



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

ESCUELA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERA EN MECATRÓNICA

TEMA:

“SISTEMA MECATRÓNICO PARA LA MEDICIÓN DE  
SIGNOS VITALES ENFOCADO AL CONTROL DE  
ENFERMEDADES EN PERSONAS DE LA TERCERA  
EDAD”

AUTOR:

PAMELA ALEXANDRA MONTESDEOCA MORETA

DIRECTORA:

ING. LUZ MARÍA TOBAR SUBÍA CONTENTO MSc.

IBARRA-ECUADOR

DICIEMBRE 2020



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**  
**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA**  
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
CÉDULA DE IDENTIDAD	100374150 – 9		
APELLIDOS Y NOMBRES	Monstesdeoca Moreta Pamela Alexandra		
DIRECCIÓN	Ibarra, San Antonio		
EMAIL	pamontesdeoca@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO	06 – 2933 – 311	TELÉFONO MÓVIL	0960462674
<b>DATOS DE LA OBRA</b>			
TÍTULO	“Sistema Mecatrónico para la Medición de Signos Vitales enfocado al Control de Enfermedades en Personas de la Tercera Edad”		
AUTOR(ES)	Montesdeoca Moreta Pamela Alexandra		
FECHA	Diciembre 2020		
PROGRAMA	PREGRADO		
TÍTULO POR EL QUE OPTA	INGENIERO EN MECATRÓNICA		
DIRECTOR	Ing. Luz María Tobar Subia Contenido MSc.		

## CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original, y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 4 días del mes de Diciembre de 2020



Pamela Alexandra Montesdeoca Moreta  
C.I.: 100374150 – 9



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS  
CERTIFICACIÓN

Magister Luz María Tobar Subía Contenido con cédula de identidad Nro. 1002444204, directora del presente trabajo de titulación certifica:

Que, el presente trabajo de titulación denominado: "SISTEMA MECATRÓNICO PARA LA MEDICIÓN DE SIGNOS VITALES ENFOCADO AL CONTROL DE ENFERMEDADES EN PERSONAS DE LA TERCERA EDAD". Ha sido desarrollado por la Srta. Pamela Alexandra Montesdeoca Moreta bajo mi supervisión.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad.



Ing. Luz María Tobar Subía MSc  
C.I.: 1002444204  
DIRECTORA

Ibarra, Diciembre de 2020

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por siempre bendecir a mi familia y darme la oportunidad de cumplir con mis objetivos.

A mis padres Alexandra y Edmundo quienes son mi motivación, mi fortaleza y durante todo este camino han sido una guía para mí, brindándome su amor, apoyo incondicional y confianza.

A mis hermanas Samanta y Leslie por su amor y siempre estar junto a mí en los buenos y malos momentos.

A mis familiares quienes son importantes en mi vida y me brindan su cariño, confianza y apoyo.

A Andrés por sus consejos, apoyo incondicional, paciencia, ayuda, guía, cariño y siempre confiar en mí.

A mi tutora Ing. Luz María Tobar por su ayuda, tiempo, confianza, asesoramiento y guía durante el desarrollo del proyecto.

## **Dedicatoria**

Este trabajo está dedicado a mis padres Alexandra y Edmundo quienes se han esforzado por sus hijas siempre y ser los mejores padres, por enseñarme que puedo cumplir mis objetivos con esfuerzo, dedicación y trabajo. Todos mis logros son gracias a su apoyo, ejemplo y sobre todo su amor.

A mis hermanas Samanta y Leslie, personas muy valiosas en mi vida. Quienes son mi motivación y han sido mi apoyo durante todo este camino.

*Pamela M.*

## Resumen

Se han desarrollado dispositivos que miden signos vitales como la temperatura corporal, presión arterial, saturación de oxígeno o ritmo cardíaco, varios de ellos utilizan métodos invasivos y muy pocos están enfocados en adultos mayores.

Como propuesta de este trabajo se ha enfocado en desarrollar un sistema que mide cuatro parámetros en un solo dispositivo orientado a controlar las enfermedades que presentan las personas de la tercera edad; se utilizó sensores no invasivos para evitar herir o causar daños e incomodidad en las personas. Este proyecto se diseña con el objetivo de facilitar su uso y manejo, al mismo tiempo, proporcionar la información necesaria y requerida por la persona.

Los datos adquiridos mediante los sensores seleccionados se procesan en una tarjeta Raspberry Pi 3B+, en una pantalla oled ubicada en el dispositivo y en una interfaz gráfica se visualiza un menú para la selección de signos vitales como son la temperatura, ritmo cardíaco, saturación de oxígeno y presión arterial que se requiera medir e indica si los valores se encuentran dentro de los rangos normales que se especifican para cada parámetro. El sistema, también incluye indicadores visuales como leds.

Los datos obtenidos de las pruebas realizadas a personas con una edad de 60 años en adelante determinan que existe un porcentaje de error considerable con respecto a otros dispositivos comerciales como el pulsioxímetro de dedo, termómetro y tensiómetro; el porcentaje promedio del error para la temperatura es de 0.71, saturación de oxígeno 1.06, ritmo cardíaco 0.88 y presión arterial 1.97.

# Índice general

<b>Índice general</b>	<b>VIII</b>
<b>Índice de figuras</b>	<b>XI</b>
<b>Índice de tablas</b>	<b>XIII</b>
<b>1. Sustento Teórico</b>	<b>4</b>
1.1. Enfermedades . . . . .	4
1.1.1. Hipertensión Arterial . . . . .	4
1.1.2. Cerebrovasculares . . . . .	5
1.1.3. Isquémicas del corazón . . . . .	5
1.1.4. Diabetes . . . . .	5
1.1.5. COVID-19 . . . . .	5
1.2. Signos Vitales . . . . .	6
1.2.1. Presión Arterial . . . . .	6
1.2.1.1. Factores que afectan los valores de la Presión Arterial . . . . .	6
1.2.1.2. Valores Normales . . . . .	7
1.2.1.3. Formas de medición de la Presión Arterial . . . . .	8
1.2.2. Ritmo Cardíaco . . . . .	9
1.2.2.1. Alteraciones de la Frecuencia Cardíaca . . . . .	9
1.2.2.2. Factores que modifican la Frecuencia Cardíaca . . . . .	9
1.2.2.3. Valores normales . . . . .	10

1.2.3.	Temperatura Corporal . . . . .	10
1.2.3.1.	Factores que modifican los valores de la Temperatura Corporal	11
1.2.3.2.	Valores Normales . . . . .	11
1.2.4.	Saturación de Oxígeno en la Sangre . . . . .	12
1.2.4.1.	Valores normales . . . . .	12
1.3.	Puntos anatómicos para la detección de signos vitales . . . . .	13
1.3.1.	Presión Arterial . . . . .	13
1.3.2.	Frecuencia Cardíaca . . . . .	13
1.3.3.	Temperatura Corporal . . . . .	14
1.3.4.	Saturación de Oxígeno en la Sangre . . . . .	15
1.4.	Modelos Comerciales . . . . .	15
<b>2.</b>	<b>Metodología</b>	<b>17</b>
2.1.	Descripción general del sistema . . . . .	17
2.2.	Alternativas, evaluación y selección de sensores no invasivos . . . . .	19
2.2.1.	Alternativas de sensores Presión Arterial . . . . .	19
2.2.2.	Alternativas de sensores Temperatura Corporal . . . . .	19
2.2.3.	Alternativas de sensores Saturación de Oxígeno – Ritmo Cardíaco . . .	20
2.2.4.	Parámetros de evaluación . . . . .	21
2.2.5.	Selección de sensores . . . . .	22
2.3.	Unidad Central . . . . .	25
2.4.	Pantalla de Visualización . . . . .	26
2.5.	Convertor Análogo-Digital MCP3008 . . . . .	27
2.6.	Alimentación del Sistema . . . . .	27
2.7.	Diseño del Sistema . . . . .	28
2.7.1.	Adquisición de señales . . . . .	29
2.7.1.1.	Presión Arterial . . . . .	29
2.7.1.2.	Temperatura Corporal . . . . .	30
2.7.1.3.	Saturación de oxígeno en la sangre y Frecuencia Cardíaca . .	30

2.7.2.	Algoritmos de Programación . . . . .	31
2.7.2.1.	Opción 1- Presión Arterial . . . . .	32
2.7.2.2.	Opción 2- Temperatura Corporal . . . . .	33
2.7.2.3.	Opción 3- Saturación de Oxígeno . . . . .	34
2.7.2.4.	Opción 4- Ritmo Cardíaco . . . . .	35
2.7.3.	Circuito de conexión del sistema . . . . .	36
2.7.4.	Modelo 3D de la Estructura . . . . .	37
2.7.5.	Interfaz Gráfica . . . . .	38
<b>3.</b>	<b>Construcción y Resultados</b>	<b>40</b>
3.1.	Placa de conexión . . . . .	40
3.2.	Integración del Sistema . . . . .	42
3.3.	Pruebas de Funcionameinto y Análisis de Resultados . . . . .	43
3.4.	Análisis Financiero . . . . .	47
<b>4.</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones</b>	<b>48</b>
4.1.	Conclusiones . . . . .	48
4.2.	Recomendaciones . . . . .	49
4.3.	Trabajo futuro . . . . .	49
	<b>Bibliografía</b>	<b>50</b>

# Índice de figuras

1.1. Tensiómetro para método auscultatorio [20] . . . . .	8
1.2. Tensiómetro digital [21] . . . . .	9
1.3. Puntos para obtener presión arterial [Autor] . . . . .	13
1.4. Puntos para obtener frecuencia cardíaca manualmente [28] . . . . .	14
1.5. Puntos para obtener frecuencia cardíaca de forma digital [Autor] . . . . .	14
1.6. Puntos para obtener temperatura corporal [Autor] . . . . .	15
1.7. Puntos para obtener saturación de oxígeno en la sangre [Autor] . . . . .	15
2.1. Tensiómetro digital [Autor] . . . . .	18
2.2. Raspberry Pi modelo 3B+[31] . . . . .	25
2.3. OLED de 128x64 pixeles [33] . . . . .	26
2.4. OLED de 128x64 pixeles [35] . . . . .	27
2.5. Diagrama de Bloques del Hardware[Autor] . . . . .	28
2.6. Voltaje de salida vs Presión diferencial MPX5050[37] . . . . .	29
2.7. Funcionamiento del Sensor MAX30100[39] . . . . .	31
2.8. Diagrama de Flujo del Sistema [Autor] . . . . .	32
2.9. Opción 1- Presión Arterial [Autor] . . . . .	33
2.10. Opción 2- Temperatura Corporal [Autor] . . . . .	34
2.11. Opción 3- Saturación de Oxígeno [Autor] . . . . .	35
2.12. Opción 4- Ritmo Cardíaco [Autor] . . . . .	36

2.13. A) Conexión sensor MAX30100, B)Conexión a Raspberry Pi, C)Conexión Leds indicadores, D)Conexión sensor MLX90614, E)Conexión MCP3008, F)Conexión Pantalla Oled, G)Conexión sensor MPX5050, H)Conexión Botones [Autor] . . .	37
2.14. A)Vista superior, B)Vista inferior [Autor] . . . . .	38
2.15. A)Opción Presión, B)Opción Temperatura, C)Opción Saturación de oxígeno, D)Opción Ritmo Cardíaco [Autor] . . . . .	39
3.1. Placa PCB [Autor] . . . . .	41
3.2. Circuito Presión [Autor] . . . . .	41
3.3. A) Sistema integrado,B) Funcionamiento del sistema, C)Placa de conexión del circuito, D)Placa de conexión del circuito de Presión . . . . .	42
3.4. Resultados de pruebas de Temperatura . . . . .	44
3.5. Resultados de pruebas de Saturación de Oxígeno . . . . .	45
3.6. Resultados de pruebas de Ritmo Cardíaco . . . . .	46
3.7. Resultados de pruebas de la Presión Arterial . . . . .	47

# Índice de tablas

1.1. Valores normales de tensión arterial en adultos mayores [17] . . . . .	8
1.2. Valores normales de frecuencia cardíaca en adultos mayores [16] . . . . .	10
1.3. Valores normales de Temperatura corporal en adultos mayores [25] . . . . .	12
1.4. Valores normales de Saturación de oxígeno en adultos mayores [27] . . . . .	12
1.5. Descripción de modelos comerciales . . . . .	16
2.1. Alternativas de sensores de Presión [Autor] . . . . .	19
2.2. Alternativas de sensores de Temperatura [Autor] . . . . .	20
2.3. Alternativas de sensores de Saturación de Oxígeno y Ritmo Cardíaco [Autor] .	21
2.4. Valores para escala de la matriz de pares[30] . . . . .	22
2.5. Matriz de pares para los parámetros de evaluación . . . . .	22
2.6. Matriz de pares de las alternativas con respecto a la Funcionalidad . . . . .	23
2.7. Matriz de pares de las alternativas con respecto a la Alimentación . . . . .	23
2.8. Matriz de pares de las alternativas con respecto a la Accesibilidad-Presión Arterial . . . . .	23
2.9. Matriz de pares de las alternativas con respecto a la Accesibilidad-Temperatura Corporal . . . . .	23
2.10. Matriz de pares de las alternativas con respecto a la Accesibilidad-Saturación de Oxígeno y Ritmo Cardíaco . . . . .	23
2.11. Matriz de pares de las alternativas con respecto a la Compatibilidad . . . . .	24
2.12. Matriz de pares Presión Arterial . . . . .	24

2.13. Matriz de pares Temperatura Corporal . . . . .	24
2.14. Matriz de pares Saturación de Oxígeno y Ritmo Cardíaco . . . . .	24
2.15. Características Raspberry Pi 3B+ [32] . . . . .	26
2.16. Características Display OLED 128x64 [34] . . . . .	26
2.17. Características MCP3008 [36] . . . . .	27
3.1. Porcentaje de error de la medición de Temperatura Corporal [Autor] . . . . .	43
3.2. Porcentaje de error de la medición de Saturación de Oxígeno [Autor] . . . . .	44
3.3. Porcentaje de error de la medición de Ritmo Cardíaco [Autor] . . . . .	45
3.4. Porcentaje de error de la medición de la Presión Arterial [Autor] . . . . .	46
3.5. Costos del Sistema . . . . .	47

## Introducción

Los adultos mayores representan el 6,7 % de la población ecuatoriana [1]. Algunos de ellos presentan enfermedades de diferentes niveles de gravedad, las cuales requieren de control médico de forma recurrente, utilizando equipos médicos que muchas veces causan afectaciones o molestias a los pacientes dado que en la mayoría de los casos éstos dispositivos cuentan con elementos invasivos que pueden ocasionar problemas, por tratarse de pacientes ancianos.

Según investigaciones se ha determinado que alrededor del 13,3 %, aproximadamente, presentan hipertensión arterial [2], este tipo de enfermedad se produce debido a la presión muy alta dentro de los vasos sanguíneos o arterias; así mismo el 14,4 % de las personas mayores a 65 años presentan enfermedades cerebrovasculares [2], debido a la presión alta provocando la detección del flujo sangre a una parte del cerebro. Debido a los daños que puede generar un desorden en la presión arterial se requiere, en muchos casos, un control continuo.

Se reporta además un 10,15 % de pacientes de tercera edad con enfermedades isquémicas del corazón [3], la cual se produce cuando se reduce el flujo sanguíneo al músculo del corazón. Para esta condición es necesario mantener un control del ritmo cardiaco.

Por otra parte, la diabetes es una de las causas de mortalidad en los adultos mayores con un porcentaje aproximado el 8,59 % [3], que para poder mantener un control de nivel glicémico y tomar las medidas que corresponden, es necesario efectuar la medición de azúcar en la sangre varias veces al día.

En este año se ha presentado una enfermedad altamente contagiosa, que no sólo afectó a nuestro país, sino también a todo el mundo. Según las estadísticas, en Ecuador se han registrado alrededor de 166,000 contagios y 12,000 muertes; [4] de los cuales se estima que el 80 % pertenece a los adultos mayores [5].

Actualmente la medición de los signos vitales se realiza utilizando dispositivos independientes para cada uno de los propósitos. En algunos casos estos elementos de medición pueden causar daños a los pacientes mayores generando rechazo y el abandono del control de parámetros. Por lo que se considera necesario utilizar elementos no invasivos que permitan realizar los mismos procedimientos, pero sin causar pequeñas lesiones o molestias a las personas de la tercera edad.

Dado lo anterior, el GISI de la UTN propone una investigación en la cual se pretende unificar en un dispositivo los elementos que permitan medir los parámetros de control de las enfermedades más frecuentes en pacientes de edad avanzada.

## **Objetivos**

### **Objetivo Principal**

- Construir un sistema mecatrónico para el control de enfermedades en personas de la tercera edad.

### **Objetivos Específicos**

- Analizar los requerimientos para el sistema mecatrónico.
- Diseñar el sistema electrónico para el control de enfermedades.
- Construir el prototipo con elementos no invasivos.
- Validar el funcionamiento del sistema.

## **Alcance**

El desarrollo de la tesis comprende el estudio de:

- Equipos comerciales utilizados en la instrumentación médica.
- Adquisición de señales por medio de sensores.
- Construcción del sistema utilizando tecnología de manufactura asistida por computadora.

Adicionalmente, se diseñará un sistema electrónico con sensores no invasivos para llevar el seguimiento de enfermedades que se presentan en la población adulta. Posteriormente, se construirá el prototipo y finalmente se validará el sistema realizando pruebas de funcionamiento.

## **Justificación**

El principal propósito de la presente investigación es mejorar la calidad de vida de las personas de la tercera edad, considerando que no es adecuado realizar exámenes médicos frecuentes con elementos invasivos que puedan generar molestias. El sistema se enfoca en brindar una solución real para controlar enfermedades asociadas con presión arterial, cardiopatías y diabetes ya que representan las principales causas de mortalidad en el Ecuador.

A través de la propuesta de tesis se pueden generar futuros desarrollos en las áreas de ingeniería enfocadas a las soluciones en el campo de la salud, así como productos que podrían llegar a contribuir al aumento de la matriz productiva del Ecuador.

En el aspecto económico se podrían reducir los costos de adquisición debido a que todos los equipos médicos son importados ya que se pretende simplificar en un solo dispositivo los elementos capaces de medir los parámetros vitales de un adulto mayor.

# Capítulo 1

## Sustento Teórico

### 1.1. Enfermedades

Se analiza las enfermedades que más padecen los adultos mayores en nuestro país como la hipertensión arterial, cerebrovasculares, isquémicas del corazón, diabetes, coronavirus (COVID-19).

#### 1.1.1. Hipertensión Arterial

Se llama así cuando la tensión arterial es alta, en el cual los vasos sanguíneos tienen una presión elevada provocando daños en los mismos. Mientras más alta es la tensión, más esfuerzo debe realizar el corazón para bombear.

En algunas ocasiones, esta enfermedad causa síntomas como dolor de cabeza, dificultad respiratoria, vértigos, dolor torácico, palpitaciones del corazón y hemorragias. Si no cuenta con un control, la hipertensión puede provocar un infarto de miocardio, un ensanchamiento del corazón y finalmente una insuficiencia cardíaca [6].

### **1.1.2. Cerebrovasculares**

Los accidentes cerebrovasculares son fenómenos agudos que se deben a obstrucciones que impiden que la sangre fluya hacia el corazón o el cerebro [7]. En esta enfermedad, un área del encéfalo se afecta de forma transitoria o permanente por una isquemia o hemorragia, uno o más vasos sanguíneos cerebrales resultan afectados por un proceso patológico [8].

### **1.1.3. Isquémicas del corazón**

Presenta una deficiencia de sangre y oxígeno al músculo cardíaco. Esta se produce cuando una arteria se estrecha u obstruye momentáneamente, impidiendo que llegue al corazón sangre rica en oxígeno. Si la isquemia es grave durante demasiado tiempo, puede provocar un ataque al corazón y la muerte de tejido cardíaco [9].

### **1.1.4. Diabetes**

Es una enfermedad crónica que aparece cuando el páncreas no produce insulina suficiente o cuando el organismo no utiliza eficazmente la insulina que produce. La insulina es una hormona que regula el azúcar en la sangre. El efecto de la diabetes no controlada es la hiperglucemia (aumento del azúcar en la sangre), que con el tiempo daña gravemente muchos órganos y sistemas, especialmente los nervios y los vasos sanguíneos [10].

### **1.1.5. COVID-19**

Es una enfermedad infecciosa que se genera por el coronavirus, este es un virus que causa enfermedades como un resfriado común y puede llegar a causar enfermedades graves como una neumonía [11]. Esta enfermedad se puede transmitir si una persona contagiada estornuda, tose o habla. Además, se contagia mediante el contacto de superficies con el virus y luego al llevarse las manos a los ojos, nariz o boca. Los síntomas principales de esta enfermedad son fiebre, tos o dificultad para respirar; otros síntomas que se pueden presentar son dolor de cabeza, dolor muscular, escalofríos, dolor de garganta, pérdida de los sentidos, tanto del gusto como del olfato.

Existen personas que no presentan ningún tipo de síntomas, pero son transmisores de este virus.

Las personas con más riesgo de contagio son los adultos mayores, personas con enfermedades graves tales como afecciones al corazón o pulmones, diabetes, cáncer o deficiencia del sistema inmunitario [12]. Como medida preventiva, principalmente se toma la temperatura.

## **1.2. Signos Vitales**

Los signos vitales muestran el funcionamiento de nuestro cuerpo, estos incluyen presión arterial, ritmo cardíaco, temperatura corporal y saturación de oxígeno.

### **1.2.1. Presión Arterial**

Es una medición de la fuerza con la que la sangre presiona contra las paredes de los vasos sanguíneos o arterias mientras el corazón bombea sangre al cuerpo [13]e]En las lecturas de la presión arterial se registran dos números; el número superior se denomina presión arterial sistólica y el número inferior corresponde a la presión arterial diastólica [14].

La presión arterial puede variar a lo largo del día. Los factores que influyen son: las emociones, la actividad física, la presencia de dolor, estimulantes, etc [15].

#### **1.2.1.1. Factores que afectan los valores de la Presión Arterial**

- **Edad:** En los adultos mayores la presión sistólica suele estar aumentada, dado que hay menor adaptabilidad de las paredes arteriales.
- **Sexo:** Después de la pubertad las mujeres tienen presiones más bajas que los hombres de la misma edad.
- **Raza:** Los hombres de color, de más de 35 años tienen valores de presión más alta, que los de raza blanca.

- **Ejercicio:** La actividad física aumenta el gasto cardiaco.
- **Obesidad:** El aumento del peso corporal aumenta los valores de la tensión arterial.
- **Tabaquismo:** Aumenta la vasoconstricción periférica aumentando los valores de la presión arterial.
- **Estrés:** La estimulación del sistema nervioso simpático en respuesta al estrés aumenta el gasto cardiaco y la vasoconstricción arterial, produciendo aumento en la presión arterial.
- **Dolor:** El shock por dolor disminuye la presión al inhibir el centro vasomotor y producir vasodilatación. En ocasiones el dolor puede aumentar los valores de la presión arterial.
- **Medicamentos:** Determinados fármacos como los corticoides pueden aumentar la presión arterial, o como los diuréticos que llevan a que los valores de la presión arterial disminuyan.
- **Variaciones Diurnas:** Por lo general la presión es más baja en las primeras horas de la mañana, y aumenta durante el día alcanzando el punto más alto en las primeras horas de la noche.
- **Enfermedades:** Enfermedades como la diabetes y otras pueden causar aumento en los valores de la presión arterial [16].

#### 1.2.1.2. Valores Normales

Los valores que se consideran normales o que presnetan complicciones se muestran en la tabla 1.1

- **Presión arterial normal:** la presión arterial es menor a 120/80 mm Hg.
- **Presión arterial alta:** uno o los dos valores de la presión arterial son mayores de 130/80 mm Hg. [17]

Tabla 1.1: Valores normales de tensión arterial en adultos mayores [17]

<b>Estado</b>	<b>mmHg</b>
Óptima	<120/80
Normal	120-129/80-84
Normal alta	130-139/85-89
Grado I	140-159/90-99
Grado II	160-179/100-109
Grado III	>=180/>=110

### 1.2.1.3. Formas de medición de la Presión Arterial

La presión arterial se puede medir de forma directa e indirecta; el método de forma directa es un proceso invasivo, el cual requiere cateterismo. El método indirecto se realiza a través de auscultación u oscilometría [18].

**Método auscultatorio.** Utiliza un manguito de goma que se coloca alrededor del brazo como se observa en la figura 1.1 , unido a un sistema de mercurio o aneroide donde se mide la presión arterial, y mediante un fonendoscopio, colocado a nivel de la arteria del brazo, se puede escuchar los sonidos que origina la sangre a medida que se desinfla el manguito, lo que permite establecer los valores de la presión arterial sistólica y diastólica [19].

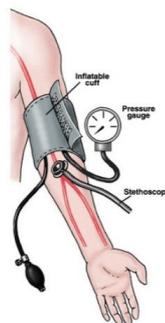


Figura 1.1: Tensiómetro para método auscultatorio [20]

**Método oscilatorio** En su interior se tiene un sensor de presión electrónico calibrado que analiza las oscilaciones de la arteria del brazo al colapsarla con el manguito como se muestra

en la figura 1.2. Este último método es el empleado por la mayoría de los aparatos automáticos o semiautomáticos en el que el brazalete es inflado y desinflado por un compresor [19].



Figura 1.2: Tensiómetro digital [21]

## 1.2.2. Ritmo Cardíaco

Es el número de veces que se contrae el corazón durante un minuto (latidos por minuto). Para el correcto funcionamiento del organismo es necesario que el corazón actúe bombeando la sangre hacia todos los órganos, pero además lo debe hacer a una determinada presión (presión arterial) y a una determinada frecuencia [22].

### 1.2.2.1. Alteraciones de la Frecuencia Cardíaca

- **Bradiarritmias:** si las pulsaciones son muy bajas suelen ser un indicio de enfermedades relacionadas con el corazón, aunque también puede ser un vestigio de meningitis u una alteración del encéfalo.
- **Taquiarritmias:** cuando el ritmo del corazón bombea más rápido de lo que debería, siendo este valor superior a 100 por minuto. En este caso, puede padecer un accidente cardiovascular. [23]

### 1.2.2.2. Factores que modifican la Frecuencia Cardíaca

- **Edad:** Con el aumento de la edad la frecuencia del pulso disminuye de forma gradual.

- **Sexo:** Después de la pubertad el promedio de la frecuencia del pulso es más baja en el hombre que en la mujer.
- **Ejercicio:** El pulso aumenta con la actividad.
- **Fiebre:** La temperatura corporal elevada produce vasodilatación ocasionando aumento en la frecuencia del pulso.
- **Hemorragias:** La pérdida de sangre del sistema vascular aumenta la frecuencia cardíaca.
- **Estrés, Temor, Ansiedad o Dolor:** Produce estimulación del sistema nervioso aumentando la actividad del corazón, y por lo tanto la frecuencia.
- **Medicamentos:** Determinados fármacos pueden aumentar o disminuir la frecuencia.
- **Cambios de Posición:** En las posiciones de pie o sentado la frecuencia del pulso disminuye [16].

### 1.2.2.3. Valores normales

En los adultos mayores de más de 70 años, la frecuencia cardíaca puede oscilar entre 55 a 90 latidos por minuto como se detalla en la tabla 1.2 [16].

Tabla 1.2: Valores normales de frecuencia cardíaca en adultos mayores [16]

<b>Estado</b>	<b>Pulsaciones por minuto</b>
Normal	55-90
Bradycardia	<55
Taquicardia	>90

### 1.2.3. Temperatura Corporal

Es el equilibrio entre el calor producido y el que pierde el organismo. La temperatura del cuerpo varía con los cambios ambientales, edad y también estado de ánimo. Algunas enfermedades pueden generar aumento o disminución de temperatura corporal [24].

### 1.2.3.1. Factores que modifican los valores de la Temperatura Corporal

- **Edad:** Los adultos mayores son sensibles los cambios extremos de temperatura.
- **Variaciones Diurnas:** Varía hasta 2° C entre las primeras horas del día y la tarde, alcanzando el punto más alto se da entre las 20 y 24 horas, y desciende durante el sueño.
- **Ejercicio:** El ejercicio aumenta la actividad muscular y aumenta la temperatura corporal, por otro lado, el sedentarismo disminuye la temperatura corporal por la disminución del metabolismo celular.
- **Estrés:** Produce estimulación del sistema nervioso y aumenta la actividad glandular, lo que incrementa la actividad metabólica produciendo mayor calor.
- **Ambiente:** Los extremos de temperatura ambiental afectan los sistemas que regulan la temperatura corporal; la exposición a altas temperaturas puede elevar el calor del cuerpo por medio de la radiación, convección y conducción; y la exposición a bajas temperaturas desciende la temperatura.
- **Alimentación:** La ingesta de alimentos de alto valor calórico, como las proteínas y las grasas aumentan la temperatura; el ayuno en cambio lleva a un descenso de la temperatura.
- **Procesos Patológicos:** Las infecciones, el hipertiroidismo aumentan la temperatura. El hipotiroidismo, la insuficiencia cardíaca disminuyen la temperatura corporal [16].

### 1.2.3.2. Valores Normales

La temperatura adecuada en personas de la tercera edad la temperatura se detalla en la tabla

1.3

Tabla 1.3: Valores normales de Temperatura corporal en adultos mayores [25]

<b>Estado</b>	<b>Temperatura Corporal (°C)</b>
Normal	35.5-37
Febril	>37 <= 38
Hipertermia	>38
Hipotermia	<35.5

## 1.2.4. Saturación de Oxígeno en la Sangre

Es una forma de medir cuánto oxígeno contiene la sangre; este porcentaje indica cuánto oxígeno transporta su sangre con relación al máximo que sería capaz de transportar. En circunstancias normales, más del 89 % de los glóbulos rojos debería contener oxígeno.

Es importante conocer el nivel de oxígeno en la sangre, si es bajo, las células del organismo pueden tener dificultades para cumplir adecuadamente sus funciones. Los bajos niveles de oxígeno pueden repercutir sobre el corazón y el cerebro [26].

### 1.2.4.1. Valores normales

La Saturación de Oxígeno debe ser mayor al 95 % para permanecer en un estado normal como se muestra en la tabla 1.4.

Tabla 1.4: Valores normales de Saturación de oxígeno en adultos mayores [27]

<b>Estado</b>	<b>Saturación de oxígeno (%)</b>
Normal	>= 95
Hipoxia leve	91-94
Hipoxia moderada	86-90
Hipoxia severa	<86

## 1.3. Puntos anatómicos para la detección de signos vitales

Es necesario conocer los puntos anatómicos del cuerpo humano en los cuales se puede obtener los valores correctos de la medición de cada signo vital: presión arterial, frecuencia cardíaca, temperatura corporal, saturación de oxígeno.

### 1.3.1. Presión Arterial

La presión arterial se puede medir en la pierna (B) o en el brazo (A) como se observa en la figura 1.3, siendo este último punto el más conveniente para adquirir datos precisos. Las extremidades deben situarse al nivel del puño y del corazón, para posteriormente colocar el dispositivo de medición ya sea en la muñeca o en el brazo superior.

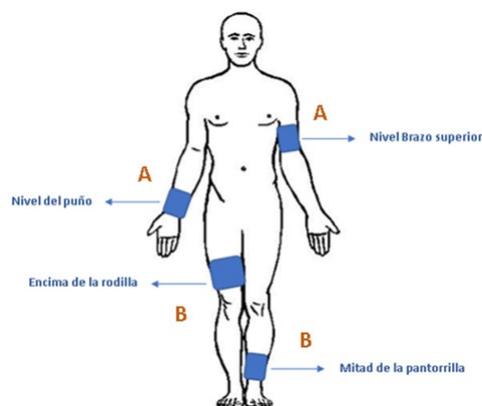


Figura 1.3: Puntos para obtener presión arterial [Autor]

### 1.3.2. Frecuencia Cardíaca

Para medir la frecuencia cardíaca existen varios puntos anatómicos, en la figura 1.4 se puede apreciar los puntos en los cuales se puede adquirir valores de forma manual; para realizar una medición digital se presentan dos puntos específicos como se muestra en la figura 1.5.

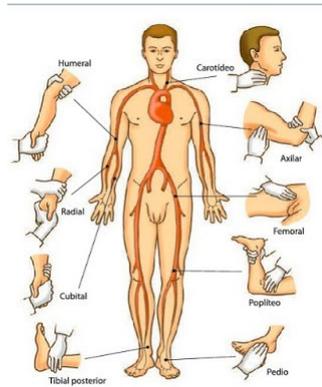


Figura 1.4: Puntos para obtener frecuencia cardíaca manualmente [28]

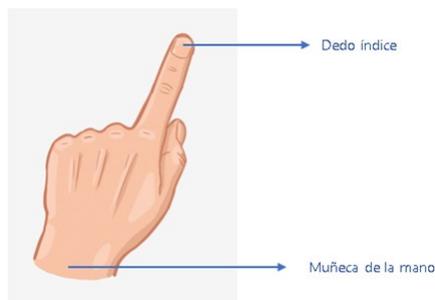


Figura 1.5: Puntos para obtener frecuencia cardíaca de forma digital [Autor]

### 1.3.3. Temperatura Corporal

La temperatura corporal es un parámetro en el que su exactitud depende del punto anatómico donde se adquiera los datos; el valor de la temperatura se toma en el punto C por comodidad y facilidad de medición.

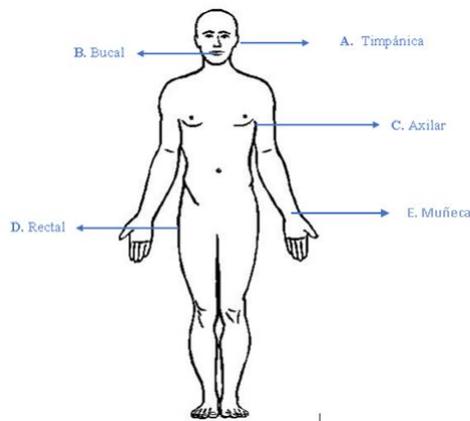


Figura 1.6: Puntos para obtener temperatura corporal [Autor]

### 1.3.4. Saturación de Oxígeno en la Sangre

La saturación de oxígeno se puede medir en el dedo del pie o mano y en el lóbulo de la oreja como se observa en la figura 1.7, de estos puntos anatómicos es más conveniente realizar la medición en el punto B; debido a que en los puntos A y C existe mayor probabilidad de que la persona mueva esta extremidad y se adquiera valores erróneos .



Figura 1.7: Puntos para obtener saturación de oxígeno en la sangre [Autor]

## 1.4. Modelos Comerciales

Existe una tecnología enfocada a la medición de signos vitales, cierta cantidad de estos han sido promocionados en el mercado; a continuación, se describe algunos de ellos, destacando sus características y función principal.

Tabla 1.5: Descripción de modelos comerciales

Dispositivo	Nombre	Descripción	Características
 <p>A close-up photograph of a person's hand wearing a black pulse oximeter. A blue sensor is attached to the index finger. A white cable connects the device to a small black Bluetooth module. The 'ghits' logo is visible in the bottom left, and the 'Bluetooth' logo is in the bottom right.</p>	<p>Nonin</p>	<p>Monitorización del nivel de SO<sub>2</sub> en sangre y pulso cardíaco. Para adquirir la medición se debe ejercer presión en el dedo y los datos serán enviados vía bluetooth [29].</p>	<p>Rango de Saturación de Oxígeno: 0%-100 %                      Bluetooth – v2.2- Rango de pulso: 18-300 rpm                      Batería: 2x1.5V AA                      Precisión SO<sub>2</sub>: ±2                      Precisión Pulso: ±3 %</p>
 <p>A photograph of a white and grey blood pressure monitor. The device has a digital display showing '88.8', '88.8', and '88.8'. The text 'Smart HOCA' is visible in the top left, and 'Smart care your health and enlighten your life.' is at the bottom.</p>	<p>HOCA BP 114</p>	<p>Este dispositivo permite la medición de temperatura corporal, presión arterial y pulso cardíaco [29].</p>	<p>Método de medición: oscilométrico. Rango de presión: 30-280mmHg                      Rango de pulso: 40-199 rpm                      Rango de temperatura: 30-45 °C                      Precisión Presión: ±3mmHg                      Precisión Pulso: ±5 %                      Precisión Temperatura: ±1 %</p>

# Capítulo 2

## Metodología

La investigación que se ha realizado en este trabajo es de tipo aplicada tecnológica, ya que se enfoca en la solución de problemas directos de la sociedad, en este caso, en adultos mayores. Para ello se propuso construir un sistema para obtener datos de los signos vitales de personas con el fin de conseguir una situación de control de las enfermedades.

### 2.1. Descripción general del sistema

El sistema adquiere señales biomédicas, procesa y almacena datos de los signos vitales y controlar las complicaciones o enfermedades de las personas.

El sistema de cumplir con las siguientes características:

- Sensores no invasivos.
- Adquisición de signos vitales: presión arterial, ritmo cardíaco, temperatura corporal y saturación de oxígeno en la sangre.
- Programación bajo software libre.
- Visualización de la información.

- Controlar los valores de los signos vitales bajo valores mínimos y máximos.

El sistema consiste en tres módulos principales como se muestra en la figura 2.1, como son:

- **Sensores no invasivos:** se adquieren señales para cada parámetro, presión arterial, temperatura corporal, saturación de oxígeno y ritmo cardíaco, figura 2.1A.
- **Procesamiento de Datos:** Unidad central en la cual se almacenan los valores obtenidos, figura 2.1B.
- **Visualización:** Representación de datos en la pantalla y en el dispositivo, figura 2.1C.

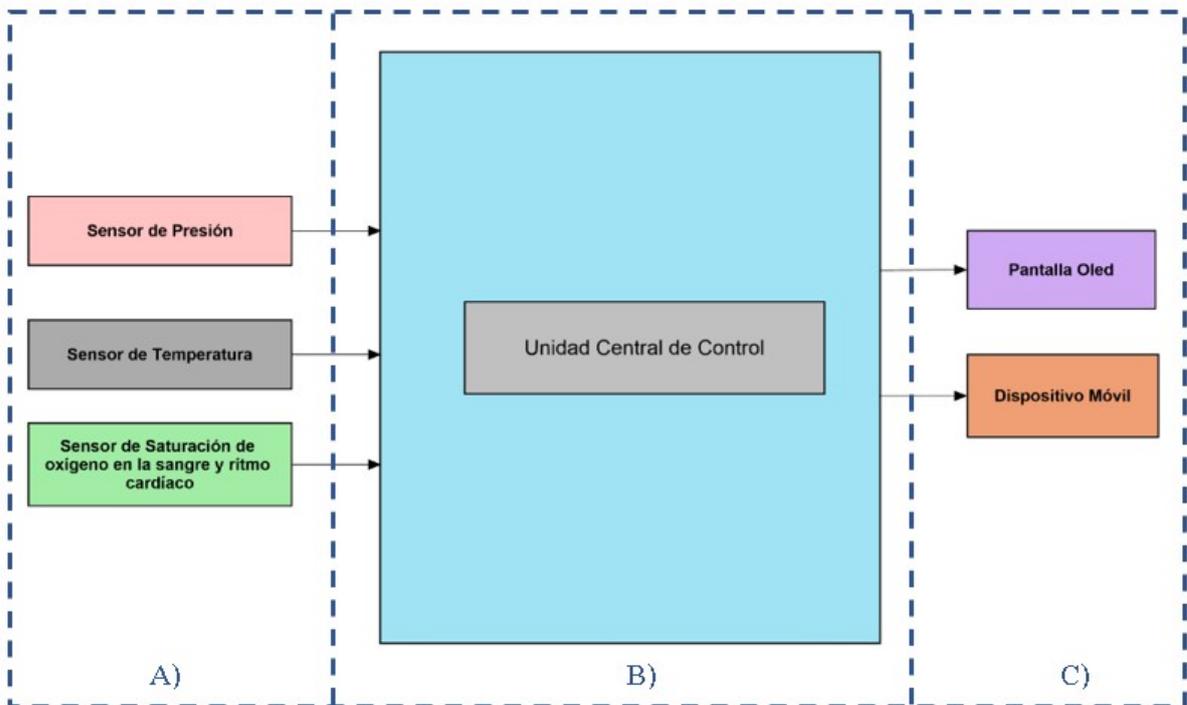


Figura 2.1: Tensiómetro digital [Autor]

## 2.2. Alternativas, evaluación y selección de sensores no invasivos

En el mercado hay una gran variedad de dispositivos que realizan todo tipo de mediciones en cualquier ámbito, para ello se detalla los sensores que se relacionan con el estudio: presión arterial, frecuencia cardíaca, temperatura corporal y saturación de oxígeno.

### 2.2.1. Alternativas de sensores Presión Arterial

Existen sensores piezoresistivos, de medición de presión diferencial que se pueden aplicar en varios campos entre ellos se destaca la medicina como se presenta en la tabla 2.1.

Tabla 2.1: Alternativas de sensores de Presión [Autor]

Sensor	Tipo de Salida	Voltaje de Suministro	Presión Operación	Presión Máxima	Precisión
Alternativa1 MPX5050DP 	Voltaje Analógico	5-5.25Vdc	7.25PSI (50KPa)	29.01 PSI (200 KPa)	± 2.5 %
Alternativa2 MPX5500DP 	Voltaje Analógico	4.75-5.25Vdc	72.5PSI (500KPa)	290.1PSI (2000 KPa)	± 2.5 %
Alternativa3 MPS20N0040D 	Voltaje Analógico	5Vdc	5.8PSI (40KPa)	5.8PSI (40KPa)	± 0.3 %

### 2.2.2. Alternativas de sensores Temperatura Corporal

En la tabla 2.3 se detallan los sensores para temperatura, los cuales son de alta precisión y pueden ser termómetros con contacto o sin contacto como los infrarrojos.



Tabla 2.3: Alternativas de sensores de Saturación de Oxígeno y Ritmo Cardíaco [Autor]

Sensor	Led's	Longitud de onda	Voltaje Mínimo	Voltaje Máximo	Corriente de suministro
Alternativa1 MAX30100 	Infrarrojo  Rojo	880nm  660nm	3.3V	5V	600μA
Alternativa2 MAX30101 	Infrarrojo  Rojo, Verde	880nm  660nm, 537nm	3.3V	5V	600μA
Alternativa3 MAX30102 	Infrarrojo  Rojo	880nm  660nm	3.3V	5.25V	600μA

#### 2.2.4. Parámetros de evaluación

- **Funcionalidad**

Debe ser no invasivo, de fácil conexión y uso.

- **Alimentación**

Los elementos deben consumir la energía suficiente para obtener un funcionamiento prolongado.

- **Accesibilidad**

Es importante la adquisición, información de su funcionamiento y disponibilidad en el mercado.

- **Compatibilidad**

Es indispensable que los elementos se comuniquen fácilmente con el software para adquirir las señales biomédicas.

## 2.2.5. Selección de sensores

Para obtener el sensor indicado se utiliza el método de matriz de pares con los valores de escala que se muestra en la tabla 2.4

Tabla 2.4: Valores para escala de la matriz de pares[30]

<b>Escala</b>	<b>Ponderación</b>
Mucho más importante	10
Más importante	5
Igual	1
Menos importante	0.2
Mucho menos importante	0.1

En la tabla 2.5 se aprecia la matriz de pares de los criterios seleccionados, y posteriormente obtener el factor de ponderación (FP) a partir de la división entre la suma de cada fila y el total de la columna:

$$FP = \frac{Suma}{Total} \quad (2.1)$$

Tabla 2.5: Matriz de pares para los parámetros de evaluación

	<b>Funcionalidad</b>	<b>Alimentación</b>	<b>Accesibilidad</b>	<b>Compatibilidad</b>	<b>Suma</b>	<b>FP</b>
Funcionalidad	0	1	10	10	21	0.39
Alimentación	1	0	0.2	0.1	1.3	0.02
Accesibilidad	1	10	0	0.2	16.2	0.30
Compatibilidad	0.2	5	10	0	15.2	0.28
Total					53.7	

Para el cálculo del peso de la opción (PO) de cada parámetro se utiliza la misma ecuación del factor de ponderación (FP)

Tabla 2.6: Matriz de pares de las alternativas con respecto a la Funcionalidad

	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>	<b>Suma</b>	<b>PO</b>
Alternativa 1	0	1	1	2	0.33
Alternativa 2	1	0	1	2	0.33
Alternativa 3	1	1	0	2	0.33
Total				6	

Tabla 2.7: Matriz de pares de las alternativas con respecto a la Alimentación

	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>	<b>Suma</b>	<b>PO</b>
Alternativa 1	0	1	1	2	0.33
Alternativa 2	1	0	1	2	0.33
Alternativa 3	1	1	0	2	0.33
Total				6	

Tabla 2.8: Matriz de pares de las alternativas con respecto a la Accesibilidad-Presión Arterial

	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>	<b>Suma</b>	<b>PO</b>
Alternativa 1	0	1	10	11	0.66
Alternativa 2	0.2	0	5	5.2	0.31
Alternativa 3	0.2	0.2	0	0.4	0.02
Total				16.6	

Tabla 2.9: Matriz de pares de las alternativas con respecto a la Accesibilidad-Temperatura Corporal

	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>	<b>Suma</b>	<b>PO</b>
Alternativa 1	0	0.2	5	5.2	0.21
Alternativa 2	10	0	10	20	0.79
Alternativa 3	0.2	0.1	0	0.3	0.01
Total				25.3	

Tabla 2.10: Matriz de pares de las alternativas con respecto a la Accesibilidad-Saturación de Oxígeno y Ritmo Cardíaco

	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>	<b>Suma</b>	<b>PO</b>
Alternativa 1	0	10	10	20	0.93
Alternativa 2	0.2	0	1	1.2	0.06
Alternativa 3	0.2	0.1	0	0.3	0.01
Total				21.5	

Tabla 2.11: Matriz de pares de las alternativas con respecto a la Compatibilidad

	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>	<b>Suma</b>	<b>PO</b>
Alternativa 1	0	1	1	2	0.33
Alternativa 2	1	0	1	2	0.33
Alternativa 3	1	1	0	2	0.33
Total				6	

A continuación, se determina la matriz final mediante las alternativas y parámetros de evaluación obteniendo el puntaje final para cada opción como se muestra en la tabla 2.12. Para lo cual se aplica la ecuación:

$$Puntaje\ final = FP * PO \quad (2.2)$$

Tabla 2.12: Matriz de pares Presión Arterial

	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>	<b>Suma</b>	<b>PO</b>
Alternativa 1	0.13	0.066	0.20	0.09	0.49
Alternativa 2	0.13	0.066	0.093	0.09	0.38
Alternativa 3	0.13	0.066	0.006	0.09	0.35
Total				6	

Tabla 2.13: Matriz de pares Temperatura Corporal

	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>	<b>Suma</b>	<b>PO</b>
Alternativa 1	0.13	0.066	0.063	0.09	0.35
Alternativa 2	0.13	0.066	0.237	0.09	0.52
Alternativa 3	0.13	0.066	0.03	0.09	0.32
Total				6	

Tabla 2.14: Matriz de pares Saturación de Oxígeno y Ritmo Cardíaco

	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>	<b>Suma</b>	<b>PO</b>
Alternativa 1	0.13	0.066	0.28	0.09	0.57
Alternativa 2	0.13	0.066	0.018	0.09	0.30
Alternativa 3	0.13	0.066	0.03	0.09	0.32
Total				6	

Una vez determinado el puntaje final al relacionar los criterios de evaluación y las alternativas, se obtiene el dispositivo que mejor se adapta a las especificaciones del sistema. En este caso para medir la presión arterial, temperatura corporal, saturación de oxígeno y ritmo cardíaco, se seleccionan los sensores MPX5050DP, MLX90614, MAX30100, respectivamente.

## 2.3. Unidad Central

La unidad central del dispositivo debe ser capaz tanto a nivel de software, memoria para almacenar el programa, como hardware, número de pines para la conexión y comunicación de los componentes como sensores y otros elementos, recibir y procesar toda la información proveniente de cada uno, de este modo se obtienen las variables de interés para este proyecto, asimismo debe ser capaz de contener una interfaz gráfica la cual mejora considerablemente la funcionalidad del dispositivo.

Con base en las especificaciones anteriores, para este proyecto se utiliza un Raspberry Pi modelo 3B+ como se muestra en la figura 2.2.



Figura 2.2: Raspberry Pi modelo 3B+[31]

En la tabla 2.15 se resumen las características técnicas de la tarjeta.

Tabla 2.15: Características Raspberry Pi 3B+ [32]

Especificaciones	Raspberry P 3B+
RAM	1 GB
Alimentación	5V/2.5A
Velocidad de Procesador	1250 MHz
USB	4 x USB
Ranura de Tarjeta	MicroSD
GPIO	40 pines
Conectividad	Puerto Ethernet/ Wi-Fi/ Bluetooth

## 2.4. Pantalla de Visualización

Es necesario una pantalla para la visualización de los datos adquiridos de cada una de las variables pertenecientes a los signos vitales, para lo cual se ha seleccionado la pantalla OLED de 128x64 pixeles como se muestra en la figura 2.3.

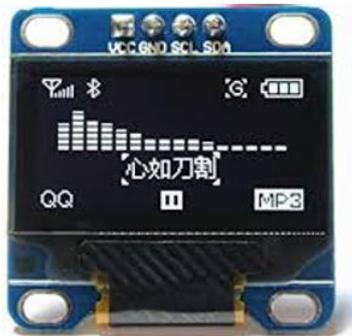


Figura 2.3: OLED de 128x64 pixeles [33]

Las características técnicas se detallan en la tabla 2.16

Tabla 2.16: Características Display OLED 128x64 [34]

Especificaciones	OLED 128x64
Temperatura de operación	-40 °C a +80 °C
Dimensiones	26.7x 19.26x 1.65 mm
Alimentación	2.8V- 3.3V
Comunicación	I2C
Color Display	Azul

## 2.5. Conversor Análogo-Digital MCP3008

Los datos analógicos adquiridos por los sensores son convertidos a digitales mediante el conversor que se muestra en la figura 2.4 para posteriormente ser leídos por la tarjeta Raspberry Pi.

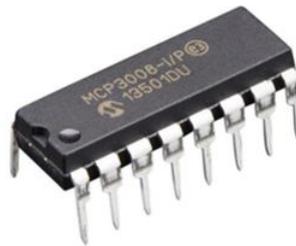


Figura 2.4: OLED de 128x64 pixeles [35]

Las características técnicas se detallan en la tabla 2.17

Tabla 2.17: Características MCP3008 [36]

<b>Especificaciones</b>	<b>MCP3008</b>
Resolución	10 bit
Alimentación	5V
Max. Corriente de suministro	500 $\mu$ A
Interfaz	SPI
Rango de Temperatura	-40 °C a +85 °C

## 2.6. Alimentación del Sistema

Para energizar cada uno de los elementos del sistema como se muestra en la figura 2.5, se utiliza la fuente de alimentación de la tarjeta Raspberry Pi 3B+ de 5V y 2.5A.

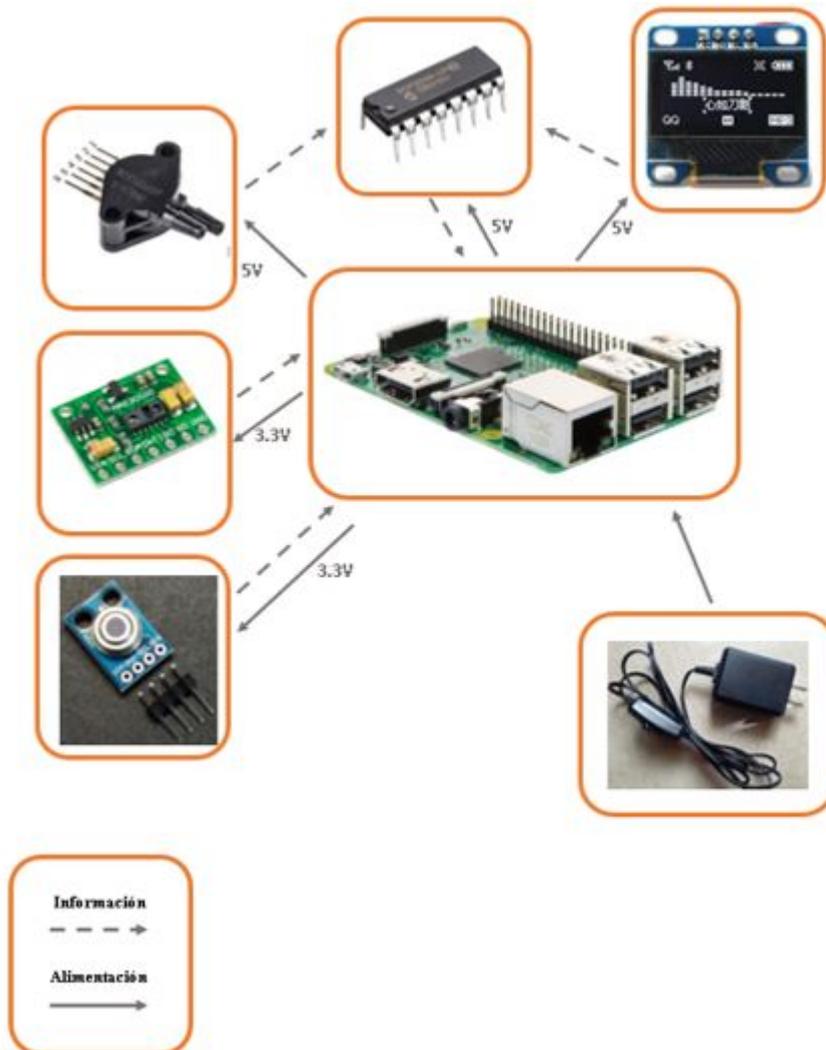


Figura 2.5: Diagrama de Bloques del Hardware[Autor]

## 2.7. Diseño del Sistema

En este apartado se detalla las configuraciones de los parámetros de medición, la programación, circuitos eléctricos y diseño mecánico.

## 2.7.1. Adquisición de señales

Se describe el principio de funcionamiento de los diferentes sensores utilizados para la captura de las variables seleccionadas para el monitoreo de signos vitales.

### 2.7.1.1. Presión Arterial

Es un tipo de sensor piezoresistivo, lo cual representa linealidad entre la presión aplicada y el voltaje de salida figura 2.6. Para el voltaje de salida se obtiene la Función de Transferencia[37]:

$$V_{(out)} = V_{(s)}(0,0018P + 0,04) \quad (2.3)$$

donde  $V_{(out)}$  es el voltaje de salida,  $V_{(s)}$  es el voltaje de alimentación (5V) y  $P$  la presión en kPa.

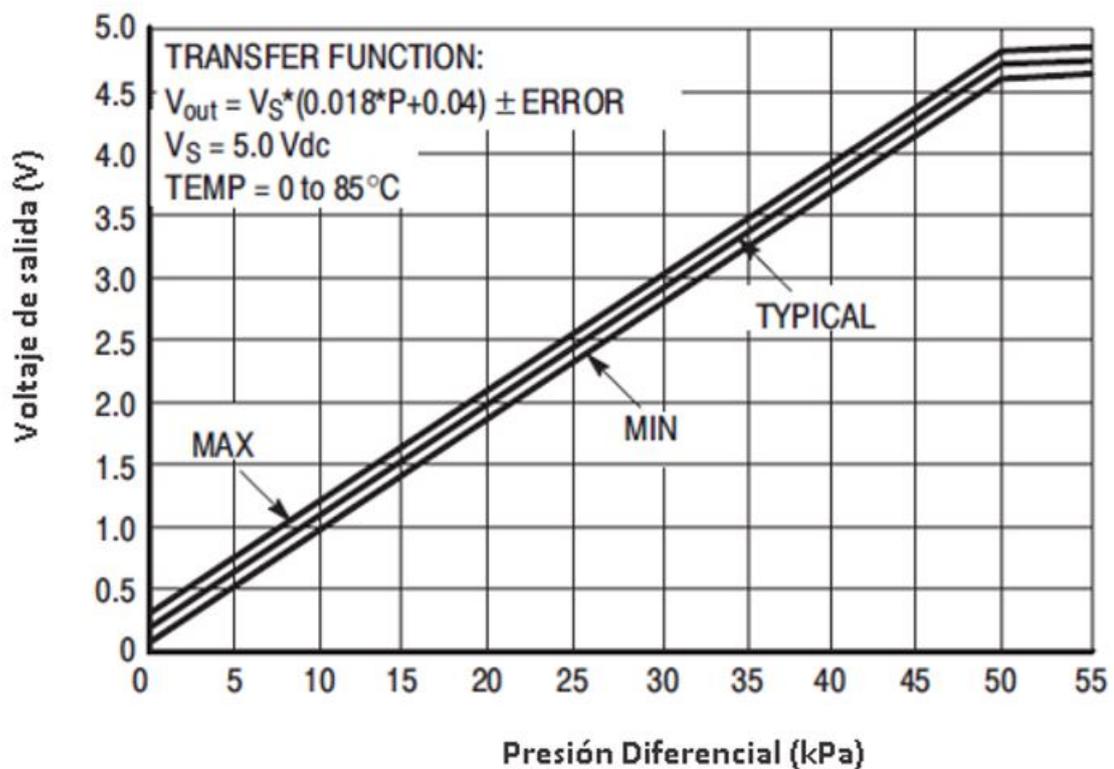


Figura 2.6: Voltaje de salida vs Presión diferencial MPX5050[37]

El brazalete para la medición de la presión requiere de:

- **Micro válvula** : Este elemento permite que el brazalete se desinfe gradualmente, siendo controlado por la tarjeta Raspberry Pi.
- **Mini bomba** : Permite inflar el brazalete hasta un valor superior a 170 mmHg y se activa por medio del controlador utilizado.

### 2.7.1.2. Temperatura Corporal

El sensor es un termómetro infrarrojo, permite tomar mediciones sin contacto con los objetos, en este caso, sin contacto en la piel de la persona. La radiación emitida por los cuerpos es detectada por el sensor, mismo que transforma proporcionalmente la temperatura. Cuando el cuerpo presenta altas temperaturas, emite mayor radiación infrarroja.

Para el cálculo de la temperatura ( $T$ ) se aplica la siguiente fórmula [38]:

$$T[K] = Data * R \quad (2.4)$$

donde  $T[K]$  es temperatura en grados Kelvin,  $Data$  son los datos en bruto y  $R$  la resolución ( $0.02^{\circ}\text{C}$ )

### 2.7.1.3. Saturación de oxígeno en la sangre y Frecuencia Cardíaca

Este sensor determina la concentración de oxígeno presente en la sangre denominada  $SpO_2$  y ritmo cardíaco utilizando dos leds, uno infrarrojo con longitud de onda de 900nm y otro rojo de 600 nm.

Los leds se iluminan alternativamente durante un ancho de pulso establecido, la luz atraviesa la sangre del dedo o lóbulo de la oreja y es detectada a través de un fotodiodo, a esta se le realiza correcciones de desviación producidas por la luz y temperatura ambiental también por ruidos de baja frecuencia. La señal analógica es convertida a digital usando un ADC de 16 bits como se muestra en la figura 2.7.

La variación de luz detectada se debe a la concentración de oxígeno en la sangre ( $SpO_2$ ), de esta manera, cuando absorbe mayor luz infrarroja la sangre se encuentra oxigenada mientras que la sangre poco oxigenada absorbe mayor luz roja.

Existe un aumento de oxígeno cuando el corazón bombea sangre y una disminución cuando este se relaja. Conociendo el tiempo entre el aumento y disminución de oxígeno se determina la frecuencia cardíaca.

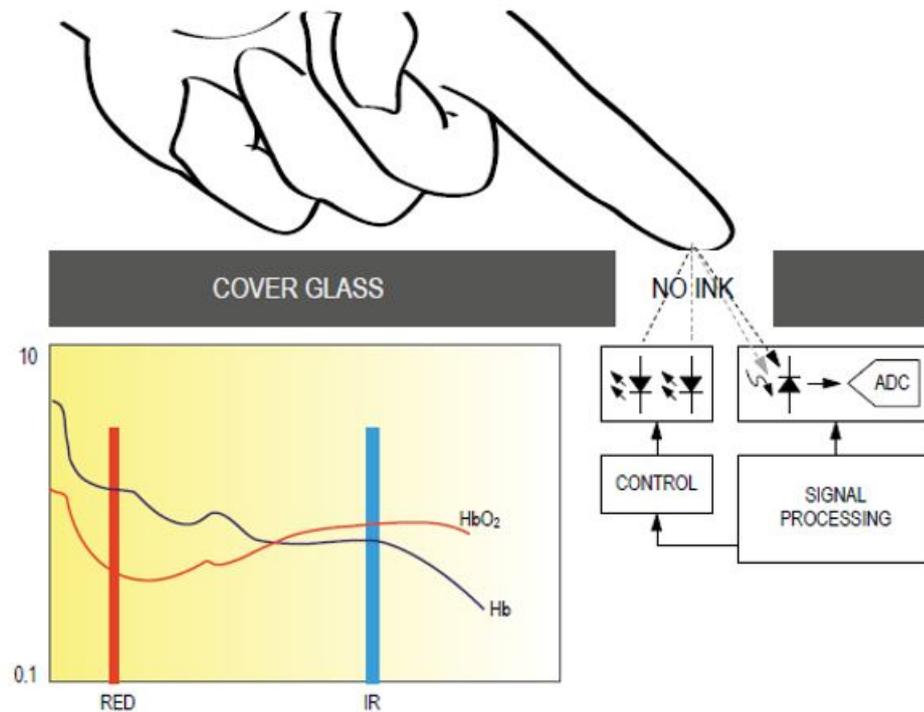


Figura 2.7: Funcionamiento del Sensor MAX30100[39]

### 2.7.2. Algoritmos de Programación

El sistema consta de cuatro modos de funcionamiento como se describe en la figura 2.8; para acceder a estos, se realiza a través de botones de selección o desde la interfaz gráfica diseñada.

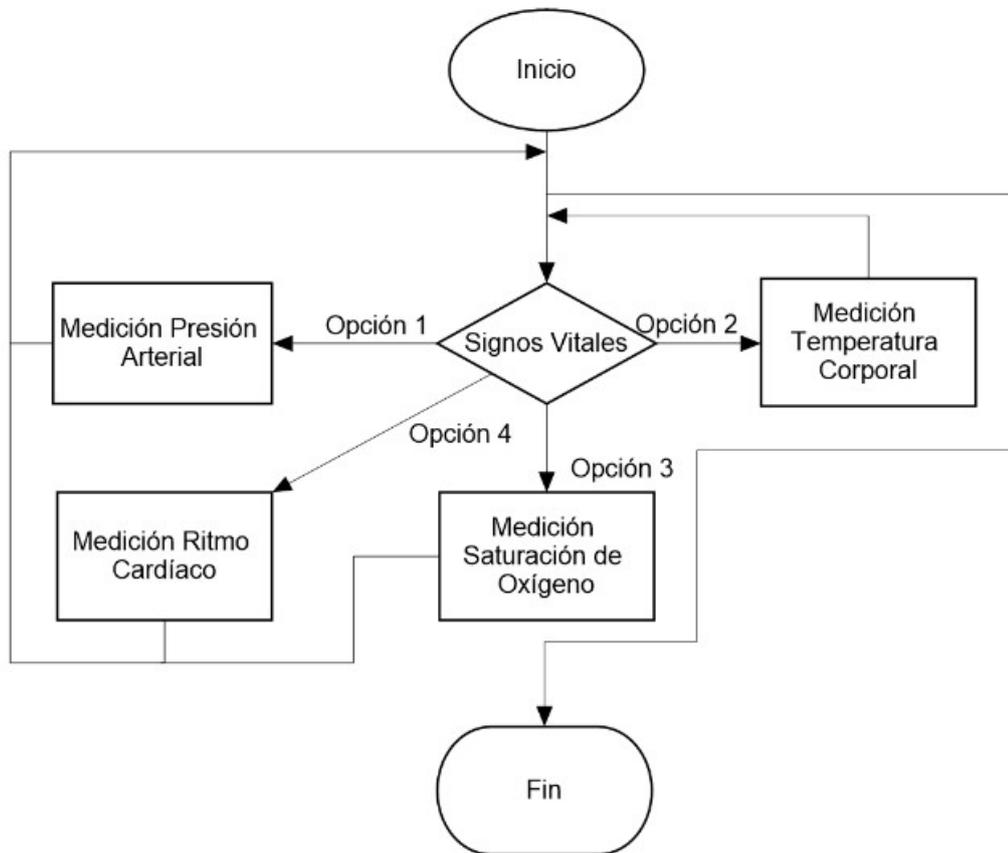


Figura 2.8: Diagrama de Flujo del Sistema [Autor]

### 2.7.2.1. Opción 1- Presión Arterial

El proceso como se muestra en la figura 2.9 inicia con el llenado de aire en el brazalete por medio de la bomba hasta llegar a 180mmHg para luego liberar el aire pausadamente a través de la válvula para adquirir los datos, con los que se realiza una comparación con los parámetros normales correspondientes a la presión en adultos mayores. Al determinar si los valores son normales, menores o mayores se procede al almacenamiento y visualización de ellos; cuando los datos son normales se enciende un led color verde, mientras que, cuando estos datos son mayores o menores se enciende un led rojo o amarillo, respectivamente.

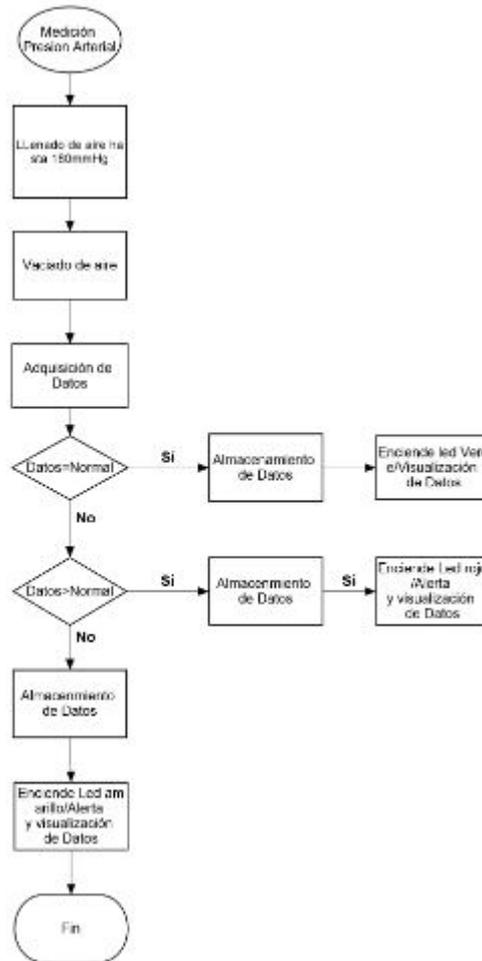


Figura 2.9: Opción 1- Presión Arterial [Autor]

### 2.7.2.2. Opción 2- Temperatura Corporal

Para la medición de este parámetro, se adquiere los datos leídos por el sensor; para posteriormente compararlos con los valores normales de la temperatura y mostrando los resultados en la pantalla. Si los valores son superiores o inferiores se alerta mediante un mensaje y cambio de colores de los leds como se describe en la figura 2.10.

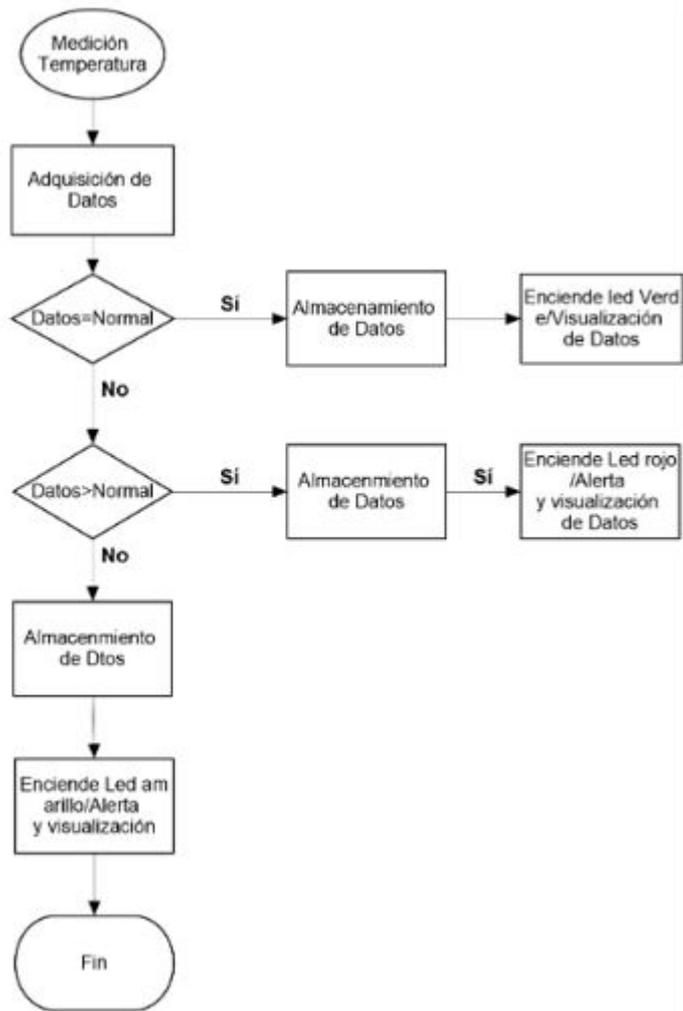


Figura 2.10: Opción 2- Temperatura Corporal [Autor]

### 2.7.2.3. Opción 3- Saturación de Oxígeno

El diagrama de la figura 2.11 muestra el proceso de adquisición de medición del parámetro con ayuda del sensor, se compara con los valores normales para luego visualizar si estos datos se encuentran dentro lo normal o caso contrario, recibir las respectivas alertas.

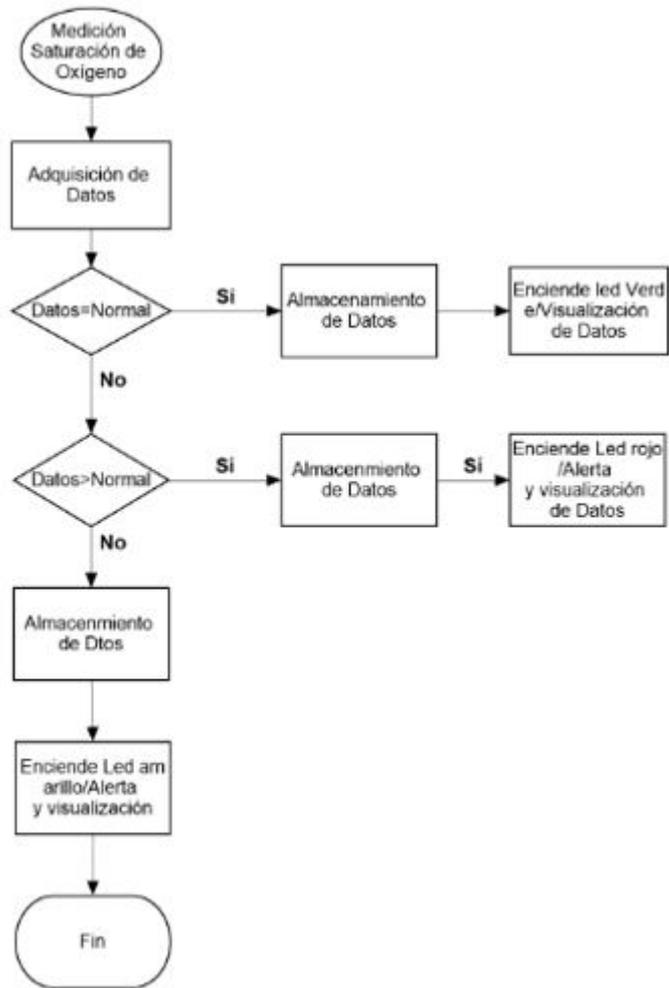


Figura 2.11: Opción 3- Saturación de Oxígeno [Autor]

#### 2.7.2.4. Opción 4- Ritmo Cardíaco

Se adquieren los datos para luego ser comparados con los rangos especificados y se visualiza en la pantalla y en la interfaz con su respectivo diagnóstico como se muestra en la figura 2.12.

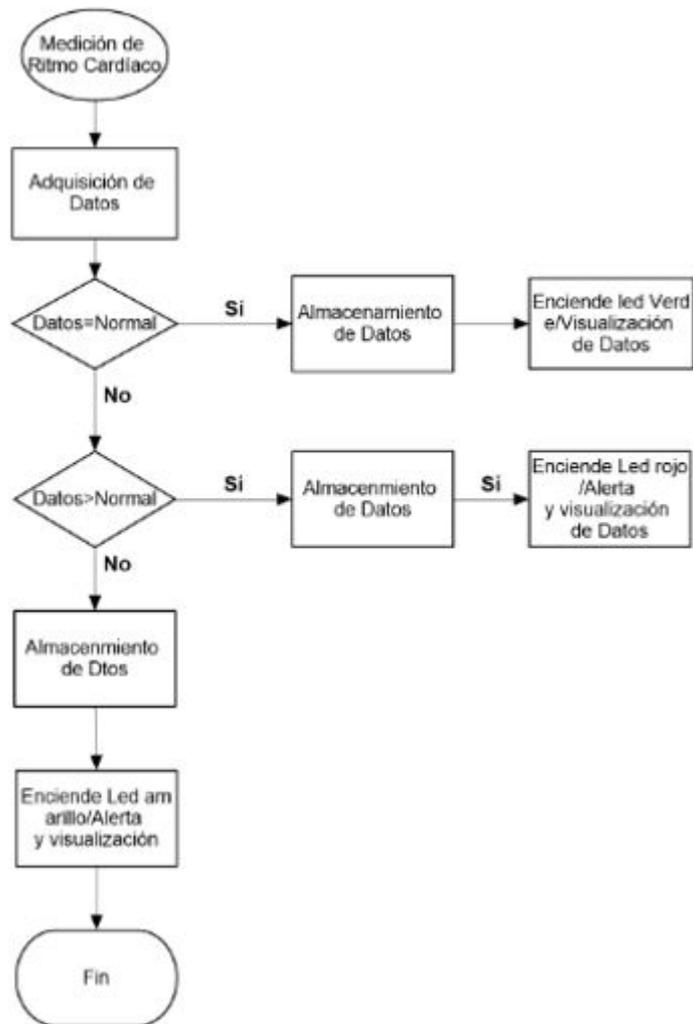


Figura 2.12: Opción 4- Ritmo Cardíaco [Autor]

### 2.7.3. Circuito de conexión del sistema

Se diseña la placa de conexión para implementar los diferentes componentes como se muestra en la figura 2.13 que son necesarios para permitir el funcionamiento del sistema. El circuito consta de la conexión del sensor Max30100 como en la figura 2.13A, conexión de los elementos en la Raspberry Pi de la figura 2.13B, leds indicadores como se observa en la figura 2.13C, conexión del sensor MLX90614 y MCP3008 en la figura 2.13D, 2.13E respectivamente; mientras

que, en las figuras 2.13F, 2.13G y 2.13H se detalla la conexión de la pantalla, sensor de presión MPX5050 y botones.

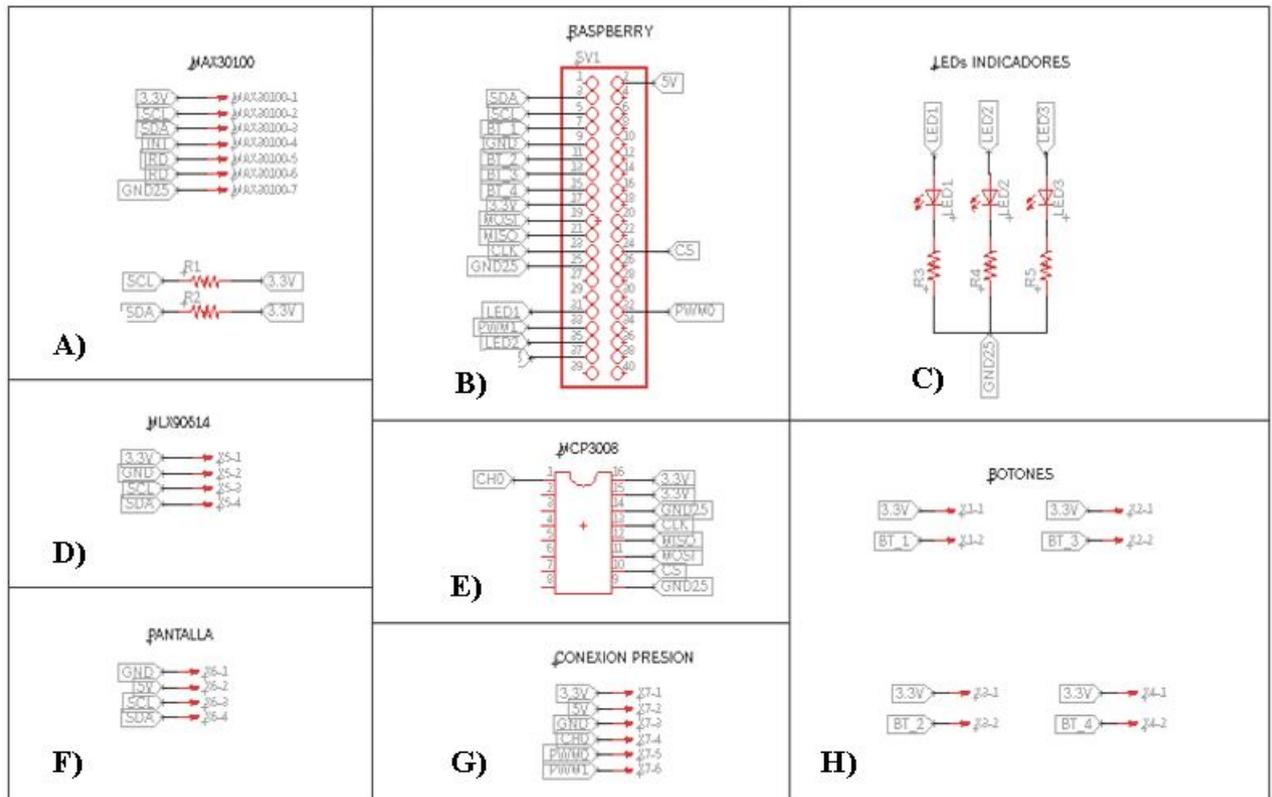


Figura 2.13: A) Conexión sensor MAX30100, B) Conexión a Raspberry Pi, C) Conexión Leds indicadores, D) Conexión sensor MLX90614, E) Conexión MCP3008, F) Conexión Pantalla Oled, G) Conexión sensor MPX5050, H) Conexión Botones [Autor]

## 2.7.4. Modelo 3D de la Estructura

Se diseñan las piezas que son parte de la carcasa, misma que protege al circuito del sistema. Esta consta de la parte superior como se muestra en la figura 2.14A y la parte inferior como se muestra en la figura 2.14B. Las piezas se obtienen a partir de la impresión 3D con el material PLA (Acido Poliláctico).

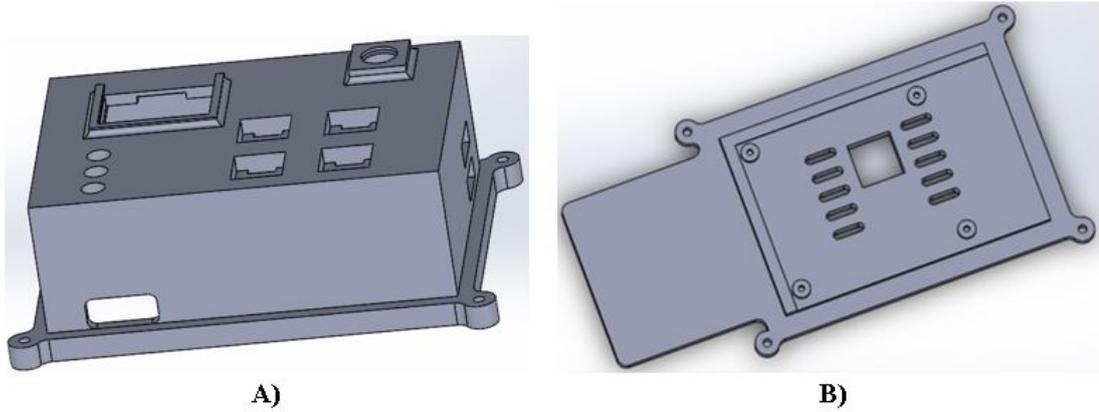


Figura 2.14: A)Vista superior, B)Vista inferior [Autor]

### 2.7.5. Interfaz Gráfica

La interfaz realizada en la placa Raspberry Pi 3B como se observa en la figura 2.15 permite la selección y visualización de los parámetros de los signos vitales: Presión Arterial, Temperatura Corporal, Saturación de Oxígeno y Frecuencia Cardíaca. Al igual que en el dispositivo físico, contiene elementos que indican las alertas mediante leds cuando los datos no se encuentran dentro de los valores considerados normales y emite un diagnóstico de posibles complicaciones. En la figura 2.15A se muestra el frame de la variable de presión, en la figura 2.15B el frame de la variable temperatura, en las figuras 2.15C y D el frame de la variable saturación de oxígeno y ritmo cardíaco respectivamente.

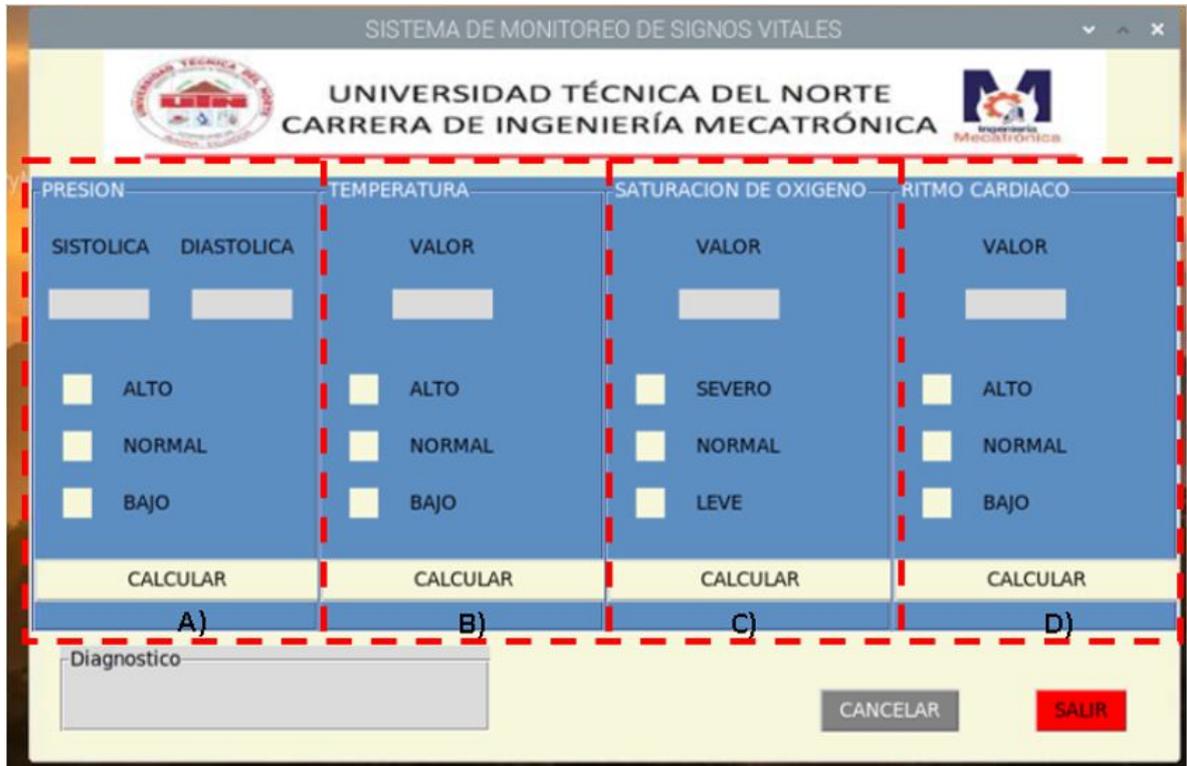


Figura 2.15: A)Opción Presión, B)Opción Temperatura, C)Opción Saturación de oxígeno, D)Opción Ritmo Cardíaco [Autor]

# Capítulo 3

## Construcción y Resultados

En este capítulo se presentan los circuitos para la integración del dispositivo y las pruebas realizadas a las personas de la tercera edad de cada uno de los parámetros.

### 3.1. Placa de conexión

En las figuras 3.1 y 3.2 se presenta la placa del circuito impreso (PCB) y para la conexión de los elementos del parámetro de la presión.

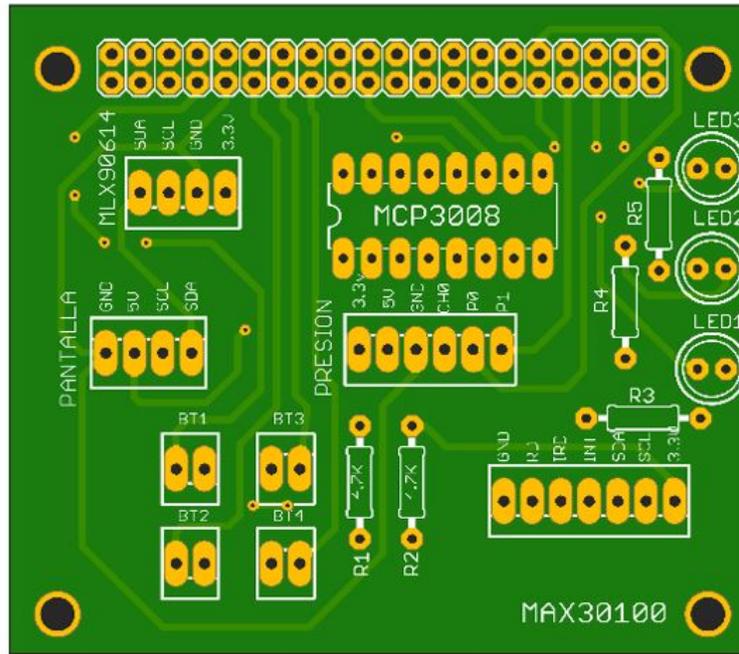


Figura 3.1: Placa PCB [Autor]

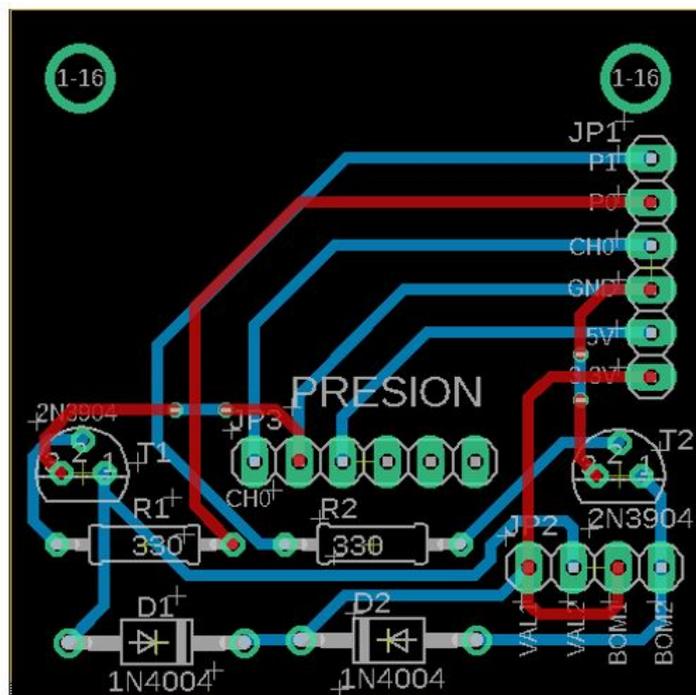


Figura 3.2: Circuito Presión [Autor]

## 3.2. Integración del Sistema

La figura 3.3 A detalla el modelo físico final en el cual se han adicionado todos los elementos electrónicos, software y componentes mecánicos. Siendo Raspberry Pi 3B la unidad central que comanda todo el sistema. En la figura 3.3 B se muestra la frase de inicio al encender el dispositivo y la conexión de los componentes en la figura 3.3 C y D.

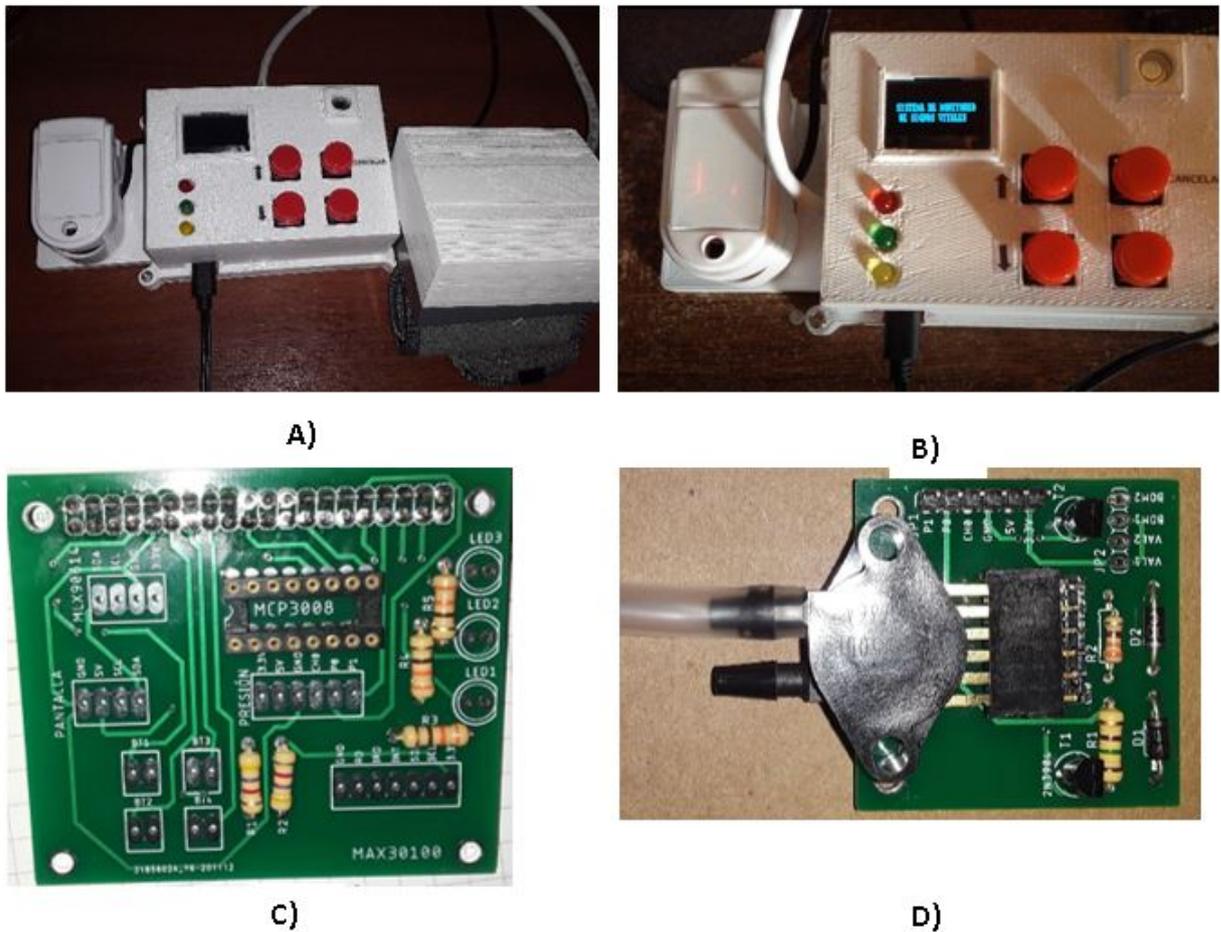


Figura 3.3: A) Sistema integrado, B) Funcionamiento del sistema, C) Placa de conexión del circuito, D) Placa de conexión del circuito de Presión

### 3.3. Pruebas de Funcionamiento y Análisis de Resultados

En las siguientes tablas se detallan los resultados de los ensayos de la medición de cuatro parámetros: Temperatura Corporal, Saturación de Oxígeno, Ritmo de Cardíaco y Presión Arterial realizados a cinco personas de la tercera edad, hombres y mujeres de edad desde 60 años en adelante para comprobar el correcto funcionamiento del sistema. En la tabla 3.1 se presentan los datos obtenidos y el porcentaje de error de la medición de la temperatura.

Tabla 3.1: Porcentaje de error de la medición de Temperatura Corporal [Autor]

<b>TEMPERATURA CORPORAL (°C)</b>					
<b>Pac.</b>	<b>Género</b>	<b>Edad</b>	<b>Sistema Mecatrónico</b>	<b>Otro</b>	<b>Error</b>
1	Femenino	76	35.52	35.7	0.51
2	Masculino	72	35.78	36.3	1.45
3	Femenino	69	36.62	36.3	0.87
4	Masculino	61	35.12	35	0.34
5	Masculino	75	36.24	36.1	0.39
<b>Total</b>					0.71

Al obtener los resultados 4 de 5 personas se encuentran en un estado normal, dentro de los rangos especificados y se enciende el led verde como se muestra en la figuras 3.4 A y 3.4 B , mientras que una persona presentó valores bajos de temperatura por lo que se visualiza el led amarillo y el diagnostico de una posible hipotermia como se observa en las figuras 3.4 C y 3.4 D.



A)



B)



C)



D)

Figura 3.4: Resultados de pruebas de Temperatura

En la siguiente tabla 3.2 se presentan los resultados obtenidos de las pruebas realizadas para obtener el nivel de Saturación de Oxígeno y el porcentaje de error.

Tabla 3.2: Porcentaje de error de la medición de Saturación de Oxígeno [Autor]

SATURACIÓN DE OXÍGENO (%)					
Pac.	Género	Edad	Sistema Mecatrónico	Otro	Error
1	Femenino	76	97	96	1.03
2	Masculino	72	96	95	1.04
3	Femenino	69	97	97	0.00
4	Masculino	61	92	91	1.09
5	Masculino	75	94	92	2.13
<b>Total</b>					1.06

Dos personas presentan un nivel bajo de oxígeno en la sangre debido a que presentan enfermedades, y se pudo comprobar con las mediciones realizadas con el sistema, este porcentaje puede representar una posible Hipoxia leve como se observa en la figuras 3.5 A y 3.5 B .



Figura 3.5: Resultados de pruebas de Saturación de Oxígeno

A continuación, en la tabla 3.3 se muestran los resultados de la medición de ritmo cardíaco.

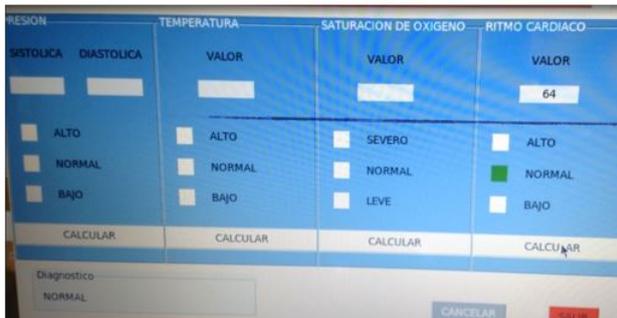
Tabla 3.3: Porcentaje de error de la medición de Ritmo Cardíaco [Autor]

RITMO CARDÍACO(lat/min)					
Pac.	Género	Edad	Sistema Mecatrónico	Otro	Error
1	Femenino	76	66	65	1.52
2	Masculino	72	87	87	0.00
3	Femenino	69	69	70	1.45
4	Masculino	61	73	73	0.00
5	Masculino	75	71	70	1.41
<b>Total</b>					0.88

Los valores obtenidos de las cinco personas se encuentran dentro de los rangos normales de 55 a 90 latido por minuto como se observa en la figuras 3.6 A y 3.6 B, es decir no presentan complicaciones.



A)



B)

Figura 3.6: Resultados de pruebas de Ritmo Cardíaco

Mediante los ensayos realizados para la obtención de la presión arterial se obtienen los datos presentados en la tabla 3.4.

Tabla 3.4: Porcentaje de error de la medición de la Presión Arterial [Autor]

PRESIÓN ARTERIAL(mmHg)								
Pac.	Género	Edad	Sistema Mecatrónico		Otro		Error	
			Sist.	Diast.	Sist.	Diast.	Sist.	Diast.
1	Femenino	76	114	82	115	83	0.88	1.22
2	Masculino	72	122	81	123	83	0.82	2.47
3	Femenino	69	122	73	118	71	3.28	2.74
4	Masculino	61	122	75	122	77	0.00	2.67
5	Masculino	75	128	69	127	71	0.79	2.9
<b>Total</b>							1.15	1.97

En la figura 3.7 A y B se puede observar que los resultados obtenidos de las cinco personas se encuentran con un diagnóstico normal y óptimo por lo que se enciende el led verde.

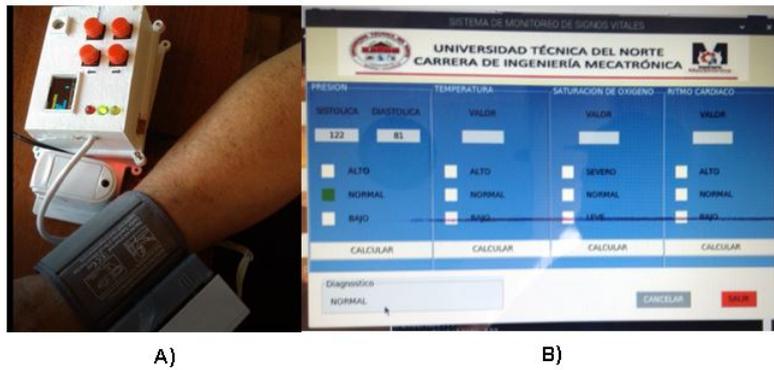


Figura 3.7: Resultados de pruebas de la Presión Arterial

### 3.4. Análisis Financiero

En la tabla 3.5 se detalla la estimación de costos para la construcción del sistema, los materiales son: sensores, elementos electrónicos, impresión 3D realizada con la impresora perteneciente a la carrera de Mecatrónica, placas, licencia Académica SolidWorks perteneciente a la Universidad Técnica del Norte.

Tabla 3.5: Costos del Sistema

Detalle	Costo
Elementos electrónicos y placas	\$ 40
Tarjeta Raspberry Pi 3B+	\$ 80
Sensores de presión, temperatura, SpO2 y ritmo cardíaco	\$ 70
Impresión 3D y material PLA	\$0
Licencia Académica SolidWorks	\$ 0
Total	\$ 190

No se puede presentar un precio comercial del sistema ya que el dispositivo se encuentra en la etapa de prototipado.

# Capítulo 4

## Conclusiones y recomendaciones

A continuación, se muestran las conclusiones del trabajo desarrollado y recomendaciones que contribuyen a la aplicación de proyectos similares.

### 4.1. Conclusiones

- El sistema mecatrónico desarrollado mide temperatura corporal, saturación de oxígeno, ritmo cardíaco y presión arterial para controlar posibles complicaciones y enfermedades en personas de la tercera edad.
- Con base a las pruebas efectuadas en personas de la tercera edad se determina que el diseño del circuito electrónico (adquisición de datos, procesamiento y visualización) cumple con los requerimientos propuestos en el inicio del estudio. Además, para la lectura de los signos vitales se utilizan sensores no invasivos.
- Al realizar las mediciones se observa al mismo tiempo en la interfaz y en la pantalla oled los datos obtenidos de cada persona, si existen valores fuera de los límites se generan alarmas que se visualizan en el dispositivo mediante indicadores (diodos led).
- Se concluye, que el sistema es capaz de medir los signos vitales con un bajo porcentaje de error respecto a los dispositivos comerciales. En el caso de la temperatura corporal existe

el 0.71 % de error promedio, para la saturación de oxígeno el 1.06 %, ritmo cardíaco el 0.88 % y la presión arterial de 1.15 % en la sistólica y 1.97 % en la diastólica.

## **4.2. Recomendaciones**

- Se recomienda comprobar la conexión de los componentes del sistema.
- Para la obtención de los datos correctos es necesario que las personas se encuentren en reposo, ya que los sensores son muy sensibles.
- La estructura del dispositivo debe ser diseñado con un material antialérgico.
- Para evitar daños en el dispositivo el sistema debe ser apagado correctamente.

## **4.3. Trabajo futuro**

Investigar sobre los requerimientos necesarios para que el sistema pueda ser de uso hospitalario. Implementar una base de datos, comunicación con la nube para almacenar un historial clínico de cada paciente. Obtener información acerca de sensores que se puedan aplicar para la medición de parámetros adicionales que contribuyan al control las enfermedades del paciente.

# Bibliografía

- [1] W. Freire y W. Waters, «Condiciones de Salud en los Adultos Mayores en el Ecuador: Desafíos Presentes y Futuros,» p. 1, 2012.
- [2] «Condiciones de Salud en los Adultos Mayores en el Ecuador: Desafíos Presentes y Futuros,» INEC, 2009.
- [3] «Registro Estadístico de Nacidos vivos y Defunciones,» INEC, 2016.
- [4] Gobierno de la República del Ecuador, «CoronavirusEcuador,» [En línea]. Available: <https://www.coronavirusecuador.com/estadisticas-covid-19/>. [Último acceso: 2020]
- [5] «INREDH,» 23 Julio 2020. [En línea]. Available: <https://www.inredh.org/index.php/noticias-inredh/actualidad/1494-ecuador-personas-de-la-tercera-edad-frente-al-covid-19>. [Último acceso: 2020].
- [6] OMS, «Organización Mundial de la Salud,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.who.int/topics/hypertension/es/>.
- [7] OMS, «Organización Mundial de la Salud,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.who.int/topics/cerebrovascular \accident/es/>.
- [8] Ministerio de Salud Pública, «Enfermedades Cerebrovasculares,» La Habana, 2007.
- [9] «Texas Heart Institute,» [En línea]. Available: <https://www.texasheart.org/heart-health/heart-information-center/topics/isquemia-silenciosa/>.

- [10] OMS, «Organización Mundial de la Salud,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/diabetes>.
- [11] «Seguros Médicos Bupa,» 1947. [En línea]. Available: <https://www.bupasalud.com.ec/salud/coronavirus>.
- [12] Gobierno USA, «Instituto Nacional del Cáncer,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionario/def/enfermedad-por-coronavirus-de-2019>.
- [13] OMS, «Organización Mundial de la Salud,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.who.int/topics/hypertension/es/>
- [14] ADAM Health Solutions, «MedlinePlus,» 2020. [En línea]. Available: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/000468.htm>.
- [15] R. Gazitúa, «Manual de Semiología,» Septiembre 2007. [En línea]. Available: <http://publicacionesmedicina.uc.cl/ManualSemiologia/210PresionArterial.htm>
- [16] A. Durán, «Módulo Signos Vitales,» Mar del Plata, 2017.
- [17] P. Gil, D. Filella, R. López, I. Lozano, D. Ruiz y C. Terán, «Guía de buena práctica clínica en Geriatría- Hipertensión en el Anciano,» Sociedad Española de Geriatría y Gerontología, 2012. [En línea]. Available: <https://www.segg.es/media/descargas/Acreditacion%20de%20Calidad%20SEGG/Residencias/GBPC> [Último acceso: 2020].
- [18] V. Heyward, «Procedimientos para evaluar la Presión Arterial, la Frecuencia Cardíaca y el Electrocardiograma,» de Evaluación de la Aptitud Física y Prescripción del Ejercicio, Madrid, Médica Panamericana S.A, 2008, p. 23.
- [19] P. Morillas, «Cómo Medir la Tensión Correctamente,» Fundación Española del Corazón.

- [20] L. Pacheco, «Departamento de Fisiología Universidad de Costa Rica,» 2007. [En línea]. Available: <http://163.178.103.176/Fisiologia/cardiovascular/pracb \1/a1 \15 \5.jpg>.
- [21] «EdicalExpo,» VirtualExpo Group, 2020. [En línea]. Available: <http://guide.medicaexpo.com/es/que-tensiometro-elegir/>.
- [22] A. Valle, «Frecuencia Cardiaca,» Fundación Española del Corazón.
- [23] «Pulsaciones normales en ancianos: Cómo bajarlas o subirlas,» Válida sin Barreras.
- [24] M. Ledesma, «Necesidad de Termoregulación,» de Fundamentos de Enfermería, México, Limusa, 2004, p. 275.
- [25] M. Eckman, Enfermería Geriátrica, México: El Manual Moderno S.A, 2012, p. 62.
- [26] American Thoracic Society, «Oximetría de pulso,» Pulmonary Critical Care Sleep, vol. 184, 2011.
- [27] Hipoxia, «Saturación de oxígeno,» [En línea]. Available: <https://www.hipoxias.org/saturacion-oxigeno/>.
- [28] M. Ferreira, «Valoración de signos vitales: 24TES,» 6 Octubre 2015. [En línea]. Available: <http://24tes.blogspot.com/2015/10/valoracion-de-signos-vitales.html>.
- [29] O. J y A. Gómez, «Integración de dispositivos biomédicos en sistemas de teleasistencia,» CESGA, 2007.
- [30] A. Calderón, «Matriz de selección,» cenincal, 11 Octubre 2017. [En línea]. Available: <https://cenincal.com/matriz-de-seleccion/>. [Último acceso: noviembre 2020]
- [31] Raspberrypi, «Raspberrypi Pi 3 Model B,» [En línea]. Available: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberrypi-pi-3-model-b-plus/?resellerType=home>.
- [32] Raspberrypi, «Raspberrypi Pi3 Model B+» [En línea]. Available: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberrypi-pi-3-model-b-plus/?resellerType=home>.

- [33] Electrónica CDMX, «Display Lcd Oled Azul 128x64 1.3 Pulgadas SH1106 I2C,» 2016-2020. [En línea]. Available: <https://cdmxelectronica.com/producto/display-oled-sh1106-i2c-display-lcd-oled-azul-128x64-1-3-pulgadas/>. [Último acceso: 2020].
- [34] Vishay, «OLED-128O064D-BPP3N00000,» 1 Enero 2019 [En línea]. Available: <https://www.vishay.com/docs/37902/oled128o064dbpp3n00000.pdf>.
- [35] Cytron Technologies, «MCP3008 Convertidor de analógico a digital,» 2004-2020. [En línea]. Available: <https://www.cytron.io/p-mcp3008-analogue-to-digital-converter>. [Último acceso: 2020].
- [36] Microchip Technology Inc, «MCP3004/3008,» 2007. [En línea]. Available: <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/MCP3008.pdf>. [Último acceso: 2020].
- [37] Motorola, «Integrated Silicon Pressure Sensor On-Chip Signal Conditioned, Temperature Compensated and Calibrated,» Freescale Semiconductor, Inc.
- [38] Microelectronic Integrated Systems Melexis, «MLX6014 family,» Septiembre 2006. [En línea]. Available: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/218977/ETC2/MLX90614.html>. [Último acceso: 2020].
- [39] Maxim Integrated Products, Inc, «MAX30100 Pulse Oximeter and Heart-Rate Sensor IC for Wearable Health,» 2014. [En línea]. Available: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX30100.pdf>. [Último acceso: 2020].

## **Anexos**

### **Anexo 1**

#### **Manual de Usuario**

- **Nombre:** Sistema Mecatrónico para la Medición de Signos Vitales enfocado al Control de Enfermedades en Personas de la Tercera Edad.
- **Versión del Sistema:** 1
- **Fecha de elaboración:** 4/12/2020

#### **Propósito**

El manual tiene como propósito ser una guía para la operación del Sistema Mecatrónico para la Medición de Signos Vitales; permitiendo a las personas adquirir el conocimiento necesario del manejo adecuado del sistema.

#### **Conocimientos Básicos**

Manejo del computador e interfaz.

#### **Introducción**

El Sistema mecatrónico para la medición de signos vitales enfocado al control de enfermedades en personas de la tercera edad se desarrolló con el objetivo de adquirir datos de la temperatura corporal, frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno y presión arterial.

El funcionamiento consiste en analizar los datos obtenidos de cada parámetro y comparar con los rangos normales de cada uno de ellos. Asimismo, permite visualizar los resultados y un diagnóstico.

## Desarrollo del Manual de Usuario

### Interfaz Gráfica

SISTEMA DE MONITOREO DE SIGNOS VITALES

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

PRESION		TEMPERATURA	SATURACION DE OXIGENO	RITMO CARDIACO
SISTOLICA	DIASTOLICA	VALOR	VALOR	VALOR
<input type="text"/>				
<input type="checkbox"/> ALTO	<input type="checkbox"/> ALTO	<input type="checkbox"/> ALTO	<input type="checkbox"/> SEVERO	<input type="checkbox"/> ALTO
<input type="checkbox"/> NORMAL				
<input type="checkbox"/> BAJO	<input type="checkbox"/> BAJO	<input type="checkbox"/> BAJO	<input type="checkbox"/> LEVE	<input type="checkbox"/> BAJO
CALCULAR		CALCULAR	CALCULAR	CALCULAR

Diagnostico

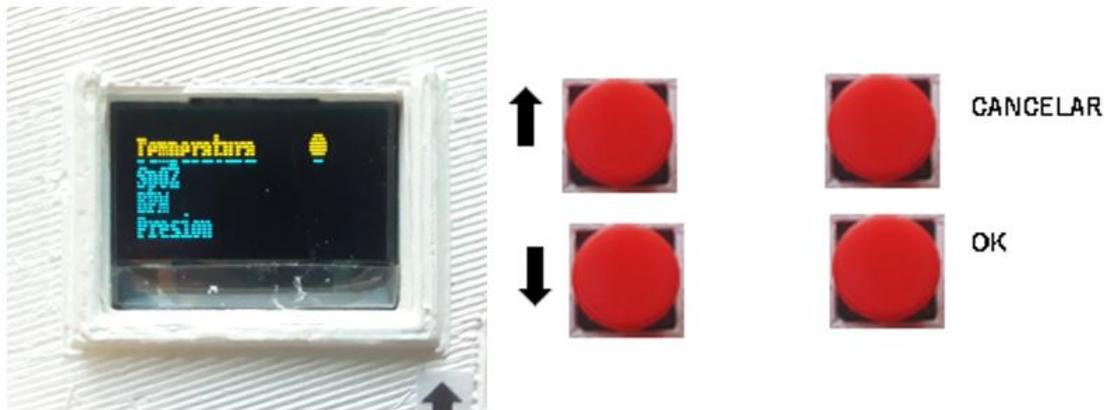
CANCELAR SALIR

Esta pantalla permite la selección del parámetro que se requiera medir mediante el botón “CALCULAR” que se encuentra en cada signo vital permitiendo ingresar al proceso, esperar hasta que se puedan visualizar los datos.

El botón “CANCELAR” limpia la pantalla de visualización de datos de cada parámetro y detiene el proceso de medición del signo vital.

## Dispositivo

Al igual que en la interfaz gráfica se puede seleccionar el parámetro a medir a través de los botones:



Con los botones se puede subir y bajar el cursor que se observa en la pantalla del dispositivo para seleccionar la temperatura, Saturación de Oxígeno, ritmo Cardíaco o presión arterial. El botón “OK” permite entrar al proceso de medición el signo vital en el que se encuentra el cursor.

El botón “CANCELAR” realiza la misma función del botón de la interfaz, detiene el proceso de medición del signo vital que se encuentre en proceso.

Los datos se presentan tanto en la interfaz como en la pantalla del dispositivo.

## Apagar Sistema

El botón “SALIR” en la interfaz gráfica, apaga el Sistema de forma segura.

## **Importante**

Los sensores son muy sensibles por lo que el paciente se debe encontrar en postura de reposo.

El sistema no debe estar expuesto al agua u otra sustancia.

## Anexo 2

### Código del Software

#### Anexo 4.1: Script realizado en Python

---

```
#Importacion de Librerias
from Tkinter import *
from PIL import ImageTk, Image
from PIL import Image
from PIL import ImageDraw
from PIL import ImageFont
from time import sleep
import Adafruit_GPIO.SPI as SPI
import Adafruit_SSD1306
import Adafruit_MCP3008 as MCP
import time, datetime
import prueba_tem as mlx90614
import serial
import RPi.GPIO as GPIO
import time
import os, sys

##Variables menu
ok=0
puntero=0

##Variables antirebote
pres_up=0
pres_down=0
pres_ok=0
pres_cancel=0

#####
#Crear ventana root
root=Tk()
root.geometry("800x500+50+5")
root.resizable(False, False)
root.title("SISTEMA DE MONITOREO DE SIGNOS VITALES")
```

```

root['background']='beige'
#####
#--Variables de interfaz
#Definir variables
presion_sis=StringVar()
presion_dia=StringVar()
temp=StringVar()
sat=StringVar()
frec_car=StringVar()
mensaje=StringVar()
#Definir variables en blanco
presion_sis.set(" ")
presion_dia.set(" ")
temp.set(" ")
sat.set(" ")
frec_car.set(" ")
mensaje.set(" ")

#####
#Definir leds
led1_amari=26 #amarillo
led2_verde=19 #verde
led3_rojo=6 #rojo

GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setwarnings(False)
GPIO.setup(led1_amari,GPIO.OUT)
GPIO.setup(led2_verde,GPIO.OUT)
GPIO.setup(led3_rojo,GPIO.OUT)

#####
#Configuracion Botones
boton_up=17
boton_down=4
boton_ok=27
boton_cancel=22

#Configuracion pines
GPIO.setup(boton_up, GPIO.IN,pull_up_down=GPIO.PUD.DOWN)
GPIO.setup(boton_down, GPIO.IN,pull_up_down=GPIO.PUD.DOWN)
GPIO.setup(boton_ok, GPIO.IN,pull_up_down=GPIO.PUD.DOWN)
GPIO.setup(boton_cancel, GPIO.IN,pull_up_down=GPIO.PUD.DOWN)

```

```

#####
#CONFIGURACION OLED

RST=24
disp=Adafruit_SSD1306.SSD1306_128_32(rst=RST)
disp.begin()
disp.clear()
disp.display()
width=disp.width
height=disp.height
image=Image.new('1',(width,height))
draw=ImageDraw.Draw(image)
font=ImageFont.load_default()
bottom=height
draw.rectangle((0,0,width,height),outline=0,fill=0)

#imprimir texto
draw.text((0+4,0+8), "SISTEMA DE MONITOREO",font=font,fill=255)
draw.text((0+8,0+16), "DE SIGNOS VITALES",font=font,fill=255)
print "SISTEMA DE MONITOREO \n DE SIGNOS VITALES"
disp.image(image)
disp.display()
time.sleep(5)
disp.clear()
disp.display()
#####
#Configuracion Menu
def pantalla():

    draw.text((0,0), 'Temperatura',font=font,fill=255)
    draw.text((0,7), 'SpO2',font=font,fill=255)
    draw.text((0,14), 'BPM',font=font,fill=255)
    draw.text((0,21), 'Presion',font=font,fill=255)
def puntero_dinam(valor):
    draw.ellipse((96,valor+2,104,valor+8),outline=255,fill=1)
    disp.display()
#####
#Programa Principal
puntero_pix=7

def main_program():
    try:
        global ok

```

```

global puntero
draw.rectangle((0,0,width,height),outline=0,fill=0)
if(ok==0):
    pantalla()
    puntero_dinam(puntero)
    disp.image(image)
    disp.display()

if(GPIO.input(boton_up)==GPIO.HIGH):
    pres_up=1
    time.sleep(0.4)
    if(GPIO.input(boton_up)==GPIO.LOW and (pres_up==1)and(ok==0)):
        puntero -= puntero_pix
        print "UP"
        pres_up=0
if (GPIO.input(boton_down)==GPIO.HIGH):
    pres_down=1
    time.sleep(0.4)
    if(GPIO.input(boton_down)==GPIO.LOW and (pres_down==1)and(ok==0)):
        puntero += puntero_pix
        print "DOWN"
        pres_down=0
if (GPIO.input(boton_ok)==GPIO.HIGH):
    pres_down=0
if (GPIO.input(boton_ok)==GPIO.HIGH):
    pres_ok=1
    time.sleep(0.4)
    if(GPIO.input(boton_ok)==GPIO.LOW and (pres_ok==1)):
        ok=1
        print "OK"
        pres_ok=0
if (GPIO.input(boton_cancel)==GPIO.HIGH):
    pres_cancel=1
    time.sleep(0.4)
    if(GPIO.input(boton_cancel)==GPIO.LOW and (pres_cancel==1)):
        ok=0
        print "Cancel"
        pres_cancel=0
        cancel()
if(puntero >=21):
    puntero=21
if(puntero <=0):
    puntero=0

```

```

        if(ok==1 and puntero==0):
            temperatura()
        if(ok==1 and puntero==7):
            saturacion()
        if(ok==1 and puntero==14):
            frecuencia()
        if(ok==1 and puntero==21):
            presion_completa()
        root.after(100,main_program)
    except IOError:
        print ("Conecte pantalla")
#####
#--Temperatura
s_temp= mlx90614.MLX90614()
num_datos=0
def ok_temp():
    limpiar()
    global ok
    global puntero
    puntero=0
    ok=1
def temperatura():
    try:
        global ok
        global num_datos
        print ("TEMPERATURA")
        mensaje.set(" ")
        temp_f=s_temp.get_obj_temp()
        if(temp_f>30):
            num_datos+=1
            print (temp_f)
            temp.set(str(temp_f)+" C")
            if(temp_f>=38.0):
                print ("POSIBLE HIPERTERMIA")
                mensaje.set("POSIBLE HIPERTERMIA")
                lb_ledtemp_verde=Label(frame_temp ,bg='beige')
                lb_ledtemp_rojo=Label(frame_temp ,bg='red')
                lb_ledtemp_amar=Label(frame_temp ,bg='beige')
                lb_ledtemp_rojo.place(x=20,y=120,width=20)
                lb_ledtemp_verde.place(x=20,y=160,width=20)
                lb_ledtemp_amar.place(x=20,y=200,width=20)
                GPIO.output(led1_amari ,GPIO.LOW)
                GPIO.output(led2_verde ,GPIO.LOW)

```

```

GPIO.output(led3_rojo ,GPIO.HIGH)

if(temp_f>37.0 and temp_f<38.0):
    print ("FIEBRE")
    mensaje.set("FIEBRE")
    lb_ledtemp_verde=Label(frame_temp ,bg='beige')
    lb_ledtemp_rojo=Label(frame_temp ,bg='red')
    lb_ledtemp_amar=Label(frame_temp ,bg='beige')
    lb_ledtemp_rojo.place(x=20,y=120,width=20)
    lb_ledtemp_verde.place(x=20,y=160,width=20)
    lb_ledtemp_amar.place(x=20,y=200,width=20)
    GPIO.output(led1_amari ,GPIO.LOW)
    GPIO.output(led2_verde ,GPIO.LOW)
    GPIO.output(led3_rojo ,GPIO.HIGH)

if(temp_f>=35.5 and temp_f<=37.0):
    print ("NORMAL")
    mensaje.set("NORMAL")
    lb_ledtemp_verde=Label(frame_temp ,bg='green')
    lb_ledtemp_rojo=Label(frame_temp ,bg='beige')
    lb_ledtemp_amar=Label(frame_temp ,bg='beige')
    lb_ledtemp_rojo.place(x=20,y=120,width=20)
    lb_ledtemp_verde.place(x=20,y=160,width=20)
    lb_ledtemp_amar.place(x=20,y=200,width=20)
    GPIO.output(led1_amari ,GPIO.LOW)
    GPIO.output(led2_verde ,GPIO.HIGH)
    GPIO.output(led3_rojo ,GPIO.LOW)

if(temp_f<35.5):
    print ("POSIBLE HIPOTERMIA")
    mensaje.set("POSIBLE HIPOTERMIA")
    lb_ledtemp_verde=Label(frame_temp ,bg='beige')
    lb_ledtemp_rojo=Label(frame_temp ,bg='beige')
    lb_ledtemp_amar=Label(frame_temp ,bg='yellow')
    lb_ledtemp_rojo.place(x=20,y=120,width=20)
    lb_ledtemp_verde.place(x=20,y=160,width=20)
    lb_ledtemp_amar.place(x=20,y=200,width=20)
    GPIO.output(led1_amari ,GPIO.HIGH)
    GPIO.output(led2_verde ,GPIO.LOW)
    GPIO.output(led3_rojo ,GPIO.LOW)

#Pantalla Oled
time.sleep(1)
draw.rectangle((0,0,width,height),outline=0,fill=0)

```

```

        draw . text ((0,0) ,"Temperatura :",font=font , fill=255)
        draw . text ((40,14) ,str (temp_f)+" 'C",font=font , fill=255)
        disp . image (image)
        disp . display ()
        if (num_datos >=15):
            ok=0
            num_datos=0
    else :
        time . sleep (2)
        #Pantalla Oled
        draw . rectangle ((0,0 , width , height) , outline=0, fill=0)
        draw . text ((0,0) ,"Temperatura :",font=font , fill=255)
        draw . text ((40,14) ,"----",font=font , fill=255)
        draw . text ((40,14) ,str (temp_f)+" 'C",font=font , fill=255)
        disp . image (image)
        disp . display ()
        limpiar ()
    except IOError:
        print ("Conecte sensor de Temperatura")

#####
#--Saturacion
#Definir variables
USB='/dev/ttyACM0'
UART='/dev/ttyS0'
ser=serial . Serial (USB,9600)
def ok_sat () :
    limpiar ()
    global ok
    global puntero
    ok=1
    puntero=7
def saturacion () :
    try :
        print "SATURACION"
        mensaje . set (" ")
        comando=ser . readline ()
        campos=comando . split (';')
        spo2_str=campos [1]
        sat . set (spo2_str)
        spo2=int (spo2_str)
        #Pantalla Oled
        draw . rectangle ((0,0 , width , height) , outline=0, fill=0)

```

```

draw . text ((0,0) ,"SpO2 :", font=font , fill=255)
draw . text ((40,14) , spo2_str+" %", font=font , fill=255)
disp . image(image)
disp . display ()
print (spo2)
if (spo2<86):
    print "Hipoxia Severa"
    mensaje . set("Posible Hipoxia Severa")
    lb_ledsat_verde=Label(frame_sat ,bg='beige')
    lb_ledsat_rojo=Label(frame_sat ,bg='red')
    lb_ledsat_amar=Label(frame_sat ,bg='beige')
    lb_ledsat_rojo . place(x=20,y=120,width=20)
    lb_ledsat_verde . place(x=20,y=160,width=20)
    lb_ledsat_amar . place(x=20,y=200,width=20)
    GPIO . output(led1_amar ,GPIO.LOW)
    GPIO . output(led2_verde ,GPIO.LOW)
    GPIO . output(led3_rojo ,GPIO.HIGH)

if (spo2>=86 and spo2<91):
    print "Hipoxia Moderada"
    mensaje . set("Posible Hipoxia Moderada")
    lb_ledsat_verde=Label(frame_sat ,bg='beige')
    lb_ledsat_rojo=Label(frame_sat ,bg='beige')
    lb_ledsat_amar=Label(frame_sat ,bg='yellow')
    lb_ledsat_rojo . place(x=20,y=120,width=20)
    lb_ledsat_verde . place(x=20,y=160,width=20)
    lb_ledsat_amar . place(x=20,y=200,width=20)
    GPIO . output(led1_amar ,GPIO.HIGH)
    GPIO . output(led2_verde ,GPIO.LOW)
    GPIO . output(led3_rojo ,GPIO.LOW)

if (spo2>=91 and spo2<95):
    print "Hipoxia Leve"
    mensaje . set("Posible Hipoxia Leve")
    lb_ledsat_verde=Label(frame_sat ,bg='beige')
    lb_ledsat_rojo=Label(frame_sat ,bg='beige')
    lb_ledsat_amar=Label(frame_sat ,bg='yellow')
    lb_ledsat_rojo . place(x=20,y=120,width=20)
    lb_ledsat_verde . place(x=20,y=160,width=20)
    lb_ledsat_amar . place(x=20,y=200,width=20)
    GPIO . output(led1_amar ,GPIO.HIGH)
    GPIO . output(led2_verde ,GPIO.LOW)
    GPIO . output(led3_rojo ,GPIO.LOW)

```

```

    if (spo2 >=95):
        print "Normal"
        mensaje.set("Normal")
        lb_ledsat_verde=Label(frame_sat ,bg='green')
        lb_ledsat_rojo=Label(frame_sat ,bg='beige')
        lb_ledsat_amar=Label(frame_sat ,bg='beige')
        lb_ledsat_rojo.place(x=20,y=120,width=20)
        lb_ledsat_verde.place(x=20,y=160,width=20)
        lb_ledsat_amar.place(x=20,y=200,width=20)
        GPIO.output(led1_amar,GPIO.LOW)
        GPIO.output(led2_verde,GPIO.HIGH)
        GPIO.output(led3_rojo,GPIO.LOW)

except IOError:
    print "Conecte sensor de Saturacion"
#####
#--Frecuencia Cardiaca
#Definir variables
def ok_frec():
    limpiar()
    global ok
    global puntero
    ok=1
    puntero=14
def frecuencia():
    try:
        print ("FRECUENCIA CARDIACA")
        mensaje.set(" ")
        comando=ser.readline()
        campos=comando.split(';')
        bpm_str=campos[0]
        frec_car.set(bpm_str)
        bpm=int(bpm_str)
        #Pantalla Oled
        draw.rectangle((0,0,width,height),outline=0,fill=0)
        draw.text((0,0),"BPM :",font=font,fill=255)
        draw.text((40,14),bpm_str,font=font,fill=255)
        disp.image(image)
        disp.display()
        print (bpm_str)
        if(bpm>90):
            print "POSIBLE TAQUICARDIA"

```

```

    mensaje.set("POSIBLE TAQUICARDIA")
    lb_ledrit_verde=Label(frame_rit ,bg='beige')
    lb_ledrit_rojo=Label(frame_rit ,bg='red')
    lb_ledrit_amar=Label(frame_rit ,bg='beige')
    lb_ledrit_rojo.place(x=20,y=120,width=20)
    lb_ledrit_verde.place(x=20,y=160,width=20)
    lb_ledrit_amar.place(x=20,y=200,width=20)
    GPIO.output(led1_amar ,GPIO.HIGH)
    GPIO.output(led2_verde ,GPIO.LOW)
    GPIO.output(led3_rojo ,GPIO.LOW)

if (bpm>=55 and bpm<=90):
    print "NORMAL"
    mensaje.set("NORMAL")
    lb_ledrit_verde=Label(frame_rit ,bg='green')
    lb_ledrit_rojo=Label(frame_rit ,bg='beige')
    lb_ledrit_amar=Label(frame_rit ,bg='beige')
    lb_ledrit_rojo.place(x=20,y=120,width=20)
    lb_ledrit_verde.place(x=20,y=160,width=20)
    lb_ledrit_amar.place(x=20,y=200,width=20)
    GPIO.output(led1_amar ,GPIO.LOW)
    GPIO.output(led2_verde ,GPIO.HIGH)
    GPIO.output(led3_rojo ,GPIO.LOW)

if (bpm<55):
    print "POSIBLE BRADICARDIA"
    mensaje.set("POSIBLE BRADICARDIA")
    lb_ledrit_verde=Label(frame_rit ,bg='beige')
    lb_ledrit_rojo=Label(frame_rit ,bg='beige')
    lb_ledrit_amar=Label(frame_rit ,bg='yellow')
    lb_ledrit_rojo.place(x=20,y=120,width=20)
    lb_ledrit_verde.place(x=20,y=160,width=20)
    lb_ledrit_amar.place(x=20,y=200,width=20)
    GPIO.output(led1_amar ,GPIO.LOW)
    GPIO.output(led2_verde ,GPIO.LOW)
    GPIO.output(led3_rojo ,GPIO.HIGH)

except IOError:
    print "Conecte sensor de Frecuencia Cardiaca"

#####
#-Presion
#Configuracion GPIO

```

```

bomba=12
valvula=13
GPIO.setup(bomba,GPIO.OUT)
GPIO.setup(valvula,GPIO.OUT)
bomba_pwm=GPIO.PWM(bomba,100)
valvula_pwm=GPIO.PWM(valvula,100)
bomba_pwm.start(0)
valvula_pwm.start(0)
# Variables
SPI_PORT=0
SPI_DEVICE=0
min=0.2
max=3.8
num=0.04
den=0.018
mmhg=7.50062
init_captura=True
descarga=False
# Variables para el calculo de presion
m_actual=0
m_anterior=0
pres_actual=0
pres_anterior=0
pres_dia=[]
pres_sis=[]
maximos=[]
# Configuracion MCP
mcp=MCP.MCP3008(spi=SPI.SpiDev(SPI_PORT,SPI_DEVICE))

def get_presion():
    lectura=mcp.read_adc(0)
    map=((lectura-41)*(max-min))/(789-41)
    mp=round((map+min),3)
    pres=(mp-num*5)/(den*5)
    if pres <= 0.0:
        # Conversion kPa a mmHg
        presion=0
    else:
        presion=pres*mmhg+1

    presion=int(presion)
    return presion

```

```

def ok_presion():
    limpiar()
    global ok
    global puntero
    global init_captura
    mensaje.set("      ")
    ok=1
    puntero=21
    init_captura=True

def presion_completa():
    try:
        global ok
        global init_captura
        global descarga
        global m_actual
        global m_anterior
        global pres_actual
        global pres_anterior
        global pres_dia
        global pres_sis
        global maximos
        print ("PRESION")
        if (init_captura==True):
            presure=get_presion()
            #Pantalla Oled
            draw.rectangle((0,0,width,height),outline=0,fill=0)
            draw.text((0,0),"Presion :",font=font,fill=255)
            draw.text((40,14),"-----",font=font,fill=255)
            disp.image(image)
            disp.display()
            if(descarga==False): print ("Presion= %s" %str(presure))
            if(presure <=10):
                print ("Inicio Llenado")
                bomba_pwm.ChangeDutyCycle(100)
                valvula_pwm.ChangeDutyCycle(100)
            if(presure >=168):
                print ("Empezando Descarga")
                time.sleep(1.5)
                descarga=True
            if(descarga==True):
                pres_anterior=pres_actual
                pres_actual=get_presion()

```

```

m_anterior=m_actual
m_actual=(pres_actual-pres_anterior)/2
if(m_actual!=0):
    if(m_anterior/m_actual<0 and m_anterior>m_actual):
        maximos.append(pres_actual)
        print ("maximo")
bomba_pwm.ChangeDutyCycle(100)
valvula_pwm.ChangeDutyCycle(0)
if(pressure <=40):
    print ("CALCULANDO...")
    valvula_pwm.ChangeDutyCycle(0)
    bomba_pwm.ChangeDutyCycle(0)
    for i in range(len(maximos)):
        if(maximos[i]<=140):
            pres_sis.append(maximos[i])
    for i in range(len(maximos)):
        if(maximos[i]>60):
            pres_dia.append(maximos[i])
    if (len(pres_dia)<1):
        pres_dia.append(71)
    p_sistolica=pres_sis[0]
    p_diastolica=pres_dia[-1]
    presion_dia.set(str(p_diastolica))
    presion_sis.set(str(p_sistolica))
    print ("Presion Sistolica= %s" %str(p_sistolica))
    print ("Presion Diastolica= %s" %str(p_diastolica))
    #Pantalla Oled
    draw.rectangle((0,0,width,height),outline=0,fill=0)
    draw.text((0,0),"Presion :",font=font,fill=255)
    draw.text((40,14),str(p_sistolica)+" / "+str(p_diastolica),font=
        font,fill=255)
    disp.image(image)
    disp.display()

if(p_sistolica <120 and p_diastolica <80):

    print "OPTIMA"
    mensaje.set("OPTIMA")
    lb_ledpres_verde=Label(frame_pres,bg='green')
    lb_ledpres_rojo=Label(frame_pres,bg='beige')
    lb_ledpres_amar=Label(frame_pres,bg='beige')
    lb_ledpres_rojo.place(x=20,y=120,width=20)
    lb_ledpres_verde.place(x=20,y=160,width=20)

```

```

lb_ledpres_amar . place (x=20,y=200,width=20)
GPIO. output (led1_amari ,GPIO.LOW)
GPIO. output (led2_verde ,GPIO.HIGH)
GPIO. output (led3_rojo ,GPIO.LOW)

if(p_sistolica >=120 and p_sistolica <130 and p_diastolica >=80 and
p_diastolica <85):

    print "NORMAL"
    mensaje . set ("NORMAL")
    lb_ledpres_verde=Label( frame_pres ,bg='green')
    lb_ledpres_rojo=Label( frame_pres ,bg='beige')
    lb_ledpres_amar=Label( frame_pres ,bg='beige')
    lb_ledpres_rojo . place (x=20,y=120,width=20)
    lb_ledpres_verde . place (x=20,y=160,width=20)
    lb_ledpres_amar . place (x=20,y=200,width=20)
    GPIO. output (led1_amari ,GPIO.LOW)
    GPIO. output (led2_verde ,GPIO.HIGH)
    GPIO. output (led3_rojo ,GPIO.LOW)

if(p_sistolica >=140 and p_diastolica >=90):

    print "ELEVADA"
    mensaje . set (" ELEVADA")
    lb_ledpres_verde=Label( frame_pres ,bg='beige')
    lb_ledpres_rojo=Label( frame_pres ,bg='red')
    lb_ledpres_amar=Label( frame_pres ,bg='beige')
    lb_ledpres_rojo . place (x=20,y=120,width=20)
    lb_ledpres_verde . place (x=20,y=160,width=20)
    lb_ledpres_amar . place (x=20,y=200,width=20)
    GPIO. output (led1_amari ,GPIO.LOW)
    GPIO. output (led2_verde ,GPIO.LOW)
    GPIO. output (led3_rojo ,GPIO.HIGH)

if(p_sistolica >=130 and p_sistolica <140 and p_diastolica >=85 and
p_diastolica <90):

    print "NORMAL ALTA"
    mensaje . set ("NORMAL ALTA")
    lb_ledpres_verde=Label( frame_pres ,bg='beige')
    lb_ledpres_rojo=Label( frame_pres ,bg='beige')
    lb_ledpres_amar=Label( frame_pres ,bg='yellow')

```

```

        lb_ledpres_rojo . place (x=20,y=120,width=20)
        lb_ledpres_verde . place (x=20,y=160,width=20)
        lb_ledpres_amar . place (x=20,y=200,width=20)
        GPIO . output (led1_amar ,GPIO .HIGH)
        GPIO . output (led2_verde ,GPIO .LOW)
        GPIO . output (led3_rojo ,GPIO .LOW)
        print ("Saliendo")
        ok=0
        descarga=False
        init_cultura=False
        time . sleep (0.2)

    except IOError:
        print ("Conecte sensor de presion")
#
#####

#Funcion CAncelar
def cancel():
    global ok
    ok=0
    limpiar()
#Limpiar Campos
def limpiar():
    presion_sis . set (" ")
    presion_dia . set (" ")
    temp . set (" ")
    sat . set (" ")
    frec_car . set (" ")
    mensaje . set (" ")

    GPIO . output (led1_amar ,GPIO .LOW)
    GPIO . output (led2_verde ,GPIO .LOW)
    GPIO . output (led3_rojo ,GPIO .LOW)
    #Limpiar indicadoress de interfaz
    ##### Temperatura
    lb_ledtemp_verde=Label (frame_temp ,bg='beige')
    lb_ledtemp_rojo=Label (frame_temp ,bg='beige')
    lb_ledtemp_amar=Label (frame_temp ,bg='beige')
    lb_ledtemp_rojo . place (x=20,y=120,width=20)
    lb_ledtemp_verde . place (x=20,y=160,width=20)
    lb_ledtemp_amar . place (x=20,y=200,width=20)
    ##### Saturacion

```

```

lb_ledsat_verde=Label(frame_sat ,bg='beige')
lb_ledsat_rojo=Label(frame_sat ,bg='beige')
lb_ledsat_amar=Label(frame_sat ,bg='beige')
lb_ledsat_rojo . place (x=20,y=120,width=20)
lb_ledsat_verde . place (x=20,y=160,width=20)
lb_ledsat_amar . place (x=20,y=200,width=20)
#####Ritmo Cardiac
lb_ledrit_verde=Label(frame_rit ,bg='beige')
lb_ledrit_rojo=Label(frame_rit ,bg='beige')
lb_ledrit_amar=Label(frame_rit ,bg='beige')
lb_ledrit_rojo . place (x=20,y=120,width=20)
lb_ledrit_verde . place (x=20,y=160,width=20)
lb_ledrit_amar . place (x=20,y=200,width=20)
#####Presion
lb_ledpres_verde=Label(frame_pres ,bg='beige')
lb_ledpres_rojo=Label(frame_pres ,bg='beige')
lb_ledpres_amar=Label(frame_pres ,bg='beige')
lb_ledpres_rojo . place (x=20,y=120,width=20)
lb_ledpres_verde . place (x=20,y=160,width=20)
lb_ledrit_amar . place (x=20,y=200,width=20)

#####
#Crear frame LOGO
frame_logo=Frame(root)
frame_logo . place (x=50,y=0,width=700,height=80)
frame_logo . config (bg="beige")
image_utn=ImageTk.PhotoImage(Image.open(r' label_utn.png'))
Lb_utn=Label(frame_logo ,image=image_utn)
Lb_utn . pack ()

#Crear frame presion
frame_pres=LabelFrame(root ,text="PRESION" ,fg="white")
frame_pres . place (x=0,y=90,width=200,height=320)
frame_pres ['background']=#5E8CC4'

lb_pres_sis=Label(frame_pres ,text="SISTOLICA" ,bg='#5E8CC4')
lb_pres_dia=Label(frame_pres ,text="DIASTOLICA" ,bg='#5E8CC4')
lb_pres_sis_val=Label(frame_pres ,textvariable=presion_sis ,fg='black')
lb_pres_dia_val=Label(frame_pres ,textvariable=presion_dia ,fg='black')
lb_ledpres_verde=Label(frame_pres ,bg='beige')
lb_ledpres_rojo=Label(frame_pres ,bg='beige')
lb_ledpres_amar=Label(frame_pres ,bg='beige')
lb_rojopres_text=Label(frame_pres ,text="ALTO" ,bg='#5E8CC4')

```

```

lb_verdepres_text=Label( frame_pres , text="NORMAL" ,bg='#5E8CC4' )
lb_amarpres_text=Label( frame_pres , text="BAJO" ,bg='#5E8CC4' )
lb_pres_sis . place (x=10,y=20)
lb_pres_dia . place (x=100,y=20)
lb_pres_sis_val . place (x=10,y=60, width=70)
lb_pres_dia_val . place (x=110,y=60, width=70)
lb_ledpres_rojo . place (x=20,y=120, width=20)
lb_ledpres_verde . place (x=20,y=160, width=20)
lb_ledpres_amar . place (x=20,y=200, width=20)
lb_rojopres_text . place (x=60,y=120)
lb_verdepres_text . place (x=60,y=160)
lb_amarpres_text . place (x=60,y=200)

Bt_presion=Button( frame_pres , text="CALCULAR" ,bg='beige' ,command=ok_presion )
Bt_presion . place (x=0,y=250, width=200, height=30)

#Crear frame temperatura
frame_temp=LabelFrame( root , text="TEMPERATURA" ,fg="white")
frame_temp . place (x=200,y=90, width=200, height=320)
frame_temp['background']='#5E8CC4'

lb_temp=Label( frame_temp , text="VALOR" ,bg='#5E8CC4' )
lb_temp_val=Label( frame_temp , textvariable=temp ,fg='black' )
lb_ledtemp_verde=Label( frame_temp ,bg='beige' )
lb_ledtemp_rojo=Label( frame_temp ,bg='beige' )
lb_ledtemp_amar=Label( frame_temp ,bg='beige' )
lb_rojotemp_text=Label( frame_temp , text="ALTO" ,bg='#5E8CC4' )
lb_verdetemp_text=Label( frame_temp , text="NORMAL" ,bg='#5E8CC4' )
lb_amartemp_text=Label( frame_temp , text="BAJO" ,bg='#5E8CC4' )
lb_temp . place (x=60,y=20)
lb_temp_val . place (x=50,y=60, width=70)
lb_ledtemp_rojo . place (x=20,y=120, width=20)
lb_ledtemp_verde . place (x=20,y=160, width=20)
lb_ledtemp_amar . place (x=20,y=200, width=20)
lb_rojotemp_text . place (x=60,y=120)
lb_verdetemp_text . place (x=60,y=160)
lb_amartemp_text . place (x=60,y=200)

#Crear botones
Bt_temp=Button( frame_temp , text="CALCULAR" ,bg='beige' ,command=ok_temp )
Bt_temp . place (x=0,y=250, width=200, height=30)

#Crear frame saturacion
frame_sat=LabelFrame( root , text="SATURACION DE OXIGENO" ,fg="white")

```

```

frame_sat.place(x=400,y=90,width=200,height=320)
frame_sat['background']='#5E8CC4'

lb_sat=Label(frame_sat,text="VALOR",bg='#5E8CC4')
lb_sat_val=Label(frame_sat,textvariable=sat,fg='black')
lb_ledsat_verde=Label(frame_sat,bg='beige')
lb_ledsat_rojo=Label(frame_sat,bg='beige')
lb_ledsat_amar=Label(frame_sat,bg='beige')
lb_rojosat_text=Label(frame_sat,text="SEVERO",bg='#5E8CC4')
lb_verdesat_text=Label(frame_sat,text="NORMAL",bg='#5E8CC4')
lb_amarsat_text=Label(frame_sat,text="LEVE",bg='#5E8CC4')
lb_sat.place(x=60,y=20)
lb_sat_val.place(x=50,y=60,width=70)
lb_ledsat_rojo.place(x=20,y=120,width=20)
lb_ledsat_verde.place(x=20,y=160,width=20)
lb_ledsat_amar.place(x=20,y=200,width=20)
lb_rojosat_text.place(x=60,y=120)
lb_verdesat_text.place(x=60,y=160)
lb_amarsat_text.place(x=60,y=200)

#Crear botones
Bt_sat=Button(frame_sat,text="CALCULAR",bg='beige',command=ok_sat)
Bt_sat.place(x=0,y=250,width=200,height=30)

#Crear frame ritmo cardiaco
frame_rit=LabelFrame(root,text="RITMO CARDIACO",fg="white")
frame_rit.place(x=600,y=90,width=200,height=320)
frame_rit['background']='#5E8CC4'

lb_rit=Label(frame_rit,text="VALOR",bg='#5E8CC4')
lb_rit_val=Label(frame_rit,textvariable=frec_car,fg='black')
lb_ledrit_verde=Label(frame_rit,bg='beige')
lb_ledrit_rojo=Label(frame_rit,bg='beige')
lb_ledrit_amar=Label(frame_rit,bg='beige')
lb_rojorit_text=Label(frame_rit,text="ALTO",bg='#5E8CC4')
lb_verderit_text=Label(frame_rit,text="NORMAL",bg='#5E8CC4')
lb_amarrit_text=Label(frame_rit,text="BAJO",bg='#5E8CC4')
lb_rit.place(x=60,y=20)
lb_rit_val.place(x=50,y=60,width=70)
lb_ledrit_rojo.place(x=20,y=120,width=20)
lb_ledrit_verde.place(x=20,y=160,width=20)
lb_ledrit_amar.place(x=20,y=200,width=20)
lb_rojorit_text.place(x=60,y=120)
lb_verderit_text.place(x=60,y=160)

```

```

lb_amarrit_text.place(x=60,y=200)
    #Crear botones
Bt_rit=Button(frame_rit ,text="CALCULAR",bg='beige',command=ok_frec)
Bt_rit.place(x=0,y=250,width=200,height=30)

Bt_total=Button(root ,text="CANCELAR",bg='gray',fg='white',command=cancel)
Bt_total.place(x=550,y=450)

#Frame Diagnostico
frame_diag=LabelFrame(root ,text="Diagnostico",fg='black')
frame_diag.place(x=20,y=420,width=300,height=60)
lb_mensaje=Label(frame_diag ,textvariable=mensaje ,fg='black')
lb_mensaje.place(x=10,y=10)

def salir():
    GPIO.output(led1_amari ,GPIO.LOW)
    GPIO.output(led2_verde ,GPIO.LOW)
    GPIO.output(led3_rojo ,GPIO.LOW)
    GPIO.output(bomba ,False)
    GPIO.output(valvula ,False)
    GPIO.cleanup()
    disp.clear()
    draw.rectangle((0,0,width,height),outline=0,fill=0)
    disp.image(image)
    disp.display()
    cancel()
    root.destroy()
    os.system("sudo poweroff")

#Salir
Bt_salir=Button(root ,text="SALIR",bg='red',command=salir)
Bt_salir.place(x=700,y=450)

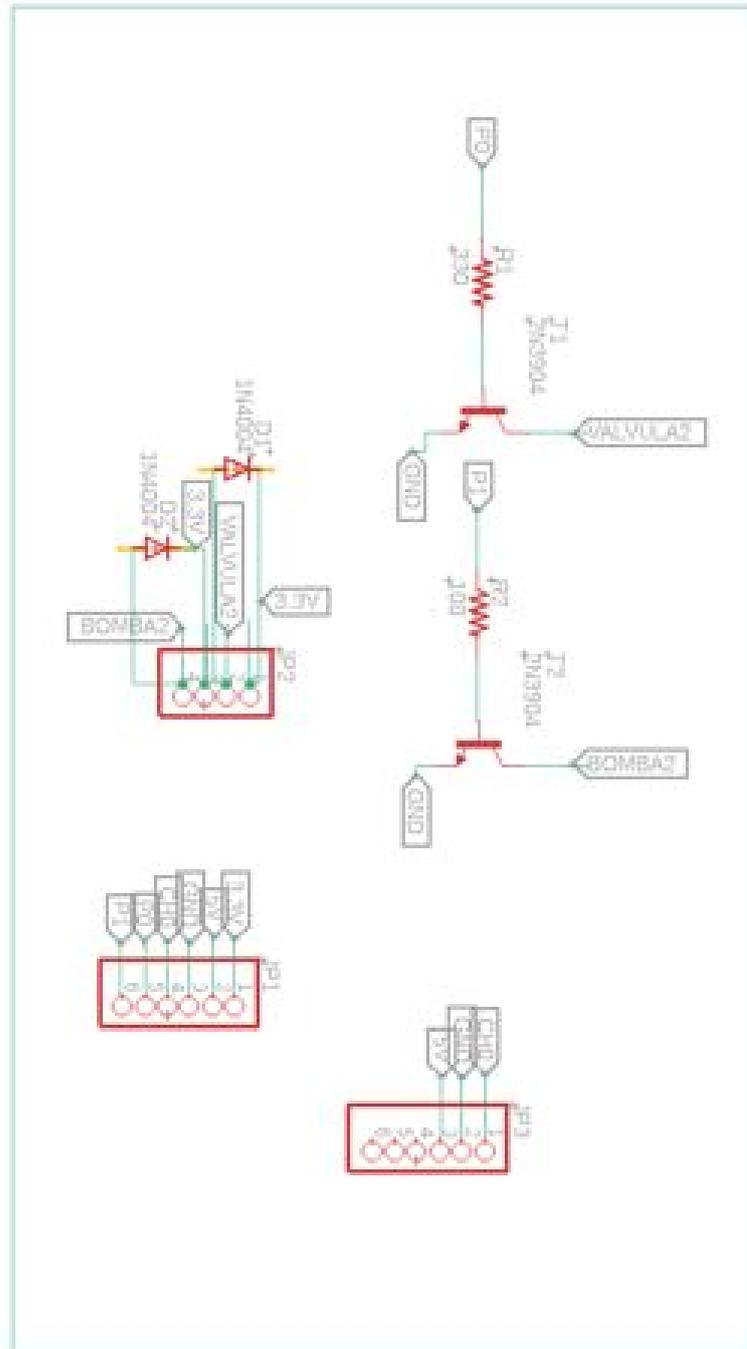
#####
#--Main program
root.after(100,main_program)
root.mainloop()

```

---

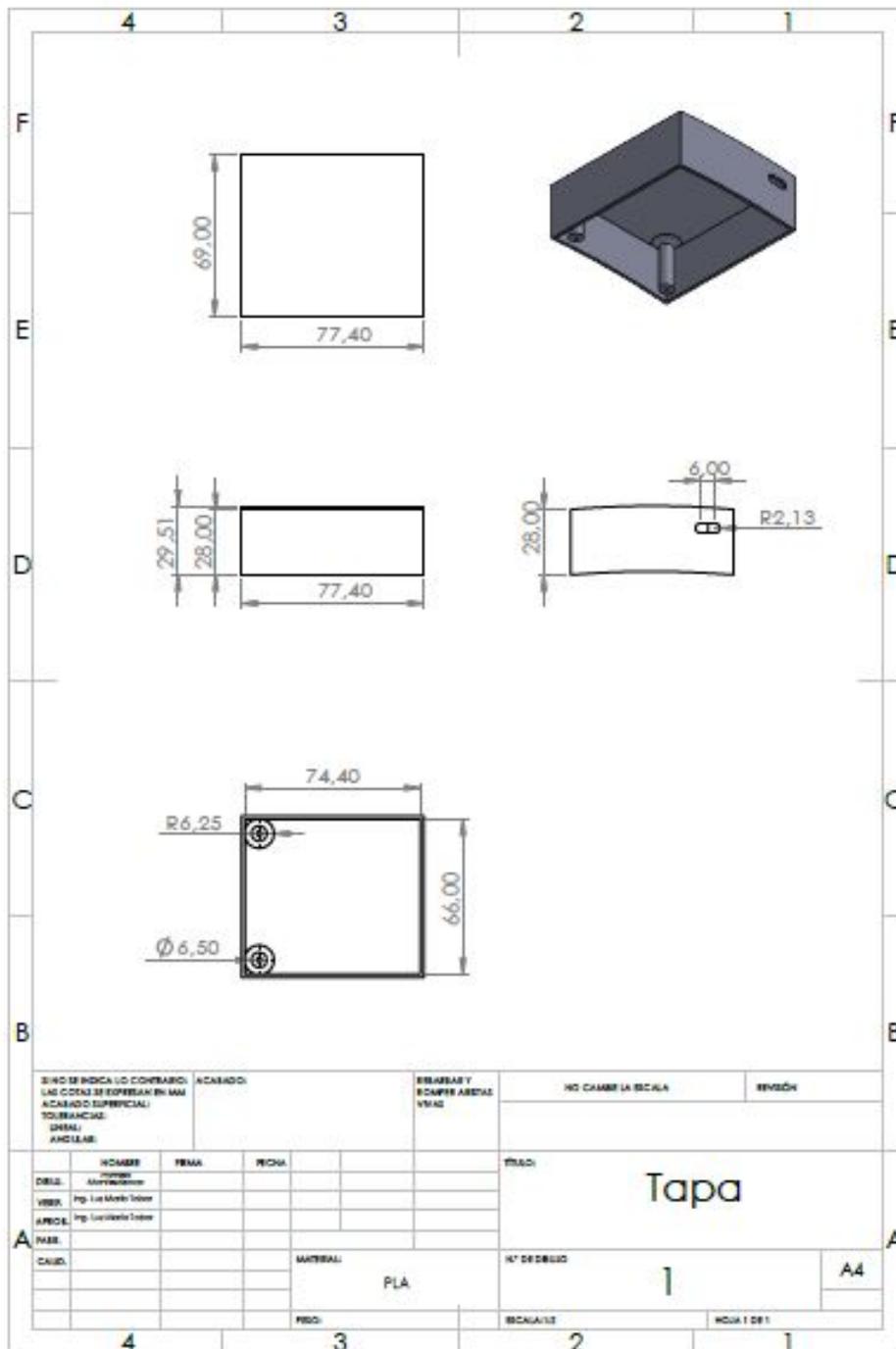
## Anexo 3

### Cicuito de conexión de la Presión

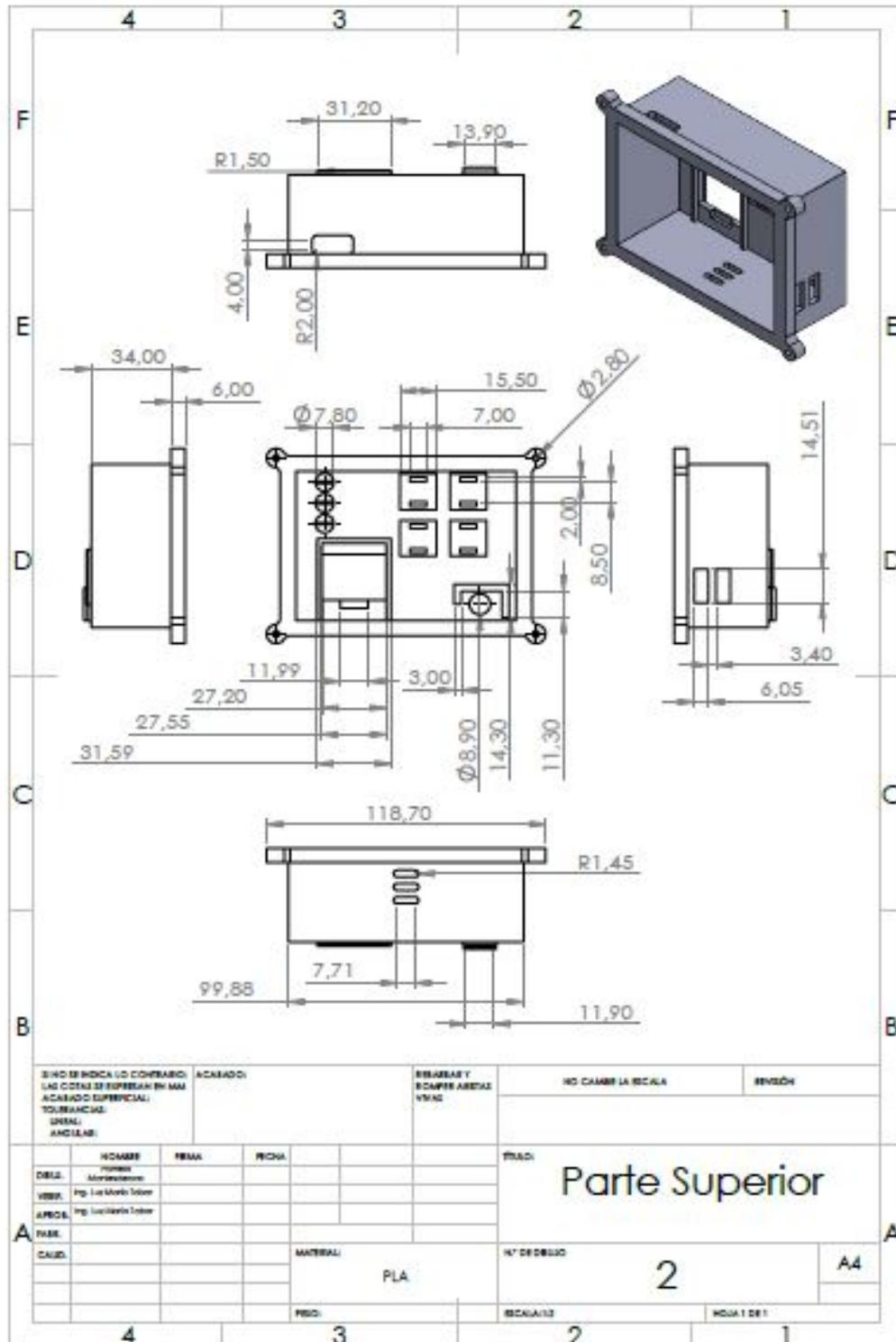


# Anexo 4

## Plano Tapa



# Plano Parte Superior



# Plano Parte Inferior

