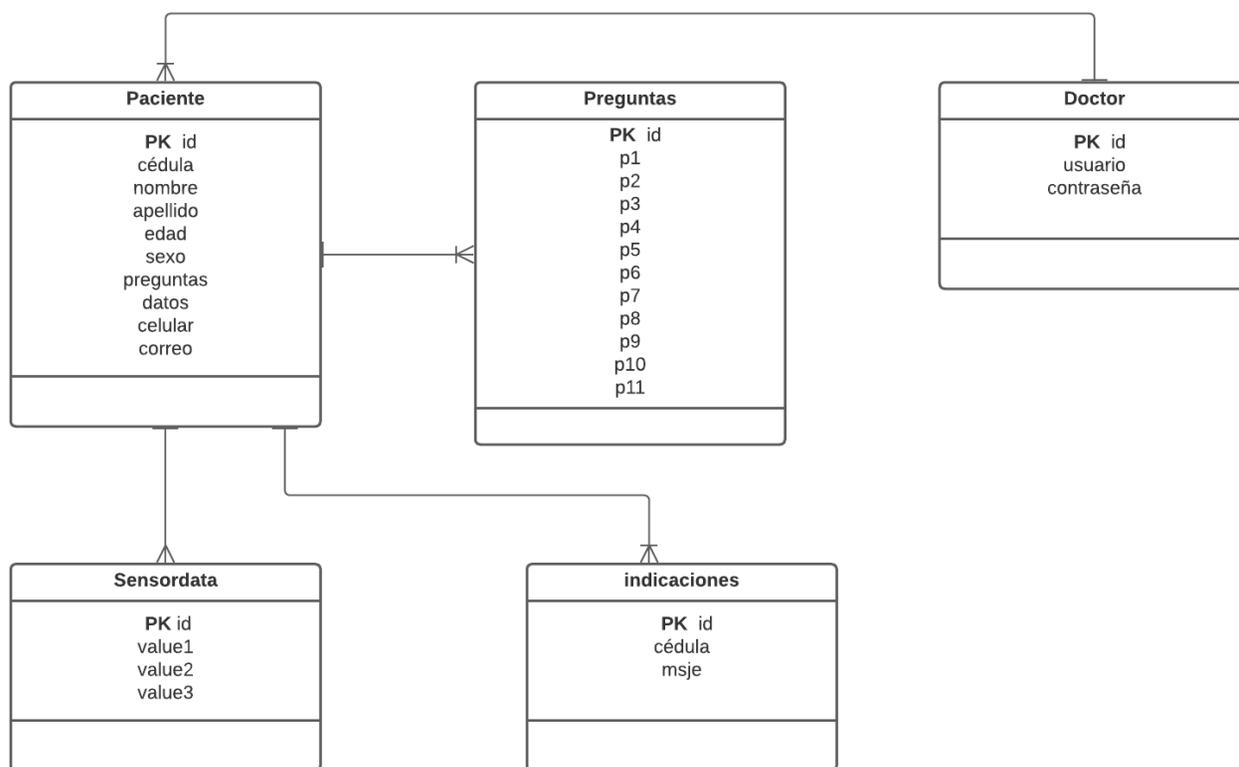
10) ¿Además del dolor, presenta algún otro síntoma? ¿Y cuál?

11) De una descripción de su problema:

Las preguntas fueron elaboradas por la asistencia de un doctor para poder realizar una consulta médica general.

Figura 2.37*Diagrama de entidad Indicaciones*

La tabla indicaciones guardará la cédula y el mensaje que desea enviar el doctor al paciente para el agendamiento de una cita.

Figura 2.38*Diagrama de relación*

En el diagrama de relación se establecen la conexión de las tablas entre sí, dando a entender que teniendo un doctor recibirá muchos pacientes y un paciente tendrá muchas preguntas, indicaciones y Sensordata de realizar.

Capítulo 3

3. Resultados y análisis

En esta sección se demostrarán los resultados y análisis realizados del sistema de consulta médica a distancia, donde se detallarán la funcionalidad del sistema electrónico conectado con la interfaz web desarrollada, tal y como se explicaron en la metodología.

Está dividida por dos partes: electrónica y programación. En la parte electrónica se podrá visualizar la comparación de los resultados obtenidos del sensor de frecuencia cardíaca (TCRT5000) con un sensor digital y el diseño del PCB del sistema electrónico integrado la placa de desarrollo Raspberry pi pico w. En programación se podrá observar las distintas interfaces creadas para el paciente y médico.

3.1.1 Electrónica

Figura 3.1

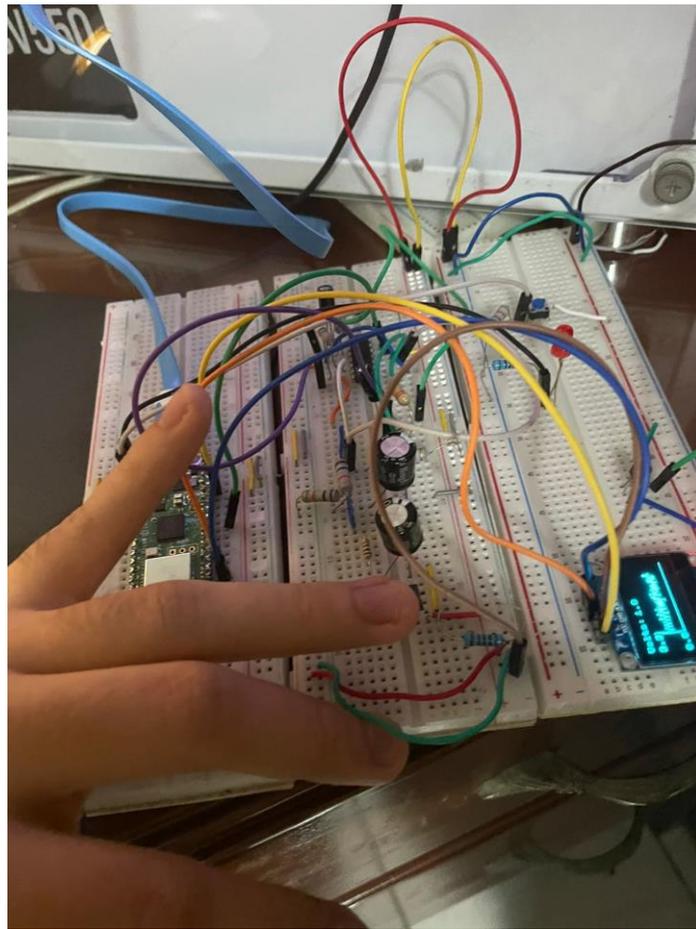
Prueba del dispositivo electrónico



El dispositivo está conectado y listo para usar, en la electrónico se puede observar todos los componentes descritos en la sección de metodología de forma física.

Figura 3.2

Toma de datos con el dispositivo realizado



Se realizó una prueba del dispositivo, una vez que ya se registró el número de cédula del paciente, se coloca el dedo sobre el sensor TCRT5000 y se activa el circuito al aplastar el botón, luego se calcula la frecuencia cardíaca del individuo y se visualiza a tiempo real en la pantalla OLED el pulso obtenido.

Figura 3.3

Frecuencia cardíaca obtenida usando un sensor digital



Se obtiene la frecuencia cardíaca del paciente utilizando un sensor digital para luego compararla con el obtenido en el dispositivo.

Figura 3.4

Datos obtenidos usando el dispositivo

```

pruebaaa.py
298     led.value(ledState)
299
300     if(showw):
301         showw=0
302         if(len(lista_t2)>0):
303             for i in range(1, len(lista_t2)-1):
304                 if lista_t2[i] > lista_t2[i - 1] and lista_t2[i] > lista_t2[i + 1]:
305                     #picos.append((lista_d2[i], lista_t2[i]))
306                     picos_d2.append(lista_d2[i])
307                     picos_t2.append(lista_t2[i])
308                     #print((str(lista_d2[i])+";" +str((lista_t2[i]))))
309
310
311             for i in range(1,len(picos_d2)-1):
312                 if i > 0:
313                     restas.append(picos_d2[i]- picos_d2[i - 1])
314                     prom_resto = sum(restas) / len(restas)
315                     prom_resto_seg = prom_resto / 1000
316                     prom_resto_min=60 / prom_resto_seg
317                     vl=prom_resto_min
318
319             print("Frecuencia:", 60 / prom_resto_seg)
320             EnviarDatos()
321             time.sleep(1)
322             prom_resto_min=0
323             picos_t2=[]
324             picos_d2=[]

```

```

Shell
>>> $!run -c $EDITOR_CONTENT

MPY: soft reboot
192.168.0.100
Frecuencia: 87.72642
Data sent successfully
Array
{
  [value1] => 87.72642
  [value2] => 30
}
New record created successfully

```

Se obtuvo una frecuencia cardíaca de 87.72 lpm, un valor muy cercano al obtenido usando el sensor digital.

Figura 3.5

Visualización de datos obtenidos en la página web



Finalmente, los datos son enviados directamente a la página web para ser visualizados por el paciente.

3.1.1.1 Análisis de resultados

Se usó un sensor digital que calcula directamente la frecuencia cardíaca para luego comparar con el valor calculado del sensor TCRT5000.

A partir de la **Tabla 3.1**, se puede observar los valores obtenidos por cada paciente en estado de reposo con su respectivo valor de frecuencia cardíaca y temperatura utilizando distintos sensores. Los pacientes: uno, dos y tres, corresponden a adultos de 23, 22 y 60 años

respectivamente, el sexo del paciente uno es masculino mientras que los otros dos pacientes son mujeres. El valor de frecuencia cardíaca de un adulto debe oscilar entre los 60 a 100 lpm, los valores según la tabla están dentro del rango. Al comparar el error relativo de la frecuencia cardíaca de todos los pacientes, este no supera el 5%, lo cual representa un gran margen de error considerablemente bajo por lo que se puede concluir que la frecuencia cardíaca obtenida por el sensor TCRT5000 tiene una exactitud adecuada, sin embargo, ese pequeño error es debido a los factores externos que alteran la sensibilidad del sensor, el movimiento involuntario y la exposición a luces externas a pesar de la protección del sensor pueden ocasionar una perturbación en la señal.

Además, al observar varios comportamientos de movimientos inusuales sobre el sensor, este entra en estado de saturación por los amplificadores operacionales, por tal razón es necesario dejar en reposo el dedo veinte segundos con anticipación antes de tomar datos erróneos.

Tabla 3.1

Comparación entre el sensor TCRT5000 y el sensor digital para medir la frecuencia cardíaca en estado de reposo

Paciente	Sensor LM35	Sensor TCRT500 (lpm)	Sensor digital de frecuencia cardíaca (lpm)	Error relativo entre la frecuencia cardíaca (%)
1	27	86	87	1.16
2	30	65	63	3.07
3	40	69	72	4.34

Tabla 3.2

Comparación entre el sensor TCRT5000 y el sensor digital para medir la frecuencia cardíaca luego de haber realizado una actividad

Paciente	Sensor LM35	Sensor TCRT500 (lpm)	Sensor digital de frecuencia cardíaca (lpm)	Error relativo entre la frecuencia cardíaca (%)
1	27	125	140	10.71
2	30	113	120	3.07
3	40	100	107	4.82

Nota. Se midió la frecuencia cardíaca y temperatura de 3 pacientes luego de un estado de actividad física

Se realizó la misma medición de los pacientes luego de haber realizado alguna actividad física produciendo un aumento en su pulso cardíaco. El error relativo del paciente uno es de 10.71%, lo cual significa un error alto comparado con los demás que resultaron ser menor al 5%, esto es ocasionado por los factores mencionados anteriormente y además es porque el paciente uno al realizar su medición, la posición y postura de brazo no eran similares al igual que cuando fue medido en el sensor digital. El brazo debe estar sobre una superficie como soporte, extendiendo el dedo sobre el sensor TCRT5000 y estar sentado sin realizar alguna actividad, cumpliendo con estos requisitos el valor medido se acerca al valor real, tal y como ocurrió con los demás pacientes.

3.1.1.2 Diseño PCB

Figura 3.6

Modelo 3D del diseño PCB realizado



Para el desarrollo del PCB se utilizó el software Proteus, para lo cual fue necesario obtener el archivo que contiene el modelo CAD de los componentes que no se encontraban incluidos en la librería de Proteus. Se colocaron los componentes como el sensor TCR5000, la botonera, el sensor de temperatura y el Raspberry en la ubicación más conveniente y para los demás componentes se utilizó la herramienta de auto posicionamiento de Proteus, luego se generaron las rutas mediante el auto ruteo para lo cual fue necesario utilizar más de una capa en la placa ya que con una sola placa no fue posible generar todas las rutas.

Adicionalmente, se ha añadido un conector de alimentación para alimentar el circuito de la PCB con 5 VDC, y se han colocado los pines sobre los que se conectará el OLED y un teclado matricial en caso de que sea necesario su uso para ampliar la funcionalidad del proyecto.

3.1.2 Programación

3.1.2.1 Interfaz Web

Se muestran las diferentes interfaces realizadas para el paciente y médico cumpliendo con las funciones mencionadas en la sección de Metodología:

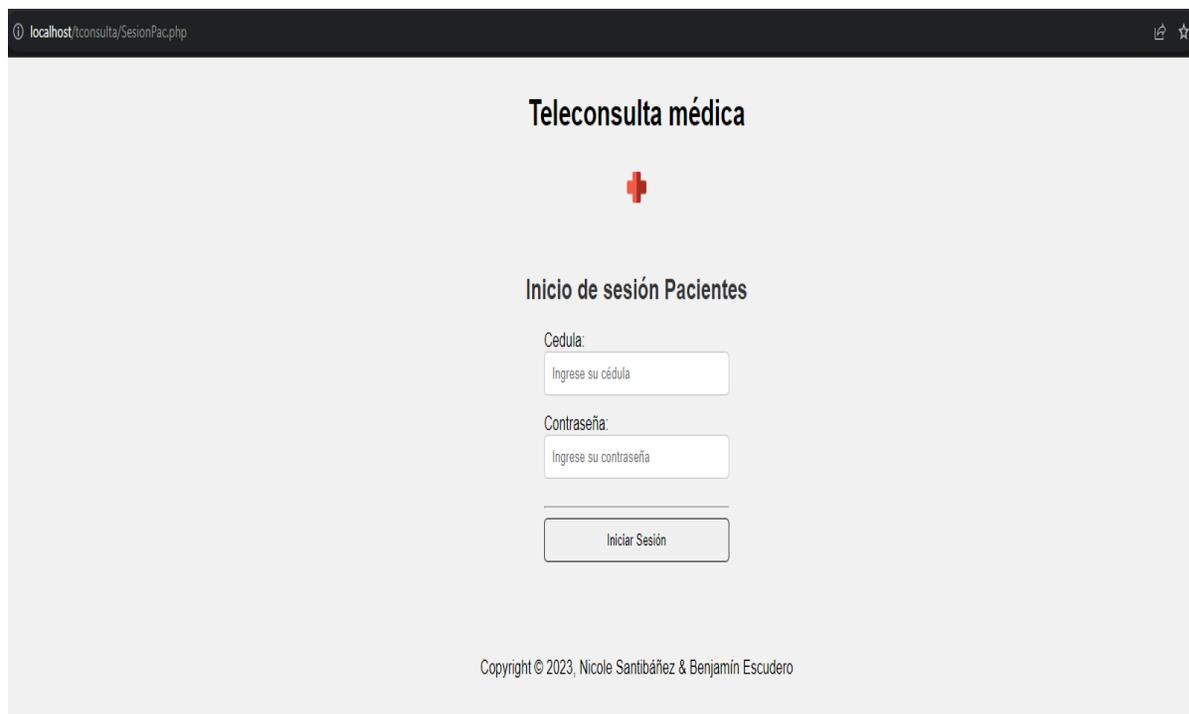
Figura 3.7

Página principal de la interfaz web



La pantalla principal de la página web, la cual el usuario podrá ingresar como paciente o médico, sin embargo, es necesario haberse creado una cuenta registrada como paciente, en el caso de ser un doctor, este ya viene con un usuario y contraseña por defecto para poder administrarla.

El icono de la cruz de ambulancia tiene la función de poder regresar siempre a la página principal.

Figura 3.8*Inicio de sesión Pacientes*

The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying 'localhost/tconsulta/SesionPac.php'. The page content is centered and features the following elements:

- Teleconsulta médica**: The main title of the page.
- : A red cross icon representing a medical or healthcare service.
- Inicio de sesión Pacientes**: The subtitle for the login section.
- Cedula:** A label for the first input field.
- : A text input field for the patient's ID card number.
- Contraseña:** A label for the second input field.
- : A text input field for the patient's password.
- : A button to submit the login information.
- Copyright © 2023, Nicole Santibáñez & Benjamín Escudero

Para el inicio de sesión Pacientes, se requiere colocar la cédula y la contraseña creada en el registro.

Figura 3.9*Registro del paciente*

Teleconsulta médica



Registro

Cédula:

Contraseña:

Confirmar contraseña:

Nombres:

Apellidos:

Correo:

Celular:

Edad:

Copyright © 2023, Nicole Santibáñez & Benjamín Escudero

Figura 3.10*Tabla MySQL pacd*

<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	17	0913456789	123	Vicky	Campos	15	vicky@gmail.com	0987811221
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	18	1245885591	123	Pepe	Cevallos	20	beescude@gmail.com	0987811221
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	19	0951169275	123	Ivan	Mieles	23	ivan@espol.edu.ec	0988789443
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	20	1203615933	123	Dalila	Mendoza	45	dalilla@espol.edu.ec	0988743937
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	21	09443579191	123	Carlos	Caballero	45	carlos@espol.edu.ec	0912452212

Al momento de ya haber sido registrado el paciente, se guardará dentro de la tabla pacd.

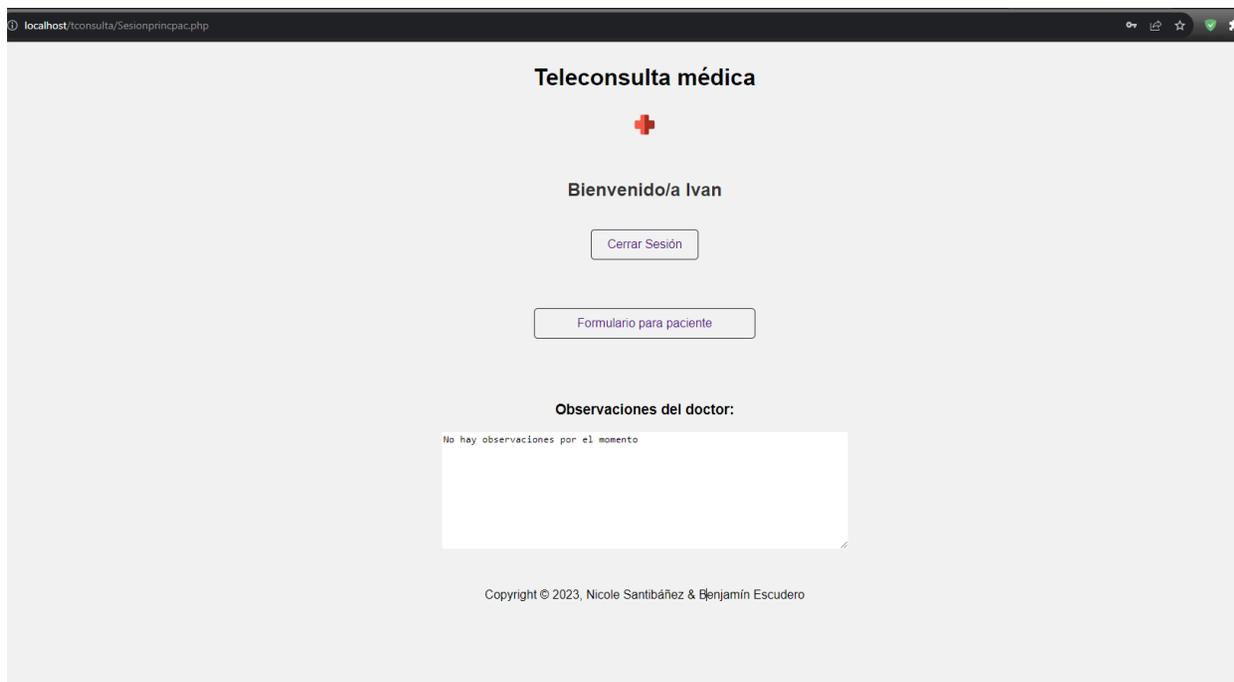
Figura 3.11

Inicio de sesión Pacientes ya una vez registrado



The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying 'localhost/tconsulta/SesionPac.php'. The main content area has a light gray background and is titled 'Teleconsulta médica' in bold black text. Below the title is a red cross icon. Underneath the icon, the text 'Inicio de sesión Pacientes' is displayed. There are two input fields: the first is labeled 'Cedula:' and contains the value '0951688670'; the second is labeled 'Contraseña:' and contains a masked password '.....'. Below these fields is a button labeled 'Iniciar Sesión'. At the bottom of the page, there is a copyright notice: 'Copyright © 2023, Nicole Santibáñez & Benjamín Escudero'.

Inicia sesión colocando la cédula y contraseña registrada.

Figura 3.12*Sesión ya iniciada del paciente*

Posterior al inicio de sesión, una ventana dando la bienvenida al paciente con su respectivo nombre y dos recuadros para cerrar sesión y realizar el formulario de preguntas relacionadas al estado de salud. Además, un cuadro de texto donde se visualizará si el doctor realizó algún comentario después de haber observado la ficha médica del paciente.

Figura 3.13
Formulario médico

Teleconsulta médica



Bienvenido/a Ivan

Cerrar Sesión

Responda a las siguientes preguntas

¿Sufre de alguna enfermedad como hipertensión o diabetes? ¿Cuál?

¿Sufre de alguna alergia? ¿Cuál?

¿Algún familiar sufre de algunas de las enfermedades anteriormente dichas?

¿Ha sido operado alguna vez?

En caso de haber sido operado, ¿Cuánto tiempo ha sido desde que se ha operado?

¿Toma algún medicamento?

Motivo de consulta:

¿Presenta algún tipo de dolor?

Pulsátil

Opresivo

Cólico

¿En qué parte se encuentra el dolor?

Cabeza

Tórax

Abdomen

Extremidades superior

Extremidades inferior

¿Cuál es la intensidad del dolor?

Bajo

Medio

Fuerte

¿Además del dolor, presenta algún otro síntoma? ¿Cuál?

De una descripción de su problema:

Enviar

Toma de Datos

Copyright © 2023, Nicole Santibáñez & Benjamín Escudero

Al finalizar el formulario y enviarlo, se aplasta el botón Toma de Datos para abrir una nueva pestaña y visualizar los datos obtenidos del microcontrolador a tiempo real.

Figura 3.14*Tabla MySQL preguntas*


id	cedula	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10	p11
6	0951688670	No	No	No	No	no	No	Si	En la cabeza	Bastante fuerte	cabeza	Regularmente me da un dolor de cabeza en las ma...

Se cargan los datos de las respuestas contestadas en el formulario dentro de la tabla preguntas.

Para concluir la interfaz del paciente, se muestran los datos de frecuencia cardíaca y temperatura de forma dinámica obtenidos de la Raspberry pi pico w en la ventana DatosTiemporeal.php.

Figura 3.15*Ventana DatosTiemporeal*

Figura 3.16*Inicio de sesión Doctores*

The screenshot shows a web browser window with the URL `localhost/tconsulta/SesionDoc.php`. The page title is "Teleconsulta médica" and features a red cross icon. Below the icon is the heading "Inicio de sesión Doctores". The form contains two input fields: "Usuario:" with the value "admindoc" and "Contraseña:" with masked characters "*****". A button labeled "Iniciar Sesión" is positioned below the password field. At the bottom of the page, the copyright notice "Copyright © 2023. Nicole Santibáñez & Benjamin Escudero" is displayed.

El médico ingresa el usuario y contraseña administrativa: `admindocs`, la cual ya está creada en la tabla `docs`.

Figura 3.17*Sesión ya iniciada del doctor*

localhost/consulta/Sesioniniciadoc.php

Cerrar Sesión

Escoja el paciente:

0951169275

Ficha Médica

Información Personal

Nombres: Ivan

Apellidos: Mielles

Número de cédula: 0951169275

Correo: ivan@espol.edu.ec

Celular: 0980709443

Edad: 23

Antecedentes Médicos

Enfermedades: No

Alergias: No

Enfermedades de familiares: Si, mis padres sufren de diabetes

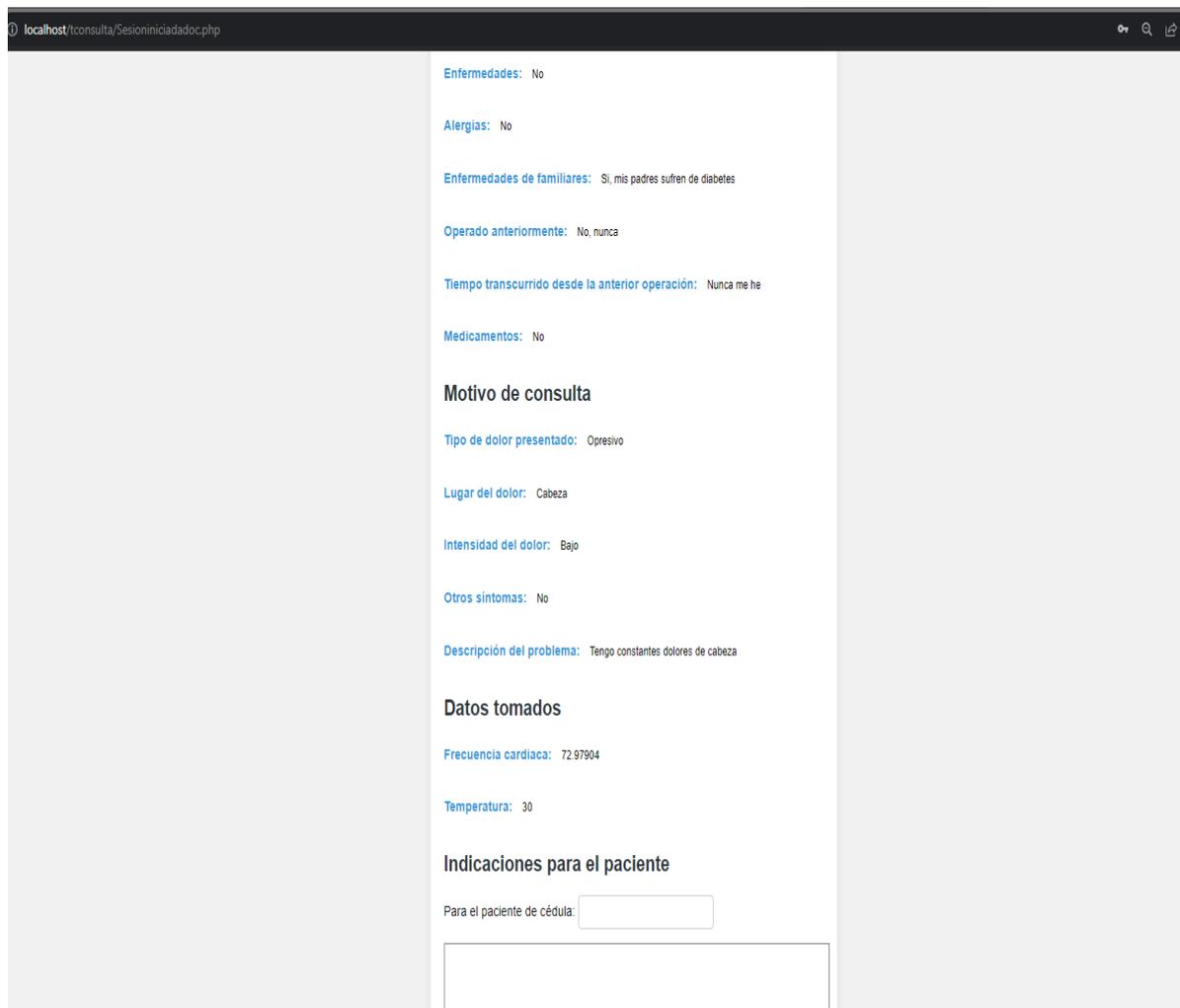
Operado anteriormente: No, nunca

Tiempo transcurrido desde la anterior operación: Nunca me he

Para visualizar la ficha médica, se deberá escoger el número de cédula del paciente deseado, aparecerán todos los datos relacionados a ese paciente en específico en una ficha médica

Figura 3.18

Vista terminada de la ventana sesión iniciada del doctor



The screenshot shows a web browser window with the URL `localhost/tconsulta/Sesioniniciadoc.php`. The page displays patient information in a structured format:

- Enfermedades:** No
- Alergias:** No
- Enfermedades de familiares:** Si, mis padres sufren de diabetes
- Operado anteriormente:** No, nunca
- Tiempo transcurrido desde la anterior operación:** Nunca me he
- Medicamentos:** No
- Motivo de consulta**
 - Tipo de dolor presentado:** Opresivo
 - Lugar del dolor:** Cabeza
 - Intensidad del dolor:** Bajo
 - Otros síntomas:** No
 - Descripción del problema:** Tengo constantes dolores de cabeza
- Datos tomados**
 - Frecuencia cardiaca:** 72.97904
 - Temperatura:** 30
- Indicaciones para el paciente**
 - Para el paciente de cédula:
 -

Al acabar de revisar la información del paciente, el doctor podrá enviar alguna indicación para realizar el agendamiento como mensaje de texto.

Tabla 3.3*Evaluación de la interfaz web por varios usuarios*

Usuarios	Criterios de evaluación		
	Estética	Facilidad	Fluidez
1	4	5	4
2	5	4	5
3	4	4	4
4	3	4	5

3.1.2.2 Análisis de resultados

3.1.3 Cotización de rubros

Tabla 3.4

Cotización de Rubros

Componentes	Cantidad	Precio por unidad (\$)	Total (\$)
Impresión PCB	1	15	15
Kit de 140pcs	1	3.50	3.50
LM324N	1	0.50	0.50
Resistencias	12	0.10	1.20
Capacitores	4	0.20	0.8
Fuente de alimentación 5V	1	5	5
Led	1	0.20	0.20
Botón	1	0.30	0.30
Pantalla OLED	1	3.50	3.50
Teclado Matricial	1	5	5

Raspberry pi pico w	1	15	15
Conector Jack de alimentación	1	0.50	0.50
Total			50.5

En la **Tabla** 3.4

Cotización de Rubros el costo para generar una nueva placa es de \$50.5, existen otros rubros como el costo del hosting web, los precios del hosting web y el costo de la base de datos oscilan entre \$ 2 y \$ 500 para todo tipo de aplicación. Estos costos se asumirían añadiendo un porcentaje en el margen de venta o buscando otras soluciones como apoyo mediante publicidad u otras alternativas.

Para poder generar utilidades el margen mínimo de una venta debe ser del 30% del costo, de este modo precio mínimo al que se puede vender la placa es de \$65.65 lo cual puede no ser un precio asequible para un individuo con ingresos básicos, pero se vuelve más razonable si se adquiere para ser usado en una comunidad por un grupo de personas para que puedan tener acceso a un sistema de telemedicina si no existen centros de salud médica cercanos a sus lugares de vivienda. Se debe tomar en cuenta que si se llegase a producir al por mayor estos dispositivos se podría disminuir en un poco porcentaje los costos de fabricación.

Capítulo 4

4.1 Conclusiones y recomendaciones

El proyecto realizado tiene la finalidad de ser utilizado en sectores rurales donde exista escasez de doctores y centros clínicos, por tal razón el sistema de consulta médica a distancia permite la comunicación entre paciente y médico de forma remota sin necesidad de haber un contacto físico entre ellos, brindando al doctor la información necesaria para poder realizar un diagnóstico del paciente con la frecuencia cardíaca, temperatura corporal y un formulario de preguntas contestadas por el usuario, brindando un servicio a personas con problemas médico que buscan realizarse un chequeo médico pero no cuentan por la capacidad de poder viajar a ciudades frecuentemente, perjudicando su salud.

Esto podría ser utilizado en el sector de salud pública ya que la mayoría de los centros médicos se encuentran en áreas urbanas, con esta solución se podría brindar mayor cobertura a áreas rurales además de permitir reducir el tiempo de espera para poder recibir una cita con un especialista.

4.1.1 Conclusiones

- Se logró obtener la forma de onda del pulso cardiaco en base al principio de fotoplestimografía mediante el cual fue posible calcular la frecuencia cardíaca analizando los valores máximos de la onda y el intervalo de tiempo entre ellos.
- Se diseñó una página web con conexión a una base de datos donde se almacenan los datos de los pacientes, para eso fue necesario el uso de una placa de desarrollo (Raspberry pi pico w) que sea capaz de conectarse al servidor vía wifi.

- Al realizar la prueba conceptual se pudo constatar el correcto funcionamiento de la integración entre la parte electrónica y la interfaz web para la visualización de datos.

4.1.2 Recomendaciones

- Se recomienda utilizar un diferente tipo de fotodiodo y fototransistor con menor sensibilidad para no ser alterado por factores externos, un ejemplo serían los usados en los oxímetros digitales, ya que para una aplicación médica siempre se deberá conseguir la mayor exactitud de resultados.
- Es necesario implementar un modelo físico para restringir el movimiento de dedo del paciente al momento de obtener su frecuencia cardíaca debido a que la mayoría de las personas de edad avanzada tiende a sufrir de problemas nerviosos, produciendo movimientos involuntarios que afectan el resultado calculado por el dispositivo electrónico.
- Se recomienda editar el mapa de entidad-relación de la base de datos agregando una nueva entidad “citas” donde se pueda vincular el paciente, doctor, e información emitida en la cita de forma que el paciente y el doctor puedan revisar un historial de todas las citas pasadas.

REFERENCIAS

- [1] Caeme, "Enfermedades Cardiovasculares," Cámara Argentina de Especialidades Medicinales, Julio 2020. [En línea]. Available: <https://www.caeme.org.ar/archivo-weber/enfermedades-cardiovasculares/#:~:text=Seg%C3%BAAn%20la%20OMS%2C%20las%20enfermedades,31%25%20de%20las%20muertes%20registradas.>
- [2] Espol , "Ecuador acumula pacientes con enfermedades cardiovasculares," Centro de estudios Asia-Pacífico, 23 Enero 2023. [En línea]. Available: <https://ceap.espol.edu.ec/es/content/ecuador-acumula-pacientes-con-enfermedades-cardiovasculares/#:~:text=Entre%202018%20y%202021%20el,271%20defunciones%20por%20complicaciones%20cardiovasculares.>
- [3] D. M. Bolaños, "Telemedicina en el Ecuador: un mundo de desafíos y oportunidades," Universidad Politécnica Salesiana, diciembre 2010. [En línea]. Available: <https://lagranja.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/484.>
- [4] Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, "Expansión del Programa de Telemedicina," Ministerio de Salud Pública, Marzo 2013. [En línea]. Available: <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2015/04/Expansi%C3%B3n-del-Programa-de-Telemedicina-Nivel-Nacional.pdf.>
- [5] J. Machado, "Hasta seis meses de espera por una cita médica en los hospitales públicos," Primicias el periodismo comprometido, Septiembre S 2022. [En línea]. Available: [https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/pacientes-citas-médicas-iess-hospitales-publicos/.](https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/pacientes-citas-médicas-iess-hospitales-publicos/)
- [6] R. Lucio, N. Villacrés y R. Henríquez, "Sistema de salud de Ecuador," Scielo, Enero 2011. [En línea]. Available: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342011000800013#:~:text=Ecuador%20tiene%20registrados%203%20847,ISSFA%2C%20ISSPOL%20y%20otras%20entidades.
- [7] I. n. d. e. y. censos, "Actividades y recursos de salud," Ecuador en cifras, 2020. [En línea]. Available: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/actividades-y-recursos-de-salud/.](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/actividades-y-recursos-de-salud/)

- [8] R. Medrán, "Medición del ritmo cardíaco mediante fotoplestismografía," Dpto. Teoría de la Señal y Comunicaciones Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla , 2018. [En línea]. Available: <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/12461/fichero/PFC-2461-MEDRAN.pdf>.
- [9] T. Barrientos, "SlidePlayer," 2014. [En línea]. Available: <https://slideplayer.es/slide/143581/>.
- [10] Heatlwise, "Corazón normal," Cigna Healthcare, Septiembre 2022. [En línea]. Available: <https://www.cigna.com/es-us/knowledge-center/hw/corazn-normal-aa54865#:~:text=El%20lado%20derecho%20del%20coraz%C3%B3n%20recibe%20de%20las%20venas%20sangre,hacia%20el%20resto%20del%20cuerpo>
- [11] "Ciclo cardíaco," Kenhub, Julio 2023. [En línea]. Available: <https://www.kenhub.com/es/library/anatomia-es/ciclo-cardiaco-es>.
- [12] Universidad Nacional Autónoma de México, "Facmed," 2019. [En línea]. Available: <https://fisiologia.facmed.unam.mx/wp-content/uploads/2019/10/El-coraz%C3%B3n-como-bomba.pdf>.
- [13] D. J. Massó, "Quironsalud," 12 Abril 2018. [En línea]. Available: <https://www.quironsalud.es/blogs/es/corazon/causas-efectos-hipertension-arterial>.
- [14] M. Julio , "Frecuencia cardíaca," CINFASALUD, Mayo 2020. [En línea]. Available: <https://cinfasalud.cinfa.com/p/frecuencia-cardiaca/>.
- [15] C. Jhon, G. Mark, H.-G. Barrie y M. Nicole, "Fotoplestismografía," OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS ESPAÑA, [En línea]. Available: <https://patents.google.com/patent/ES2556648T3/es..>
- [16] "Diseño e implementación de un glucometro digital basado en la fotoplestismografía," Escuela Superior de Valencia, 2014. [En línea]. Available: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/49716/MEMORIAdefinitiva_14047195741583523182364041613508.pdf?sequence=3.
- [17] TECNOMED 2000, S. L., "Pulsioxímetro: Qué es, cómo funciona, uso, resultados y limitaciones," BLOGTECNOMED 2000, 2017 Julio. [En línea]. Available:

<http://blog.tecnomed2000.com/2017/07/03/pulsioximetro-que-es-como-funciona-uso-resultados-y-limitaciones/>.

- [18] P. Susana , Q. Jose, M. Felipe y L. Daniel, "Herramientas y tecnologías para el desarrollo web desde el FrontEnd al BackEnd," SEDICI Repositorio Institucional de la UNLP, Abril 2021. [En línea]. Available: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/120476>.
- [19] Ivan, "Rockcontent," 09 Marzo 2020. [En línea]. Available: <https://rockcontent.com/es/blog/php/>.
- [20] A. Solé, J. Lambert, V.-E. Baciú, B. da Silva, J. C. Garcia-Naranjo y J. Stiens, "PPG-EduKit An Adjustable Photoplethysmography Evaluation System for Educational Activities," MDPI, [En línea]. Available: <https://gitlab.com/etrovub/wearables/publications/PPG-EduKit/-/tree/master>.
- [21] C. Juan Carlos y T. Kevin, "Desarrollo de un sistema web de citas médicas usando herramientas open source y sensores biométricos de signos vitales," Repositorio Universidad de Guayaquil, 2020. [En línea]. Available: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/48834>.
- [22] L. Victor y O. William, "Diseño e implementación de un glucómetro no invasivo basado en la ley de Lambert Beer y longitud de onda cercana al infrarrojo (NIR), con interfaz de comunicación bluetooth a dispositivos con sistema operativo Android," UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, 2014. [En línea]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/6332>.
- [23] N. d. I. N. Rivas Muñoz, Febrero 2019. [En línea]. Available: <https://riuma.uma.es/xmlui/handle/10630/17545?show=full>.
- [24] Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina, "El corazón como bomba: fases del ciclo cardíaco. Ecocardiograma," UNAM, [En línea]. Available: <https://fisiologia.facmed.unam.mx/wp-content/uploads/2019/10/El-coraz%C3%B3n-como-bomba.pdf>.
- [25] M. Joseph, "Causas y efectos de la hipertensión arterial," quirónsalud, Abril 2028. [En línea]. Available: <https://www.quironsalud.com/blogs/es/corazon/causas-efectos-hipertensión -arterial>.
- [26] "Pulsímetro y oxímetro con Arduino y MAX30102," Luis Llamas Ingeniería, informática y diseño, 2023. [En línea]. Available: <https://www.luisllamas.es/pulsimetro-y-oximetro-con-arduino-y-max30102/>.

- [27] M. Haque, "Beers-Lambert's law derivation," SlidesShare, 2017. [En línea]. Available: <https://www.slideshare.net/MorshedulHaque/beer-lamberts-law>.
- [28] G. Contreras, L. Rafael y B. Cesar, "Pulse oximeter with Internet data visualization," Sistemas & Telemática, 2018. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.18046/syt.v16i45.2746>.
- [29] pixabay, "pixabay," [En línea]. Available: <https://pixabay.com/es/vectors/cuerpo-humano-sistema-circulatorio-311864/>.
- [30] L. Martin, "Automatismos Mar del Plata," 18 Marzo 2016. [En línea]. Available: <https://www.automatismos-mdq.com.ar/blog/2016/03/medicion-del-ritmo-cardiaco.html>.

APÉNDICES

APENDICE A

Código PHP en Visual Studio Code

Figura A.1

Configuración para cerrar sesión de la pagina

```

EXPLORER
  TCONSULTA
    cerrar_sesion.php
    config.php
    cruz.png
    Datosensor.php
    Datostemporales.php
    #estilo.css
    fpac.php
    index.php
    post-esp-data.php
    recuperfopjs
    RegistroPac.php
    SesiónDoc.php
    SesiónIniciadaDoc.php
    SesiónIniciadaPac.php
    SesiónPac.php
    SesiónPrincipac.php

cerrar_sesion.php
1 <?php
2
3 require 'config.php';
4 $_SESSION = [];
5 session_unset();
6 session_destroy();
7 header("Location: index.php");
  
```

Figura A. 2

Código de la página principal

```

EXPLORER
  TCONSULTA
    cerrar_sesion.php
    config.php
    cruz.png
    Datosensor.php
    Datostemporales.php
    #estilo.css
    fpac.php
    index.php
    post-esp-data.php
    recuperfopjs
    RegistroPac.php
    SesiónDoc.php
    SesiónIniciadaDoc.php
    SesiónIniciadaPac.php
    SesiónPac.php
    SesiónPrincipac.php

index.php
1
2 <!DOCTYPE html>
3 <html>
4   <head>
5     <title>Tesis Nicole y Benjamin</title>
6     <meta charset="UTF-8"/>
7     <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
8     <link href="#estilo.css" rel="stylesheet">
9   </head>
10  <body>
11    <header>
12      <div id="nombre">
13        <p>Teleconsulta médica</p>
14      </div>
15    </header>
16    <h2>Iniciar Sesión </h2><br>
17    <a href="SesiónDoc.php" class="button">Inicio de Sesión Doctores</a><br>
18    <a href="SesiónPac.php" class="button">Inicio de Sesión Pacientes</a><br>
19    <a href="RegistroPac.php" class="button">Registro de Paciente</a><br><br><br><br>
20  </body>
21  <footer>
22    <p>Copyright &copy; 2023, Nicole Santibáñez & Benjamin Escudero</p>
23  </footer>
24 </html>
  
```


Figura A.5

Código que maneja el inicio de sesión de los doctores

```

28 }
29 }
30 <!DOCTYPE html>
31 <html>
32 <head>
33 <title>Tesis Nicole y Benja</title>
34 <meta charset="UTF-8">
35 <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
36 <link href="estilo.css" rel="stylesheet">
37 </head>
38 <body>
39 <header>
40 <div id="nombrepag">
41 <p> Teleconsulta médica </p>
42 <a href="index.php"><center></center></a>
43 </div>
44 </header>
45 <h2>Inicio de sesión Doctores</h2>
46 <form action="" name="formulario" method="POST">
47 <div>
48 <div>
49 <div>
50 <div>
51 <div>
52 <div>
53 <div>
54 <div>
55 <div>
56 <div>
57 <div>
58 <div>
59 <div>
60 <div>
61 <div>
62 <div>
63 <div>
64 <div>
65 <div>
66 <div>
67 <div>
68 <div>
69 <div>
70 <div>
71 <div>
72 <div>
73 </div>

```

Figura A.6

Código para mostrar al doctor la información del paciente seleccionado

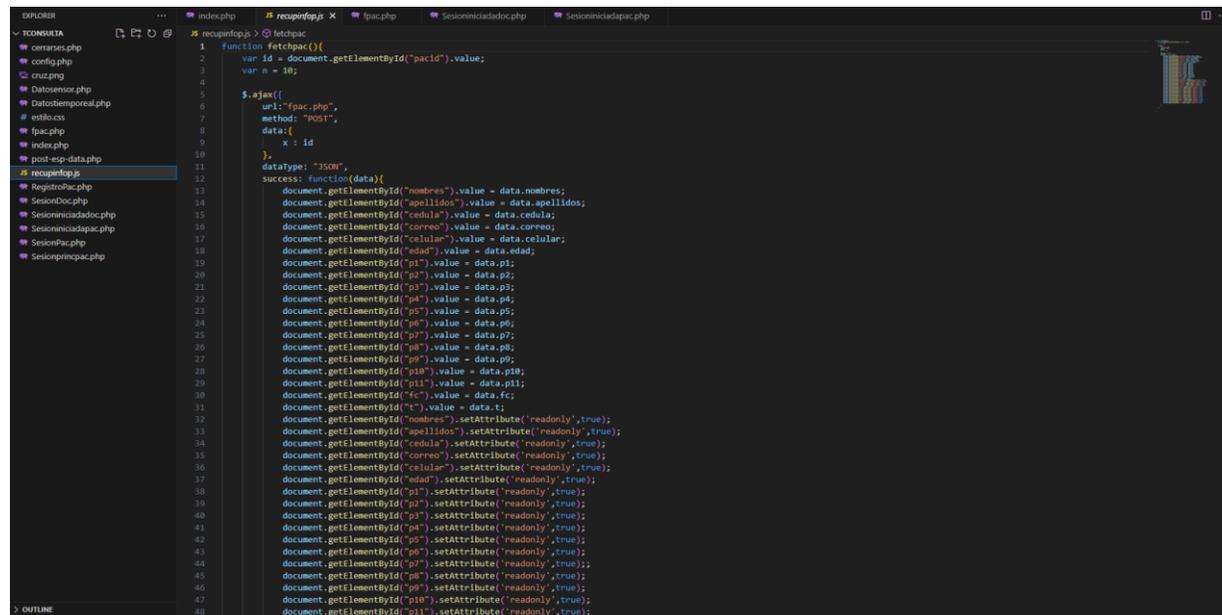
```

1 <?php
2 require 'config.php';
3 $k = $_POST['x'];
4 $sql = "SELECT * from pacd P, preguntas R, sensordata D where P.cedula={\$k} AND R.cedula={\$k} AND D.cedula={\$k}";
5 $res = mysql_query($com, $sql);
6
7
8
9 while($rows = mysql_fetch_array($res)){
10 $data['nombres'] = $rows['nombres'];
11 $data['apellidos'] = $rows['apellidos'];
12 $data['cedula'] = $rows['cedula'];
13 $data['edad'] = $rows['edad'];
14 $data['correo'] = $rows['correo'];
15 $data['celular'] = $rows['celular'];
16 $data['p1'] = $rows['p1'];
17 $data['p2'] = $rows['p2'];
18 $data['p3'] = $rows['p3'];
19 $data['p4'] = $rows['p4'];
20 $data['p5'] = $rows['p5'];
21 $data['p6'] = $rows['p6'];
22 $data['p7'] = $rows['p7'];
23 $data['p8'] = $rows['p8'];
24 $data['p9'] = $rows['p9'];
25 $data['p10'] = $rows['p10'];
26 $data['p11'] = $rows['p11'];
27 $data['fc'] = $rows['value1'];
28 $data['t'] = $rows['value2'];
29
30
31 }
32
33
34
35 echo json_encode($data);
36
37
38 >>

```

Figura A.7

Código para transformar el dato extraído en la figura A7 a formato Json



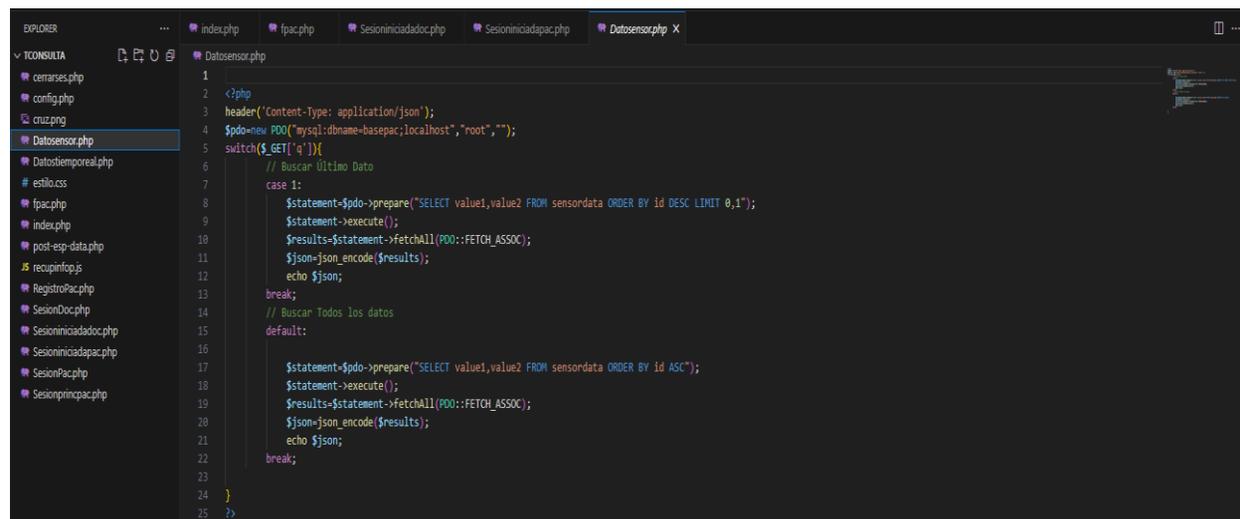
```

1 function fetchpac(){
2     var id = document.getElementById("pacid").value;
3     var n = 10;
4
5     $.ajax({
6         url:"fpac.php",
7         method: "POST",
8         data:{
9             x : id
10        },
11        dataType: "JSON",
12        success: function(data){
13            document.getElementById("nombres").value = data.nombres;
14            document.getElementById("apellidos").value = data.apellidos;
15            document.getElementById("cedula").value = data.cedula;
16            document.getElementById("correo").value = data.correo;
17            document.getElementById("celular").value = data.celular;
18            document.getElementById("edad").value = data.edad;
19            document.getElementById("p1").value = data.p1;
20            document.getElementById("p2").value = data.p2;
21            document.getElementById("p3").value = data.p3;
22            document.getElementById("p4").value = data.p4;
23            document.getElementById("p5").value = data.p5;
24            document.getElementById("p6").value = data.p6;
25            document.getElementById("p7").value = data.p7;
26            document.getElementById("p8").value = data.p8;
27            document.getElementById("p9").value = data.p9;
28            document.getElementById("p10").value = data.p10;
29            document.getElementById("p11").value = data.p11;
30            document.getElementById("fc").value = data.fc;
31            document.getElementById("t").value = data.t;
32            document.getElementById("nombres").setAttribute("readonly",true);
33            document.getElementById("apellidos").setAttribute("readonly",true);
34            document.getElementById("cedula").setAttribute("readonly",true);
35            document.getElementById("correo").setAttribute("readonly",true);
36            document.getElementById("celular").setAttribute("readonly",true);
37            document.getElementById("edad").setAttribute("readonly",true);
38            document.getElementById("p1").setAttribute("readonly",true);
39            document.getElementById("p2").setAttribute("readonly",true);
40            document.getElementById("p3").setAttribute("readonly",true);
41            document.getElementById("p4").setAttribute("readonly",true);
42            document.getElementById("p5").setAttribute("readonly",true);
43            document.getElementById("p6").setAttribute("readonly",true);
44            document.getElementById("p7").setAttribute("readonly",true);
45            document.getElementById("p8").setAttribute("readonly",true);
46            document.getElementById("p9").setAttribute("readonly",true);
47            document.getElementById("p10").setAttribute("readonly",true);
48            document.getElementById("p11").setAttribute("readonly",true);

```

Figura A.8

Código para obtener el último dato de mediciones biométricas registrado en la base de datos.



```

1
2 <?php
3 header("Content-Type: application/json");
4 $pdo=new PDO("mysql:dbname=basepac;localhost","root","");
5 switch($_GET["q"]){
6     // Buscar Último Dato
7     case 1:
8         $statement=$pdo->prepare("SELECT value1,value2 FROM sensordata ORDER BY id DESC LIMIT 0,1");
9         $statement->execute();
10        $results=$statement->fetchAll(PDO::FETCH_ASSOC);
11        $json=json_encode($results);
12        echo $json;
13        break;
14        // Buscar Todos los datos
15        default:
16
17        $statement=$pdo->prepare("SELECT value1,value2 FROM sensordata ORDER BY id ASC");
18        $statement->execute();
19        $results=$statement->fetchAll(PDO::FETCH_ASSOC);
20        $json=json_encode($results);
21        echo $json;
22        break;
23
24 }
25 ?>

```

Figura A.9

Código realizado para mostrar las mediciones recibidas con el código de la figura A 9

```

1 <?php
2 require 'config.php';
3 if(!empty($_SESSION['id'])){
4     $id = $_SESSION['id'];
5     $result = mysql_query($conn, "SELECT * FROM pacd WHERE id = '$id'");
6     $row = mysql_fetch_assoc($result);
7 }else{
8     header("Location: index.php");
9 }
10
11
12 ?>
13 <!DOCTYPE html>
14 <html>
15 <head>
16 <title>Tesis Nicole y Benjamín</title>
17 <meta charset="UTF-8">
18 <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
19 <link href="estilo.css" rel="stylesheet">
20 <script src="https://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/2.2.0/jquery.min.js"></script>
21 <script type="text/javascript" src="https://www.gstatic.com/charts/loader.js"></script>
22 <script type="text/javascript">
23     google.charts.load({current: {'packages':['gauge']}});
24     google.charts.setOnLoadCallback(drawChart);
25     function drawChart() {
26
27         var data = google.visualization.arrayToDataTable([
28             ['Label', 'Value'],
29             ['Cardiaca', 0],
30             ['Temperatura', 0]
31         ]);
32
33         var options = {
34             min: 0, max:120,
35             width: 500, height: 500,
36             minorTicks: 5
37         };
38
39         var chart = new google.visualization.Gauge(document.getElementById('Medidores'));
40
41         chart.draw(data, options);
42     }
43
44

```

Figura A.10

Código para insertar todos los datos recibidos a la base de datos

```

1 <?php
2 $servername = "localhost";
3 $username = "root";
4 $password = "";
5 $dbname = "basepac";
6
7 $api_key_value = "12345";
8
9 $api_key= $value1 - $value2 - $value3 = "";
10 print_r($_POST);
11 if ($_SERVER["REQUEST_METHOD"] == "POST") {
12
13     $value1 = test_input($_POST["value1"]);
14     $value2 = test_input($_POST["value2"]);
15     $value3 = test_input($_POST["value3"]);
16
17     // Create connection
18     $conn = new mysqli($servername, $username, $password, $dbname);
19     // Check connection
20     if ($conn->connect_error) {
21         die("Connection failed: " . $conn->connect_error);
22     }
23
24     $sql = "INSERT INTO sensordata (value1, value2, value3) VALUES ('" . $value1 . "', '" . $value2 . "', '" . $value3 . "')";
25
26     if ($conn->query($sql) === TRUE) {
27         echo "New record created successfully";
28     }
29     else {
30         echo "Error: " . $sql . "<br>" . $conn->error;
31     }
32     $conn->close();
33 }
34
35
36
37 else {
38     echo "No data posted with HTTP POST.";
39 }
40
41 function test_input($data) {
42     $data = trim($data);
43     $data = stripslashes($data);
44     $data = htmlspecialchars($data);
45     return $data;
46 }

```


APENDICE B

Código del microcontrolador con micropython

Figura B.1

Importación de librerías, declaración de variables

```

1 from machine import Pin, I2C, ADC
2 from utime import sleep_ms
3 from ssd1306 import SSD1306_I2C
4 import time
5 import framebuf
6 import network
7 import urequests
8
9
10 col_list=[2,3,4,5]
11 row_list=[6,7,8,9]
12 led = machine.Pin(0, machine.Pin.OUT)
13 button = machine.Pin(1, machine.Pin.IN)
14 ledState = False
15 buttonState = False
16 buttonValue = False
17 lastButtonState = False
18 lastDebounceTime = 0
19 debounceDelay = 50
20 med = False
21 lista_t2 = []
22 lista_d2=[]
23 picos_t2=[]
24 picos_d2=[]
25 restas = []
26 prom_resto_seg=0
27 alpha = 0.5
28 S=0
29 lastTime=0
30 showw=0
31 cedula_value = ""
32 cedula_obtenida = False
33 for x in range(0,4):
34     row_list[x]=Pin(row_list[x], Pin.OUT)
35     row_list[x].value(1)
36
37
38 for x in range(0,4):
39     col_list[x] = Pin(col_list[x], Pin.IN, Pin.PULL_UP)
40
41 key_mapa=[["0","#", "0", "*"],\
42           ["C", "9", "8", "7"],\
43           ["B", "6", "5", "4"],\
44           ["A", "3", "2", "1"]]
45
46 def Keypad4x4Read(cols,rows):
47     for r in rows:
48         r.value(0)

```

Figura B.2

Definición de funciones para el teclado matricial

```
pruebas.py *
45
46 def Keypad4x4Read(cols,rows):
47     for r in rows:
48         r.value(0)
49         result=[cols[0].value(),cols[1].value(),cols[2].value(),cols[3].value()]
50         if min(result)!=0:
51             key=key_map[int(rows.index(r))][int(result.index(0))]
52             r.value(1) # manages key kept pressed
53             return(key)
54         r.value(1)
55
56 def get_cedula():
57     global cedula_value, cedula_obtenida # Accedemos a las variables globales
58     cedula_digits = []
59     while not cedula_obtenida and len(cedula_digits) < 10: # Mientras no se haya obtenido una cedula
60         key = Keypad4x4Read(col_list, row_list)
61         if key is not None and key.isdigit():
62             cedula_digits.append(key)
63             print("Cedula parcial:", "".join(cedula_digits))
64             time.sleep(0.3)
65             if len(cedula_digits) == 10:
66                 cedula_value = "".join(cedula_digits)
67                 cedula_obtenida = True
68                 return cedula_value
69 # Get the network interface
70 interface = network.WLAN(network.STA_IF)
71
72 # Connect to the network
73 interface.active(True)
74 interface.connect("Benja", "Beec2000")
75
76 # Wait until connected
77 while not interface.isconnected():
78     pass
79
80 # Print the IP address
81 print(interface.ifconfig()[0])
82
83 # Get the current time
84 v1=0
85 v2=30
86 v3=0
87 # Create a JSON payload
88
89
90 def EnviarDatos():
91     data= "&value1=" + str(v1) + "&value2=" + str(v2) + "&value3=" + str(v3)
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000
1001
1002
1003
1004
1005
1006
1007
1008
1009
1010
1011
1012
1013
1014
1015
1016
1017
1018
1019
1020
1021
1022
1023
1024
1025
1026
1027
1028
1029
1030
1031
1032
1033
1034
1035
1036
1037
1038
1039
1040
1041
1042
1043
1044
1045
1046
1047
1048
1049
1050
1051
1052
1053
1054
1055
1056
1057
1058
1059
1060
1061
1062
1063
1064
1065
1066
1067
1068
1069
1070
1071
1072
1073
1074
1075
1076
1077
1078
1079
1080
1081
1082
1083
1084
1085
1086
1087
1088
1089
1090
1091
1092
1093
1094
1095
1096
1097
1098
1099
1100
1101
1102
1103
1104
1105
1106
1107
1108
1109
1110
1111
1112
1113
1114
1115
1116
1117
1118
1119
1120
1121
1122
1123
1124
1125
1126
1127
1128
1129
1130
1131
1132
1133
1134
1135
1136
1137
1138
1139
1140
1141
1142
1143
1144
1145
1146
1147
1148
1149
1150
1151
1152
1153
1154
1155
1156
1157
1158
1159
1160
1161
1162
1163
1164
1165
1166
1167
1168
1169
1170
1171
1172
1173
1174
1175
1176
1177
1178
1179
1180
1181
1182
1183
1184
1185
1186
1187
1188
1189
1190
1191
1192
1193
1194
1195
1196
1197
1198
1199
1200
1201
1202
1203
1204
1205
1206
1207
1208
1209
1210
1211
1212
1213
1214
1215
1216
1217
1218
1219
1220
1221
1222
1223
1224
1225
1226
1227
1228
1229
1230
1231
1232
1233
1234
1235
1236
1237
1238
1239
1240
1241
1242
1243
1244
1245
1246
1247
1248
1249
1250
1251
1252
1253
1254
1255
1256
1257
1258
1259
1260
1261
1262
1263
1264
1265
1266
1267
1268
1269
1270
1271
1272
1273
1274
1275
1276
1277
1278
1279
1280
1281
1282
1283
1284
1285
1286
1287
1288
1289
1290
1291
1292
1293
1294
1295
1296
1297
1298
1299
1300
1301
1302
1303
1304
1305
1306
1307
1308
1309
1310
1311
1312
1313
1314
1315
1316
1317
1318
1319
1320
1321
1322
1323
1324
1325
1326
1327
1328
1329
1330
1331
1332
1333
1334
1335
1336
1337
1338
1339
1340
1341
1342
1343
1344
1345
1346
1347
1348
1349
1350
1351
1352
1353
1354
1355
1356
1357
1358
1359
1360
1361
1362
1363
1364
1365
1366
1367
1368
1369
1370
1371
1372
1373
1374
1375
1376
1377
1378
1379
1380
1381
1382
1383
1384
1385
1386
1387
1388
1389
1390
1391
1392
1393
1394
1395
1396
1397
1398
1399
1400
1401
1402
1403
1404
1405
1406
1407
1408
1409
1410
1411
1412
1413
1414
1415
1416
1417
1418
1419
1420
1421
1422
1423
1424
1425
1426
1427
1428
1429
1430
1431
1432
1433
1434
1435
1436
1437
1438
1439
1440
1441
1442
1443
1444
1445
1446
1447
1448
1449
1450
1451
1452
1453
1454
1455
1456
1457
1458
1459
1460
1461
1462
1463
1464
1465
1466
1467
1468
1469
1470
1471
1472
1473
1474
1475
1476
1477
1478
1479
1480
1481
1482
1483
1484
1485
1486
1487
1488
1489
1490
1491
1492
1493
1494
1495
1496
1497
1498
1499
1500
1501
1502
1503
1504
1505
1506
1507
1508
1509
1510
1511
1512
1513
1514
1515
1516
1517
1518
1519
1520
1521
1522
1523
1524
1525
1526
1527
1528
1529
1530
1531
1532
1533
1534
1535
1536
1537
1538
1539
1540
1541
1542
1543
1544
1545
1546
1547
1548
1549
1550
1551
1552
1553
1554
1555
1556
1557
1558
1559
1560
1561
1562
1563
1564
1565
1566
1567
1568
1569
1570
1571
1572
1573
1574
1575
1576
1577
1578
1579
1580
1581
1582
1583
1584
1585
1586
1587
1588
1589
1590
1591
1592
1593
1594
1595
1596
1597
1598
1599
1600
1601
1602
1603
1604
1605
1606
1607
1608
1609
1610
1611
1612
1613
1614
1615
1616
1617
1618
1619
1620
1621
1622
1623
1624
1625
1626
1627
1628
1629
1630
1631
1632
1633
1634
1635
1636
1637
1638
1639
1640
1641
1642
1643
1644
1645
1646
1647
1648
1649
1650
1651
1652
1653
1654
1655
1656
1657
1658
1659
1660
1661
1662
1663
1664
1665
1666
1667
1668
1669
1670
1671
1672
1673
1674
1675
1676
1677
1678
1679
1680
1681
1682
1683
1684
1685
1686
1687
1688
1689
1690
1691
1692
1693
1694
1695
1696
1697
1698
1699
1700
1701
1702
1703
1704
1705
1706
1707
1708
1709
1710
1711
1712
1713
1714
1715
1716
1717
1718
1719
1720
1721
1722
1723
1724
1725
1726
1727
1728
1729
1730
1731
1732
1733
1734
1735
1736
1737
1738
1739
1740
1741
1742
1743
1744
1745
1746
1747
1748
1749
1750
1751
1752
1753
1754
1755
1756
1757
1758
1759
1760
1761
1762
1763
1764
1765
1766
1767
1768
1769
1770
1771
1772
1773
1774
1775
1776
1777
1778
1779
1780
1781
1782
1783
1784
1785
1786
1787
1788
1789
1790
1791
1792
1793
1794
1795
1796
1797
1798
1799
1800
1801
1802
1803
1804
1805
1806
1807
1808
1809
1810
1811
1812
1813
1814
1815
1816
1817
1818
1819
1820
1821
1822
1823
1824
1825
1826
1827
1828
1829
1830
1831
1832
1833
1834
1835
1836
1837
1838
1839
1840
1841
1842
1843
1844
1845
1846
1847
1848
1849
1850
1851
1852
1853
1854
1855
1856
1857
1858
1859
1860
1861
1862
1863
1864
1865
1866
1867
1868
1869
1870
1871
1872
1873
1874
1875
1876
1877
1878
1879
1880
1881
1882
1883
1884
1885
1886
1887
1888
1889
1890
1891
1892
1893
1894
1895
1896
1897
1898
1899
1900
1901
1902
1903
1904
1905
1906
1907
1908
1909
1910
1911
1912
1913
1914
1915
1916
1917
1918
1919
1920
1921
1922
1923
1924
1925
1926
1927
1928
1929
1930
1931
1932
1933
1934
1935
1936
1937
1938
1939
1940
1941
1942
1943
1944
1945
1946
1947
1948
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025
2026
2027
2028
2029
2030
2031
2032
2033
2034
2035
2036
2037
2038
2039
2040
2041
2042
2043
2044
2045
2046
2047
2048
2049
2050
2051
2052
2053
2054
2055
2056
2057
2058
2059
2060
2061
2062
2063
2064
2065
2066
2067
2068
2069
2070
2071
2072
2073
2074
2075
2076
2077
2078
2079
2080
2081
2082
2083
2084
2085
2086
2087
2088
2089
2090
2091
2092
2093
2094
2095
2096
2097
2098
2099
2100
2101
2102
2103
2104
2105
2106
2107
2108
2109
2110
2111
2112
2113
2114
2115
2116
2117
2118
2119
2120
2121
2122
2123
2124
2125
2126
2127
2128
2129
2130
2131
2132
2133
2134
2135
2136
2137
2138
2139
2140
2141
2142
2143
2144
2145
2146
2147
2148
2149
2150
2151
2152
2153
2154
2155
2156
2157
2158
2159
2160
2161
2162
2163
2164
2165
2166
2167
2168
2169
2170
2171
2172
2173
2174
2175
2176
2177
2178
2179
2180
2181
2182
2183
2184
2185
2186
2187
2188
2189
2190
2191
2192
2193
2194
2195
2196
2197
2198
2199
2200
2201
2202
2203
2204
2205
2206
2207
2208
2209
2210
2211
2212
2213
2214
2215
2216
2217
2218
2219
2220
2221
2222
2223
2224
2225
2226
2227
2228
2229
2230
2231
2232
2233
2234
2235
2236
2237
2238
2239
2240
2241
2242
2243
2244
2245
2246
2247
2248
2249
2250
2251
2252
2253
2254
2255
2256
2257
2258
2259
2260
2261
2262
2263
2264
2265
2266
2267
2268
2269
2270
2271
2272
2273
2274
2275
2276
2277
2278
2279
2280
2281
2282
2283
2284
2285
2286
2287
2288
2289
2290
2291
2292
2293
2294
2295
2296
2297
2298
2299
2300
2301
2302
2303
2304
2305
2306
2307
2308
2309
2310
2311
2312
2313
2314
2315
2316
2317
2318
2319
2320
2321
2322
2323
2324
2325
2326
2327
2328
2329
2330
2331
2332
2333
2334
2335
2336
2337
2338
2339
2340
2341
2342
2343
2344
2345
2346
2347
2348
2349
2350
2351
2352
2353
2354
2355
2356
2357
2358
2359
2360
2361
2362
2363
2364
2365
2366
2367
2368
2369
2370
2371
2372
2373
2374
2375
2376
2377
2378
2379
2380
2381
2382
2383
2384
2385
2386
2387
2388
2389
2390
2391
2392
2393
2394
2395
2396
2397
2398
2399
2400
2401
2402
2403
2404
2405
2406
2407
2408
2409
2410
2411
2412
2413
2414
2415
2416
2417
2418
2419
2420
2421
2422
2423
2424
2425
2426
2427
2428
2429
2430
2431
2432
2433
2434
2435
2436
2437
2438
2439
2440
2441
2442
2443
2444
2445
2446
2447
2448
2449
2450
2451
2452
2453
2454
2455
2456
2457
2458
2459
2460
2461
2462
2463
2464
2465
2466
2467
2468
2469
2470
2471
2472
2473
2474
2475
2476
2477
2478
2479
2480
2481
2482
2483
2484
2485
2486
2487
2488
2489
2490
2491
2492
2493
2494
2495
2496
2497
2498
2499
2500
2501
2502
2503
2504
2505
2506
2507
2508
2509
2510
2511
2512
2513
2514
2515
2516
2517
2518
2519
2520
2521
2522
2523
2524
2525
2526
2527
2528
2529
2530
2531
2532
2533
2534
2535
2536
2537
2538
2539
2540
2541
2542
2543
2544
2545
2546
2547
2548
2549
2550
2551
2552
2553
2554
2555
2556
2557
2558
2559
2560
2561
2562
2563
2564
2565
2566
2567
2568
2569
2570
2571
2572
2573
2574
2575
2576
2577
2578
2579
2580
2581
2582
2583
2584
2585
2586
2587
2588
2589
2590
2591
2592
2593
2594
2595
2596
2597
2598
2599
2600
2601
2602
2603
2604
2605
2606
2607
2608
2609
2610
2611
2612
2613
2614
2615
2616
2617
26
```

Figura B.4

Código que se ejecuta la primera vez que se corre por primera vez el programa

```

Step over [F8]
pruebas.py
144     else:
145         t += 1
146
147     return t,x,y
148     |
149
150 if __name__ == '__main__':
151     led.off()
152     button.irq(trigger=machine.Pin.IRQ_FALLING, handler=button_pressed)
153     WIDTH = 128
154     HEIGHT = 64
155     FACTOR = 3.3 / (65535)
156
157     PLACA = True #True: Raspberry Pi Pico, False: ESP8266
158
159     if PLACA:
160         i2c = I2C(1, scl = Pin(19), sda = Pin(18), freq = 200000)
161         pot = ADC(28)
162     else:
163         i2c = I2C(scl = Pin(5), sda = Pin(4))
164         pot = ADC(0)
165
166     oled = SSD1306_I2C(WIDTH, HEIGHT, i2c)
167
168     #Global Variables
169     t = 0
170     y = [55, 55]
171     x = [25, 25]
172
173     oled.fill(0)
174     oled.text("Ingrese", 35, 0)
175     oled.text("su", 50, 20)
176     oled.text("cedula", 35, 40)
177     oled.show()
178     sleep_ms(600)
179     oled.fill(0)
180
181
182
183
184     while True:
185
186
187         buttonValue = button.value()
188         if (button.value()):
189             buttonValue= True
190             #buttonState= not buttonState

```

Figura B.5

Loop infinito que se ejecuta en el microcontrolador donde se detecta si se ha aplastado el botón para empezar con la medición de datos, se procede a leer los datos del sensor que se muestran en tiempo real a través del OLED

```

pruebas.py
184     while True:
185         buttonValue = button.value()
186         if (button.value()):
187             buttonValue= True
188             #buttonState= not buttonState
189
190         else:
191             buttonValue= False
192
193         if buttonValue != lastButtonState:
194             lastDebounceTime = time.ticks_ms()
195             #if (time.ticks_ms() - lastDebounceTime) > debounceDelay:
196                 #if buttonValue != buttonState:
197                     buttonState = buttonValue
198
199
200             if buttonState == True:
201                 ledState = True
202                 med = True
203                 lista_t2=[]
204                 lista_d2=[]
205
206
207         led.value(ledState)
208         lastButtonState = buttonValue
209
210         while med:
211             value=get_cedula()
212             if len(str(value))==10:
213                 print("Cédula completa:", value)
214                 v3=value
215                 oled.text("cedula:", 35, 0)
216                 oled.text(str(v3), 50, 20)
217                 oled.show()
218                 sleep_ms(800)
219                 oled.fill(0)
220
221                 volts = pot.read_u16() * FACTOR
222                 tiempo=time.ticks_ms()
223                 t,x,y = plot_time(volts,t,x,y)
224                 oled.fill_rect(0,0,120,15,0)
225                 oled.text("Volts: ", 0, 0)
226                 oled.text(str(round(volts,1)), 52, 0)
227                 oled.show()
228                 sleep_ms(100)
229                 S = (alpha * volts) + ((1 - alpha) * S)
230
231                 if(len(lista_t2)<70):
232                     lista_t2.append(S)

```

Figura B.6*Código para calcular la frecuencia cardíaca*

```

229
230     if(len(lista_t2)<70):
231         lista_t2.append(S)
232
233         lista_d2.append(tiempo)
234         ledState = False
235         showw=0;
236     else:
237
238         med=0;
239         showw=1;
240
241
242
243     led.value(ledState)
244
245     if(showw):
246         showw=0
247         if(len(lista_t2)>0):
248             for i in range(1, len(lista_t2)-1):
249                 if lista_t2[i] > lista_t2[i - 1] and lista_t2[i] > lista_t2[i + 1]:
250                     picos_d2.append(lista_d2[i])
251                     picos_t2.append(lista_t2[i])
252
253
254
255         for i in range(1,len(picos_d2)-1):
256             if i > 0:
257                 restas.append(picos_d2[i]- picos_d2[i - 1])
258         prom_resto = sum(restas) / len(restas)
259         prom_resto_seg = prom_resto / 1000
260         prom_resto_min=60 / prom_resto_seg
261         v1=prom_resto_min
262
263         print("Frecuencia:", 60 / prom_resto_seg)
264         oled.fill(0)
265         oled.text("Frecuencia", 30, 0)
266         oled.text("cardiaca", 35, 20)
267         oled.text(str(60 / prom_resto_seg), 25, 40)
268         oled.show()
269         sleep_ms(800)
270         oled.fill(0)
271         EnviarDatos()
272         time.sleep(1)
273         prom_resto_min=0
274         picos_t2=[]
275         picos_d2=[]
276         restas = []

```

APENDICE C

Código del microcontrolador con micropython

Figura C.1

Evidencia de consulta médica y pruebas de funcionamiento del dispositivo electrónico



Figura C.2

Pruebas con pulsómetro digital



Figura C.3

Pruebas con pulsómetro digital



Figura C.4

Pruebas con pulsómetro digital y prototipo

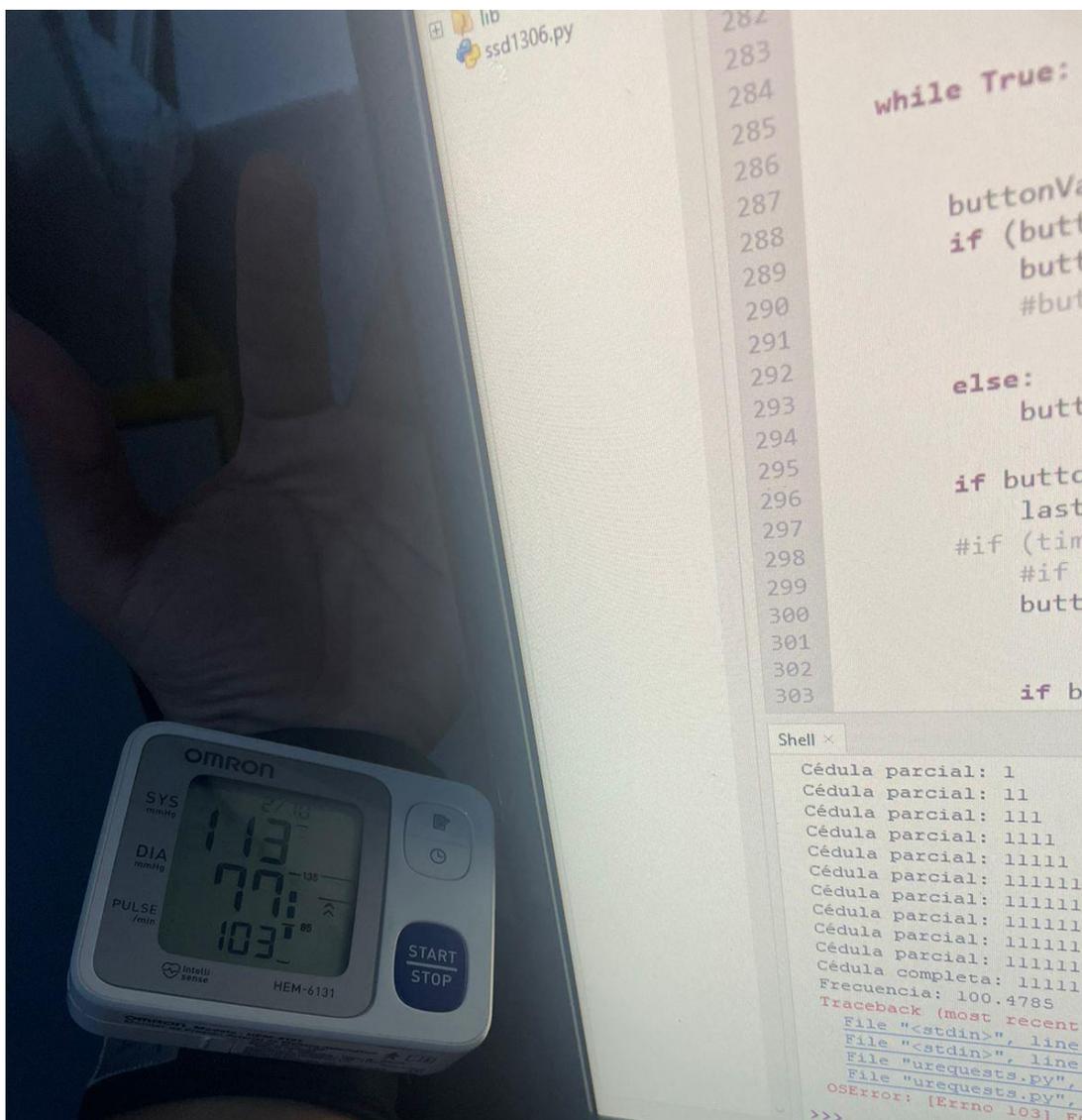
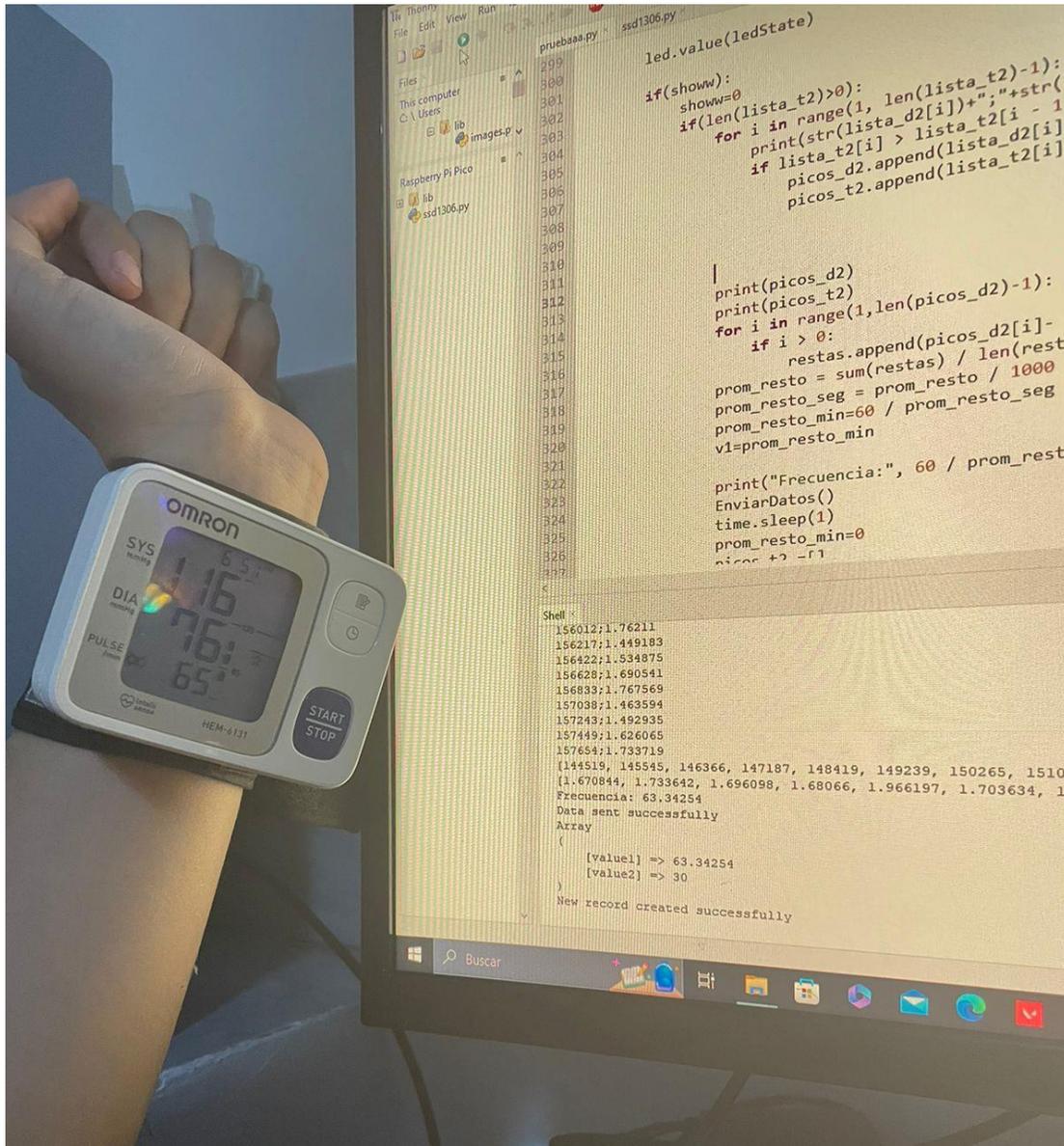


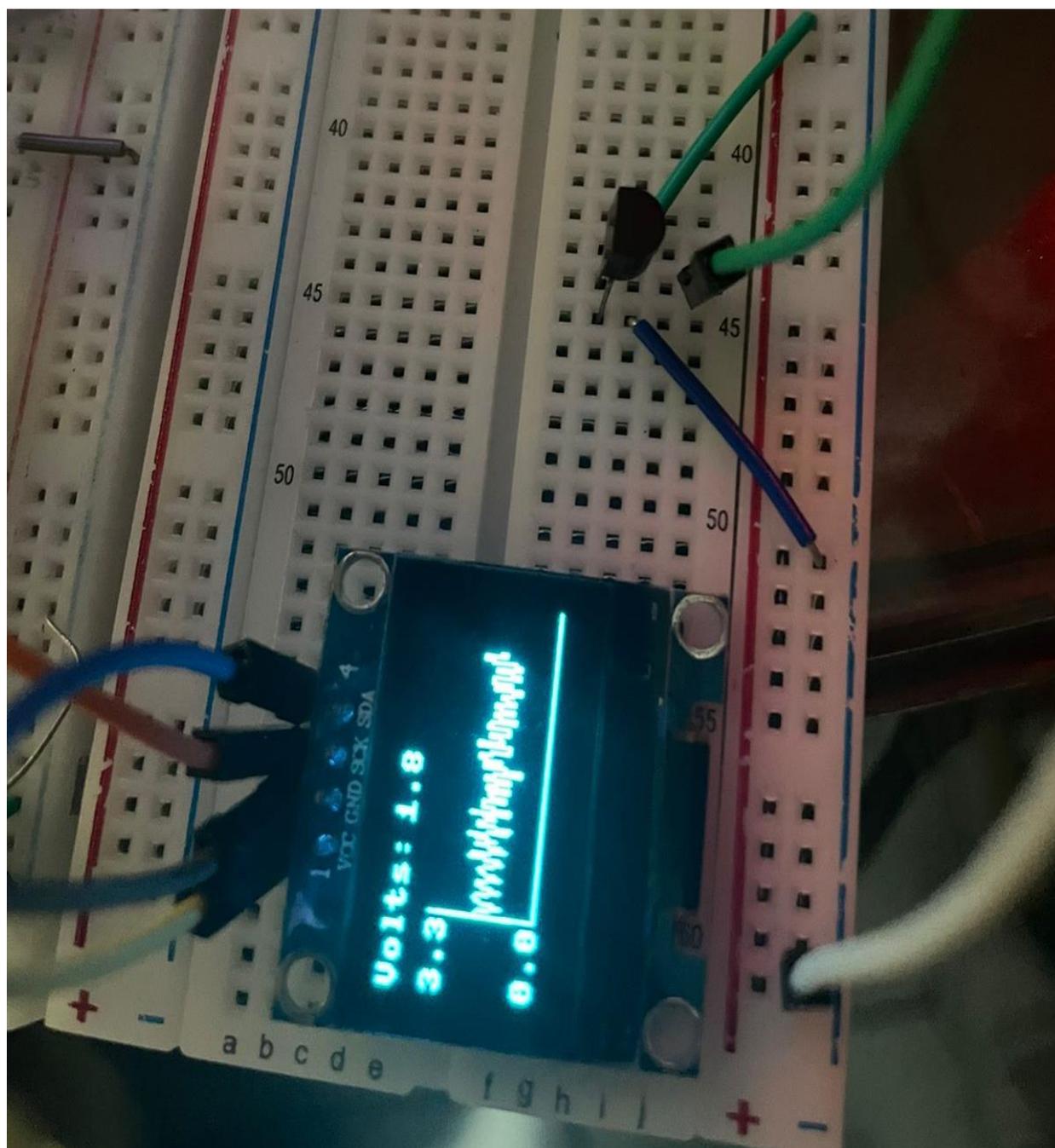
Figura C.5

Pruebas con pulsómetro digital y prototipo



FiguraC.6

Gráfica la onda obtenida en el OLED



APENDICE D

Datasheets

FiguraD.1

Datasheet del sensor LM35

LM35

Precision Centigrade Temperature Sensors

General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of $\pm 1/4^\circ\text{C}$ at room temperature and $\pm 3/4^\circ\text{C}$ over a full -55 to $+150^\circ\text{C}$ temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only $60\ \mu\text{A}$ from its supply, it has very low self-heating, less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a -55° to $+150^\circ\text{C}$ temperature range, while the LM35C is rated for a -40° to $+110^\circ\text{C}$ range (-10° with improved accuracy). The LM35 series is available pack-

aged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-220 package.

Features

- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear $+10.0\ \text{mV}/^\circ\text{C}$ scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at $+25^\circ\text{C}$)
- Rated for full -55° to $+150^\circ\text{C}$ range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than $60\ \mu\text{A}$ current drain
- Low self-heating, 0.08°C in still air
- Nonlinearity only $\pm 1/4^\circ\text{C}$ typical
- Low impedance output, $0.1\ \Omega$ for 1 mA load

Typical Applications

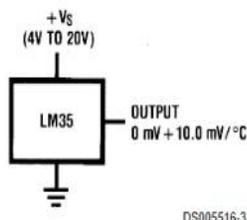
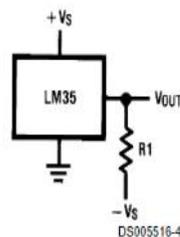


FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor
($+2^\circ\text{C}$ to $+150^\circ\text{C}$)



Choose $R_1 = -V_S/50\ \mu\text{A}$
 $V_{\text{OUT}} = +1,500\ \text{mV}$ at $+150^\circ\text{C}$
 $= +250\ \text{mV}$ at $+25^\circ\text{C}$
 $= -550\ \text{mV}$ at -55°C

FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor

Figure D.2

Datasheet LM324n

Philips Semiconductors

Product specification

Low power quad op amps**LM124/224/324/324A/
SA534/LM2902****DESCRIPTION**

The LM124/SA534/LM2902 series consists of four independent, high-gain, internally frequency-compensated operational amplifiers designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages.

UNIQUE FEATURES

In the linear mode, the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage.

The unity gain crossover frequency and the input bias current are temperature-compensated.

FEATURES

- Internally frequency-compensated for unity gain
- Large DC voltage gain: 100dB
- Wide bandwidth (unity gain): 1MHz (temperature-compensated)
- Wide power supply range Single supply: $3V_{DC}$ to $30V_{DC}$ or dual supplies: $\pm 1.5V_{DC}$ to $\pm 15V_{DC}$
- Very low supply current drain: essentially independent of supply voltage (1mW/op amp at $+5V_{DC}$)
- Low input biasing current: $45nA_{DC}$ (temperature-compensated)
- Low input offset voltage: $2mV_{DC}$ and offset current: $5nA_{DC}$
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage: $0V_{DC}$ to $V_{DC}-1.5V_{DC}$ swing

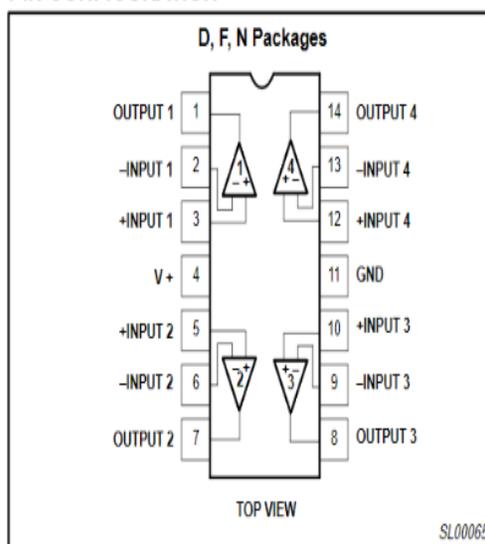
PIN CONFIGURATION

Figure 1. Pin Configuration

Figura D.3

Datasheet del sensor TCR5000



TCRT5000(L)

Vishay Telefunken

Reflective Optical Sensor with Transistor Output

Description

The TCRT5000(L) has a compact construction where the emitting-light source and the detector are arranged in the same direction to sense the presence of an object by using the reflective IR beam from the object. The operating wavelength is 950 nm. The detector consists of a phototransistor.



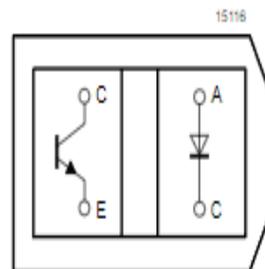
94 9442

Applications

- Position sensor for shaft encoder
- Detection of reflective material such as paper, IBM cards, magnetic tapes etc.
- Limit switch for mechanical motions in VCR
- General purpose – wherever the space is limited

Features

- Snap-in construction for PCB mounting
- Package height: 7 mm
- Plastic polycarbonate housing construction which prevents crosstalk
- L = long leads
- Current Transfer Ratio (CTR) of typical 10%



Top view