



**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
ELECTRÓNICA CON MENCIÓN EN  
TELECOMUNICACIONES**

**TESIS**

**Para optar el título profesional de Ingeniero Electrónico con  
Mención en Telecomunicaciones**

Diseño e implementación de un sistema multiparametrico mediante Internet de las cosas para la medición y monitoreo de signos vitales en pacientes con necesidad de vigilancia remota

**PRESENTADO POR**

Hinostroza Quiñones, Juan Russel

**ASESOR**

Lara Herrera, Juan Francisco

**Lima, Perú, 2022**

## INFORME DE ORIGINALIDAD ANTIPLAGIO TURNITIN

Mediante la presente, Yo:

1. Juan Russel Hinojosa Quiñones, identificado con DNI 47488928

Egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica del año 2019 y habiendo realizado<sup>1</sup> la Tesis para optar el Título Profesional<sup>2</sup> de Ingeniero Electrónico con mención en Telecomunicaciones, se deja constancia que el trabajo de investigación fue sometido a la evaluación del Sistema Antiplagio Turnitin el 17\_de\_noviembre\_de 20\_22\_, el cual ha generado un porcentaje de originalidad<sup>3</sup> de 23%

En señal de conformidad con lo declarado, firmo el presente documento el 30 de enero del 2023.



---

**Egresado**

Lara Herrera Juan Francisco

---

**Nombre del Asesor(a)**  
**DNI: 41344704**

---

<sup>1</sup> Especificar qué tipo de trabajo es: tesis (para optar el título), artículo (para optar el bachiller), etc.

<sup>2</sup> Indicar el título o grado académico: Licenciado o Bachiller en (Enfermería, Psicología ...), Abogado, Ingeniero Ambiental, Químico Farmacéutico, Ingeniero Industrial, Contador Público ...

<sup>3</sup> Se emite la presente declaración en virtud de lo dispuesto en el artículo 8°, numeral 8.2, tercer párrafo, del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI, aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo N° 033-2016-SUNEDU/CD, modificado por Resolución de Consejo Directivo N° 174-2019-SUNEDU/CD y Resolución de Consejo Directivo N° 084-2022-SUNEDU/CD.

# Tesis\_Final

## INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

22%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://repositorio.uch.edu.pe">repositorio.uch.edu.pe</a> Fuente de Internet	6%
2	<a href="http://dspace.ups.edu.ec">dspace.ups.edu.ec</a> Fuente de Internet	2%
3	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad de Ciencias y Humanidades Trabajo del estudiante	1%
6	<a href="http://lookformedical.com">lookformedical.com</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="http://revistas.ulima.edu.pe">revistas.ulima.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="http://repository.udistrital.edu.co">repository.udistrital.edu.co</a> Fuente de Internet	<1%
9	<a href="http://amp.france24.com">amp.france24.com</a> Fuente de Internet	

## **DEDICATORIA**

A mi familia, en especial a mi hermana quien ya no se encuentra con nosotros, pues gracias a ella, a sus consejos y recomendaciones, pude realizar uno de mis objetivos, tanto a nivel académico como personal.

## RESUMEN

La salud es un estado complementario de suma importancia para una persona, así como también para la población mundial y local. El sistema de salud a nivel mundial se ha visto seriamente afectado por distintos tipos de enfermedades que van desde el más leve al más grave, siendo de duraciones extensas que la humanidad ha podido padecer y afectó a todos los continentes del mundo. En consecuencia, conlleva a la necesidad de requerir de muchos tipos de equipos médicos dentro de ello destaca un equipo para la medición de los signos vitales principales que es conocido como monitor. Como se ha experimentado en los años 2020 y 2021, La pandemia por el covid-19, generado por un grupo virus que causan enfermedades que van desde el resfriado común hasta enfermedades más graves como neumonía; exigiendo una monitorización continua por especialistas en salud. En este proyecto se realiza el diseño e implementación de un prototipo basado en un monitor multiparamétrico remoto para almacenar datos de signos vitales. Se describe el funcionamiento y las características principales que un monitor de signos vitales pueda brindar, así como datos precisos de signos además cumpla con la necesidad de ser utilizado en ambiente hospitalario o también de manera domiciliaria, con la finalidad de gestionarlo a un menor costo. En parte a los dispositivos a utilizar son la tarjeta Raspberry Pi, módulo de wifi. Sensores de medición de parámetros como la saturación de oxígeno en la sangre (SPO<sub>2</sub>), frecuencia respiratoria, la temperatura, la electrocardiografía y la presión no invasiva (PNI), todos los parámetros en medición serán tomados en una base de datos que se enviara por medio de la red wifi. Todo esto para el conocimiento y la evaluación de un personal especialista en salud., con el fin de brindar una pronta recuperación del paciente.

**Palabras clave:** Pandemia, Software, Raspberry Pi, saturación de oxígeno, electrocardiografía, frecuencia cardiaca. Presión no invasiva

## ABSTRACT

Health is a complementary state of utmost importance for a person, as well as for the global and local population. The health system worldwide has been seriously affected by different types of diseases ranging from the mildest to the most serious, being of extensive durations that humanity has been able to suffer and affected all continents of the world. Consequently, it led to the need to require many types of medical equipment within it highlights an equipment for the measurement of the main vital signs that is known as monitor. As has been experienced in the years 2020 and 2021, the pandemic by covid-19, generated by a group of viruses that cause diseases ranging from the common cold to more serious diseases such as pneumonia; requiring continuous monitoring by health specialists. In this project, the design and implementation of a prototype based on a remote multiparametric monitor to store vital signs data is carried out. It describes the operation and the main features that a vital signs monitor can provide, as well as accurate data of signs also meets the need to be used in a hospital environment or at home, in order to manage it at a lower cost. Part of the devices to be used are the Raspberry Pi card, wifi module. Sensors for measuring parameters such as blood oxygen saturation (SPO2), respiratory rate, temperature, electrocardiography and noninvasive pressure (NIBP), all parameters in measurement will be taken in a database that will be sent through the wifi network. All this for the knowledge and evaluation of a health specialist, in order to provide a prompt recovery of the patient.

**Keywords:** Pandemic, Software, Raspberry Pi, oxygen saturation, electrocardiography, heart rate, noninvasive pressure.

## CONTENIDO

RESUMEN.....	iii
ABSTRACT .....	iv
CONTENIDO .....	v
LISTA DE FIGURAS .....	viii
LISTA DE TABLAS.....	x
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	3
1.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	4
1.1.1. Planteamiento y descripción del problema.....	4
1.1.2. Formulación del problema general.....	5
1.1.3. Formulación de los problemas específicos.....	5
1.2. DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
1.2.1. Objetivo general .....	6
1.2.2. Objetivos específicos.....	6
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
1.3.1. Justificación técnica.....	6
1.3.2. Justificación económica.....	7
1.3.3. Justificación social .....	7
1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
1.4.1. Alcances .....	7
1.4.2. Limitaciones.....	8
CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO .....	9
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	10
2.1.1. Internacionales .....	10
2.1.2. Nacionales.....	11
2.2. MARCO TEORICO.....	13
2.2.1. Precariedad de los sistemas de salud en Perú y Latinoamérica .....	13
2.2.2. Signos vitales.....	14
2.2.3. Temperatura corporal.....	14
2.2.4. Saturación de oxígeno en la sangre (SPO <sub>2</sub> ).....	15
2.2.5. Frecuencia respiratoria.....	16
2.2.6. Electrocardiograma .....	17
2.2.7. La presión Arterial .....	17
2.2.8. Internet e las cosas (IOT).....	18
2.2.9. Arduino.....	19
2.2.10. Raspberry PI 4.....	20

2.2.11.	Healthy Pi.....	22
2.2.12.	Processing.....	23
2.2.13.	TeamViewer.....	23
2.3.	MARCO METODOLÓGICO.....	25
2.3.1	Tipo de investigación.....	25
2.3.2	Metodología de la investigación.....	25
2.4.	MARCO LEGAL.....	27
2.4.1.	Norma técnica en telesalud NTS N° 067-MINSA/DGSP-V.01.....	27
2.5.	DIAGRAMA DE BLOQUES Y ARQUITECTURA DEL SISTEMA.....	27
<b>CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA APLICACIÓN.....</b>		<b>30</b>
3.1	DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECIFICO 1: DESCRIBIR LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SISTEMAS DE MONITOREO EN PACIENTES QUE REQUIERAN VIGILANCIA REMOTA.....	31
3.1.1.	Descripción del estado actual del Hospital Carlos Lanfranco La Hoz..	31
3.1.2	Procedimiento para la encuesta en una clínica.....	34
3.1.3	Desarrollo y resultados de la encuesta.....	35
3.2	DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECIFICO 2: DETERMINAR LOS SIGNOS VITALES A MEDIR PARA EL CONTROL DE LOS PACIENTES CON VIGILANCIA REMOTA.....	39
3.2.1	Sensor de temperatura.....	39
3.2.2	Sensor de Saturación (SPO2).....	43
3.2.3	Electrocardiograma (ECG).....	47
3.2.4	Presión arterial no invasiva (PNI).....	52
3.2.5	Evaluación de componentes.....	56
3.3	DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECIFICO 3: DEFINIR LAS ETAPAS DEL PROCESO E IMPLEMENTAR EL SISTEMA MULTIPARAMÉTRICO.....	57
3.3.1	Diagrama de Bloques.....	57
3.3.2	Etapa de Recopilación de datos.....	58
3.3.3	Etapa de Procesamiento de datos.....	62
3.3.4	Etapa de Transmisión de datos.....	68
3.4	DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECIFICO 4: IDENTIFICAR LA PLATAFORMA WEB PARA ALMACENAR Y ORDENAR LA INFORMACIÓN OBTENIDA PARA EL MONITOREO CONTINUO.....	78
3.4.1	Plataforma Web.....	78
3.4.2	Codificación.....	80
3.5	DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECIFICO 5: REALIZAR PRUEBAS DE MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA.....	82
<b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE COSTO Y BENEFICIOS.....</b>		<b>89</b>
4.1.	ANÁLISIS DE COSTOS.....	90

4.1.1.	Recursos humanos.....	90
4.1.2.	Recursos materiales.....	90
4.2.	ANÁLISIS DE BENEFICIOS .....	92
4.2.1.	Beneficios tangibles.....	92
4.2.2.	Análisis de Costo/Beneficio .....	93
4.3.	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	93
4.3.1.	Desarrollo del flujo de caja.....	93
4.3.2.	Análisis del parámetro VAN .....	94
4.3.3.	Análisis del parámetro TIR .....	95
	CONCLUSIONES .....	96
	REFERENCIAS.....	98
	GLOSARIO.....	103
	ANEXOS.....	104

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Precariedad del sistema de salud	14
Figura 2. Electrocardiograma para un paciente	17
Figura 3. Medición de la presión arterial	18
Figura 4. Internet de las cosas	18
Figura 5: Microcontrolador Arduino	20
Figura 6.Tarjeta Raspberry pi 4	21
Figura 7: Escritorio de la Raspberry Pi	22
Figura 8. Placa Healthy pi	22
Figura 9. Plataforma TeamViewer	24
Figura 10: Diagrama de bloques simplificado	25
Figura 11: Diagrama de bloques general	27
Figura 12: Arquitectura del sistema	29
Figura 13. Ubicación del Hospital Carlos Lanfranco la hoz	31
Figura 14. Frontis del Hospital Carlos LanFranco La Hoz	32
Figura 15. Primera parte de la encuesta	35
Figura 16. Segunda parte de la encuesta	36
Figura 17. Visualización del resultado de la tercera pregunta de la encuesta	36
Figura 18. Visualización del resultado de la cuarta pregunta de la encuesta	37
Figura 19. Medición de la temperatura corporal.	39
Figura 20: Sensor de Temperatura AMD004	40
Figura 21: Sensor de temperatura 3600	41
Figura 22. Sensor MAX30208	42
Figura 23. Funcionamiento de un oxímetro	43
Figura 24: Rangos de medición	43
Figura 25. Sensor de SPO2 DS100A	44
Figura 26 Sensor LNCS desechable	45
Figura 27. oxímetro de dedo	46
Figura 28. Posicionamiento de Electrodos	47
Figura 29. Grafica de la Actividad Eléctrica	47
Figura 30. sensor pulso cardiaco AD3282	48
Figura 31. Sensor de ECG ADS1292R	49
Figura 32. Sensor de EKG GoDirect	50
Figura 33. Sensor de ECG 101	51
Figura 34. Rango de trabajo en un Tensiómetro	52
Figura 35. Medida de la Presión arterial	52
Figura 36. Tensiómetro manual	53
Figura 37. Tensiómetro Digital	54
Figura 38. Sensor de presión MPX 2050 DP	55
Figura 39. Diagrama de Bloques	57
Figura 40. Luz led infrarroja del sensor	58
Figura 41.Posición correcta del sensor	58
Figura 42. Parte Metálica del Sensor de Temperatura	59
Figura 43. Posición Axilar del sensor de Temperatura	60
Figura 44. Ramal con 3 Derivaciones	61
Figura 45.Fijacion de los Electrodos	61
Figura 46: Tensiómetro Digital	62
Figura 47: Diagrama de Funcionamiento del sensor de temperatura	64
Figura 48: Diagrama de bloque simplificado	65
Figura 49: Diagrama del funcionamiento del circuito de electrocardiograma	66
Figura 50: Diagrama de bloques del sensor	67
Figura 51: Diagrama del funcionamiento del sensor de saturación.	67

<b>Figura 52: Diagrama de funcionamiento del tensiómetro digital</b>	<b>68</b>
<b>Figura 53: Definición del módulo ESP 32 en IDE Arduino</b>	<b>69</b>
<b>Figura 54: Modo Pi del Prototipo sistema multiparamétrico</b>	<b>70</b>
<b>Figura 55: Aplicación APP Healthy Pi 4</b>	<b>71</b>
<b>Figura 56: Pantalla modo Servidor Web</b>	<b>72</b>
<b>Figura 57: Cargador de Pantalla Lcd</b>	<b>73</b>
<b>Figura 58: Batería Recargable de Litio</b>	<b>73</b>
<b>Figura 59: Caja de Ensamblaje</b>	<b>74</b>
<b>Figura 60: Fijación de la pantalla en la tapa superior</b>	<b>75</b>
<b>Figura 61: Adecuación de la pantalla en la tapa de caja</b>	<b>76</b>
<b>Figura 62: Fijación de Conectores y cables de la pantalla</b>	<b>76</b>
<b>Figura 63: Posición interna de tarjetas electrónicas y componentes en la caja</b>	<b>77</b>
<b>Figura 64: Cargando Perfil Open VPN</b>	<b>80</b>
<b>Figura 65. Programación de datos mediante Processing</b>	<b>81</b>
<b>Figura 67. Visualización valores de signos vitales en APP del adulto mayor.</b>	<b>83</b>
<b>Figura 66. Fijación de electrodos y sensores para la evaluación de datos paramétricos</b>	<b>83</b>
<b>Figura 68. Evaluación de datos multiparamétricos a un niño.</b>	<b>84</b>
<b>Figura 69. Visualización de datos paramétricos en APP del niño.</b>	<b>84</b>
<b>Figura 70. Evaluación a adulto con el prototipo de monitor multiparamétrico</b>	<b>85</b>
<b>Figura 71. Visualización de parámetros en la APP</b>	<b>85</b>
<b>Figura 72. Comparación de valores de parámetros entre un monitor hospitalario y el sistema multiparamétrico.</b>	<b>86</b>
<b>Figura 73. Comparación de datos paramétricos principales de una persona joven</b>	<b>87</b>
<b>Figura 74. Visualización parámetros de manera inalámbrica</b>	<b>87</b>
<b>Figura 75. Evaluación y comparación de datos parámetros principales de manera personal</b>	<b>88</b>
<b>Figura 76. Visualización de parámetros personales modo inalámbrico mediante APP</b>	<b>88</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Temperatura Aproximada por Edad.....	15
Tabla 2: Niveles de Oxígeno en la sangre.....	16
Tabla 3: Valores promedio de la frecuencia respiratoria .....	16
Tabla 4: Alteraciones de frecuencia respiratoria.....	17
Tabla 5: Especificaciones técnicas de Arduino.....	19
Tabla 6: Especificaciones técnicas de la Raspberry Pi 4.....	21
Tabla 7: Distribución de la cantidad de camas para hospitalización de pacientes .....	33
Tabla 8: Especificaciones Técnicas de Cargador.....	73
Tabla 9: Recursos humanos.....	90
Tabla 10: Costos de equipos y sensores .....	90
Tabla 11: Costos de equipos de implementación y pruebas .....	92
Tabla 12: Descripción con la utilidad aplicada .....	93
Tabla 13: Flujo de caja .....	94

## INTRODUCCIÓN

Como se experimentó estos últimos años la llegada de la covid-19 y el surgimiento de una pandemia mundial después de muchos años (OMS, 2020) se destacó como el área de la salud es de gran importancia; el conocer a cada instante la evolución fisiológica del paciente, el cual permite a médicos y enfermeras valorar las condiciones generales y específicas de tomar decisiones logro aminorar, aunque a largo plazo, el número de decesos a causas de estas enfermedades (PAHO, 2021).

Por supuesto el inicio de la pandemia de Covid-19 vislumbró las deficiencias de muchos de los sistemas de salud de países latinoamericanos, que durante estos años de emergencia sanitaria se han visto superados por las circunstancias en varias ocasiones. Detrás de la alta tasa de contagio y mortalidad en el continente, hay un sistema económico que impide guardar las medidas adecuadas a una parte de la población y una falta de inversión en salud de muchos gobiernos (Gallo,2021).

Como se vio el Perú tuvo la mayor cantidad de excesos de muertes en el mundo por esta enfermedad, como en ese entonces *Financial Times* reporto que el país más afectado por la pandemia fue el Perú cuyos registros llegaron alcanzar hasta un 100 % de fallecidos a causa de la COVID-19, siendo seguido por Ecuador, Nicaragua, Bolivia, México, Azerbaiyán, Kazakstán, Brasil, Colombia, entre otros. (AS/COA,2021)

Frente a estos escenarios drásticos se realizaron muchos proyectos de investigación tanto científico, tecnológico. Con el paso del tiempo se pudo controlar la expansión del virus sin embargo la problemática de las deficiencias del sector salud y las vigilancias remotas de los pacientes aún se mantienen hasta la actualidad, generando factores de riesgo en la población pueden llevar a consecuencias fatales. (THALES,2020).

La falta de la vigilancia remota y el difícil acceso a los centros de salud ya sea por temas económicos y sociales, sigue exponiendo la precariedad los distintos distritos de lima norte en relación de la atención médica de los pacientes con necesidad de monitoreo constante de sus estados de salud, pues esto los llevo a evitar acudir a las distintas instituciones médicas siendo

razón de estos para la automedicación lo cual es un problema grave que conduce a escenarios drásticos como las muertes súbitas (CARRERA, 2019).

Existen muchas enfermedades que requieren monitoreo continuo y sobre todo remoto con pacientes que no puedan acudir con frecuencia a un establecimiento salud debido a su estado crítico (enfermedades infectocontagiosas o discapacidades físicas) sin embargo Con los avances de las telecomunicaciones y la telemedicina, se tiene que la posibilidad de intercambiar datos, registros, valores, y demás informaciones medicas por medios electrónicos, a la vez se puede obtener presencialmente en una consulta médica(Tellez,2021).El internet de las cosas es una de estas tecnologías y al ser integrado en el mundo de la salud para darle aplicaciones médicas, se denomina internet de las cosas médicas y se emplea en el servicio de telemedicina como la práctica de la atención médica a través de tecnologías de información y comunicación (TIC) (Sanmartín et al., 2016), tecnología médica y el personal experto del área de la salud que emplean estas herramientas para realizar servicios a pacientes (Hailey et al., 2002).

La implementación del prototipo multiparámetros de medición de signos vitales que utiliza el monitoreo remoto, que se encuentra contemplado en un monitor multiparamétrico remoto de bajo costo mediante Raspberry pi para ambientes hospitalarios y desde los hogares de los pacientes. El microcontrolador elegido es un pequeño pero potente ordenador de fácil y libre acceso. En el capítulo I se desarrolla la problemática general y específica que lleva a brindar una solución a través del sistema a implementar; asimismo, se detallan los objetivos (tanto generales como específicos), junto a las características generales y formales de la investigación. El fundamento teórico en el capítulo II, junto con los antecedentes, el marco teórico y metodológico, además del marco legal y la arquitectura del sistema. Para el capítulo III se desarrollan los objetivos específicos buscando la validez del sistema implementado. En el capítulo IV, se revisan los parámetros de costo y beneficio que validan la viabilidad del proyecto como una solución práctica y de fácil accesibilidad.

# **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

## **1.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

La demanda emergente ante la necesidad del sistema de salud al pasar los años va en aumento con la cantidad de población que crece al para los años razón por la cual; se incrementa la cantidad de pacientes que requieren una atención medica ya sea urgente o programada, y hace que la utilidad de equipo médico sea de suma importancia como lo es un monitor de signos vitales. Como se vivió en los años 2020 la expansión del COVID 19 se resaltó la necesidad de equipos para el monitoreo de pacientes con esta enfermedad. Durante ese periodo a nivel mundial se experimentaron momentos de angustia y ansiedad se evidenciaron el manejo de los sistemas de salud para contrarrestar estos escenarios (Vasquez,2016).

Lamentablemente para Latinoamérica el precario sistema sanitario, la baja inversión en salud pública, pobreza, alta informalidad laboral y hacinamiento en los hogares etc. Son tantas de las causas que contribuyeron a que tuviese una mayor tasa en ascenso de mortalidad por coronavirus, más aún en Perú que el resto de Latinoamérica (Minsa,2021). La necesidad e informalidad del peruano, hace que salga a la calle ante la carencia de un medio sostenible de subsistencia para trabajar (ComexPeru,2020).

### **1.1.1. Planteamiento y descripción del problema**

En la actualidad, el sistema de salud peruano sufre de mucha deficiencia y precariedad, uno de los factores que influye de manera negativa son la falta del personal médico, así como de un personal asistencial para brindar una óptima atención al usuario (pacientes). Cuando las personas infectadas por el COVID 19 presentaban síntomas y acudían a los centros de salud ya públicos o privadas se evidenciaba las deficiencias de los sistemas de salud ya que en la mayoría de los ambientes hospitalarios no se contaba recursos necesarios, sin espacio para atender la alta traza de infectados y sobre todo la poca información del manejo u control del personal médico. (estado actual.).

Si bien, actualmente se está controlando la enfermedad y se sigue trabajando para mitigar las consecuencias aún se evidencian la precariedad de estos sistemas de salud y más aún la COVID 19 ha dejado en la población temores, miedos para acudir a los establecimientos de salud con fin de evitar contagiarse.

En consecuencia, muchas de las personas y pacientes que requieren un monitoreo constante de su estado de salud no mantienen un control necesario, y se dirigen a la automedicación que puede llevar a resultados graves. Por su puesto también está el problema de la falta de personal y recursos ante la gran cantidad de pacientes que buscan obtener soluciones contando con bajos recursos económicos. (RPP,2020)

Generalmente la adquisición de equipos multiparamétricos o monitor de signos vitales en el ámbito de las instituciones médicas requieren demasiado gestión y papelería imposibilitando contar con un buen margen de ellos. Por el lado del paciente adquirir versiones ligeras de estos equipos se hace prácticamente imposible por los altos costos que se manejan y al difícil acceso de información técnica (Castro,2021). Debido a estas problemáticas se ha hecho difícil contar con sistemas de vigilancia remota hospitalaria que en consecuencia ha llevado a los pacientes a generar factores de riesgo con resultados fatales.

### **1.1.2. Formulación del problema general**

¿Cómo mejorar el nivel de atención hospitalaria y domiciliaria en pacientes con necesidad de vigilancia remota para evitar factores de riesgo?

### **1.1.3. Formulación de los problemas específicos**

**P.E.1:** ¿Cuál es la situación actual de los sistemas de monitoreo en pacientes que requieran vigilancia remota?

**P.E.2:** ¿De qué manera se miden los signos vitales principales para el control del estado de salud del paciente?

**P.E.3:** ¿Cuáles son las etapas para el diseño e implementación del sistema multiparamétrico de signos vitales y como se logrará visualizar los datos a evaluar?

**P.E.4:** ¿Qué tipo de plataforma web permite guardar y gestionar la información obtenida para el monitoreo remoto?

**P.E.5:** ¿De qué manera se podrá evaluar el grado de evolución de los pacientes que llevan el tratamiento domiciliariamente?

## **1.2. DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1. Objetivo general**

Implementar un sistema multiparamétrico mediante internet de las cosas mejorar el nivel de atención hospitalaria y domiciliaria en pacientes con necesidad de vigilancia remota

### **1.2.2. Objetivos específicos**

**O.E.1:** Describir la situación actual de los sistemas de monitoreo en pacientes que requieran vigilancia remota.

**O.E.2:** Determinar los dispositivos utilizados para la medición de signos vitales en el control de los pacientes con vigilancia remota.

**O.E.3:** Definir las etapas del proceso e implementar el sistema multiparamétrico.

**O.E.4:** Identificar la plataforma web para almacenar y ordenar la información obtenida para el monitoreo continuo.

**O.E.5:** Realizar pruebas de medición y análisis de la información obtenida.

## **1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1. Justificación técnica**

El proyecto de investigación está involucrando en el campo de los nuevos ciencia, tecnología y telecomunicaciones, para resolver problemas médicos y sociales. Donde existen equipos capaces de poder conectarse a las redes inalámbricas utilizando el wifi para que los médicos puedan monitorizar los resultados de los principales parámetros de signos vitales glucosa sin que el paciente tenga que acudir al establecimiento de salud. Este trabajo de investigación se enfoca en el desarrollo de un sistema de monitoreo utilizando la tecnología de información y comunicación en donde será amigable y de fácil acceso para el médico, así como también para el paciente.

Para el desarrollo se utilizará el microcontrolador Raspberry Pi, el cual ofrece ventajas al ser de libre acceso para poder gestionar los resultados y la forma de transmisión de información a través de TeamViewer con una funcionalidad de soporte en IoT.

### **1.3.2. Justificación económica**

Las investigaciones sobre sistemas multiparamétrico no es algo nuevo ya existen proyectos, artículo y productos con objetivos similares sin embargo la adquisición o acceso a la información de ellos no están sencilla o requiere costos elevados por tal motivo siendo inaccesible difícil gestionarse por el ciudadano promedio en los pueblos jóvenes de Perú. La finalidad en la implementación del sistema será brindar herramientas de fácil acceso tanto para el área usuaria como para los pacientes y poder mantener un control constante del estado de salud del paciente que requiere vigilancia remota sin necesidad de costos elevados.

### **1.3.3. Justificación social**

En la actualidad existen diferentes enfermedades que no son atendidas a tiempo junto a ellas el problema de la pandemia como lo es el covid-19 que ha agravado fuertemente al sistema de salud peruano, que afecto a la sociedad debido al gran aumento de contagios que se dio diariamente, pues muchos presentan síntomas característicos de este virus y hacía que los pacientes se sienten aislados por su propia familia ya que tienen que tener una alimentación saludable, llegando a una depresión y a un aislamiento social. Esta investigación se fundamenta en monitorizar los signos vitales de manera remota, también pretende ayudar a los familiares como un medio alternativo ya que muchos de los pacientes con esta enfermedad se encuentran postrados y aislados en un ambiente.

## **1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1. Alcances**

Este proyecto de investigación permitirá registrar varios parámetros de signos vitales y subirlos a la nube para su visualización. Se podrá obtener datos de cualquier lugar, así mismo pretende ahorrar tiempo

para los pacientes ya que podrá medirse los signos vitales desde la comodidad de su hogar paciente o en un ambiente hospitalario, la familia o Su médico tendrá la oportunidad de ver su historial médico completo desde un sistema web.

El trabajo a implementar está dirigido generalmente a personas de escasos recursos económica o para pacientes que padezcan algún impedimento en la movilidad. En tal sentido, se plantea el diseño e implementación de un sistema multiparamétrico mediante internet de las cosas para la medición de signos vitales remoto, el cual consta de las siguientes etapas: Alimentación, Lectura de Datos, Procesamiento de Datos, Transmisión, Recepción de Datos.

#### **1.4.2. Limitaciones**

- Algunos componentes para la implementación, así como los sensores y controladores idóneos para el proyecto se deben importar y ello involucra una serie de procesos formales que se plasman en inversión de tiempo y dinero.
- No contar con información previa sobre temas de monitoreo remoto o tecnologías de la información aplicada a las internet de las cosas, y por supuesto, complicaciones en torno a la implementación de una plataforma de información asociado a un software que visualice las variables en tiempo real.
- La complejidad en las etapas de medición de los sensores que se van a importar, así como la finalidad sea la adecuada en función a estándares y normas, que permitan la obtención de respuestas inmediatas.

## **CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO**

## 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

### 2.1.1. Internacionales

Para sarmiento Gómez y Rubio Cristiano (2018); en la tesis que presentan que lleva por nombre *MONITOREO REMOTO DE SIGNOS CORPORALES Y TRANSMISIÓN DE DATOS Y ALERTAS A UNA APLICACIÓN INSTALADA EN UN SMARTPHONE*, en la cual dan a conocer que para monitorear y registrar los signos del cuerpo humano, que serán visualizadas de forma remota utilizando una aplicación instalada en un teléfono inteligente que tiene la capacidad de enviar una alerta a la aplicación si estos signos vitales superan los umbrales normales. Para realizar la monitorización se puede con alertas y registros, la persona que lo recibe puede llamar al Centro de Emergencias para brindar la atención médica adecuada a quienes usan el dispositivo de monitoreo para así poder salvar la vida del paciente en mal estado de salud. Asimismo, se da a conocer el tiempo en que se tomó en desarrollar el proyecto fue de aproximadamente de 6 meses; La innovación de este dispositivo se basa en la revolución de las TIC y la convergencia de dispositivos que se comunican entre sí a través de redes WAN y LAN. Esta nueva revolución en dispositivos móviles y de comunicación se llama Internet de las cosas (IoT). Esto facilita que se comunique con la aplicación instalada en su teléfono inteligente.

Tintín (2015), en su tesis *“Diseño y elaboración de un prototipo de monitor de signos vitales aplicando métodos no invasivos con comunicación de datos a dispositivos móviles”* plantea al iniciar la investigación describe todas las generalidades de un monitor de signos vitales común, en el cual hace mención a los parámetros fundamentales con la que debería contar todo monitor, así como la frecuencia cardíaca, temperatura y presión arterial.

En el capítulo dos describe el diseño del prototipo a implementar así mismo los dispositivos y componentes electrónicos que se utilizará en el proyecto. En el tercer capítulo la manera en que se realizó la construcción del prototipo, la programación que se utilizó para la transmisión de datos a un hardware que cuente con el sistema Android en el cuarto capítulo muestra las pruebas de operatividad del prototipo que se implementó para así finalizar con las conclusiones, en la que menciona el proyecto implementado es viable ya que cumplió con el objetivo señalado.

Del proyecto de investigación de Valencia (2018),” *Diseño de prototipo Doctor pi para la medición y monitorización de signos vitales en adultos mayores utilizando sensores biométricos y, médicos acoplados a Raspberry pi*” en el cual plantea como objetivo el diseño de un prototipo inteligente que permite medir y, monitorear los signos vitales a pacientes adultos mayores que presenten alguna enfermedad o discapacidad que les impida asistir a un ambiente hospitalario. El prototipo a implementar está conformado por un sensor E-Health, Arduino, Raspberry pi, pantalla táctil de 7”, para la conexión a la red un módulo GSM/GPRS. Los parámetros fisiológicos a medir son la temperatura corporal, presión arterial, ritmo cardíaco, el flujo de aire en la saturación de oxígeno. Los signos vitales medidos serán visualizados mediante una pantalla así mismo los parámetros serán subidos al sitio web para que los familiares o especialista en salud pueda tener acceso a ello para así realizar una evaluación correcta del estado de salud del paciente.

### **2.1.2 Nacionales**

Según Alcorta Santisteban Natali y Pinedo Quezada Félix; en la tesis que presentan y que lleva por nombre “*Desarrollo de un Sistema Electrónico Biomédico Portátil Para el Monitoreo y Registro de Signos Vitales de las personas en la Ciudad de Trujillo –Perú*” en la cual hace énfasis de todos los problemas que se presentan como lo es en un establecimiento de salud de la ciudad de Trujillo. En resumen que presentan hacen mención en el primer capítulo el planteamiento del problema y justificación de estudio; en el segundo

capítulo los fundamentos del marco teórico y las metodologías de estudio aplicación a esta investigación en el tercer capítulo menciona el tipo el tipo de investigación que se aplicara en el proyecto, el cual capítulo se detallan las pruebas realizadas por los por sensores que se escogieron para el sistema biomédico portátil; se da una visión general de cada una de las etapas implementadas como es el análisis, procesamiento y visualización de datos obtenidos y finalmente se pone en contrastación los resultados alcanzados por el sistema portátil en el quinto capítulo se da a conocer las discusiones obtenidas después de mostrar o evaluar los resultados y por último en el capítulo sexto al noveno las conclusiones, referencias y anexos tomados para el desarrollo del proyecto de investigación.

Bondi (2019). Realizo un estudio de investigación cuyo título fue “*Diseño de un prototipo de monitoreo de funciones vitales en FPGA para Hospitales Nacionales del Perú*”, en el cual da a conocer la problemática de, los diferentes hospitales nacionales del Perú en el que detalla la falta de equipos médicos el cual genera ciertos retrasos en la evaluación médica. Por ello propone el diseño de un monitor multiparamétrico portátil que cuente con los parámetros de temperatura, electrocardiograma (ECG) y saturación de oxígeno SPO2. El diseño propuesto se basa en un sistema de embebido utilizando el hardware FPGA junto al software Quartus prime; Que comprende las etapas de conversión, multiplexor y transmisión a través del puerto serial, así mismo, el interfaz gráfico de usuario basada en LabVIEW, a manera de conclusión presente trabajo buscara desarrollar un dispositivo de medición de funciones vitales con aplicaciones informáticas y poder monitorizarlos resultados mediante una pc o computadora portátil.

Del resumen de Chávez y guardia (2019). Se extrae que la tesis con título “*Aplicación de inteligencia artificial en un sistema de análisis de tiempo real de los signos vitales para pacientes con riesgo cardiaco en el hospital Medico naval*”, desarrollaron un trabajo de investigación el cual tenía como objetivo aplicar la inteligencia en un

sistema de análisis en tiempo real de los signos vitales para pacientes con riesgo cardiaco del hospital medico Naval. Donde utilizaron un dispositivo electrónico que analiza la saturación, la frecuencia cardiaca y frecuencia respiratoria el cual fue puesta a prueba en pacientes que padezcan insuficiencia cardiaca de 1<sup>er</sup> y 2<sup>do</sup> grado, los resultado obtenidos fueron evaluados mediante la lógica difusa con el fin de mejorar la interpretación de la información obtenida, para los parámetros fundamentales mencionados, en conclusión fue posible el diseño del circuito electrónico logrando obtener la gráfica del electrocardiograma y el valor del pulso cardiaco que fueron trasmitidos mediante bluetooth a un celular lográndose visualizar los datos obtenidos en una aplicación móvil.

## **2.2. MARCO TEORICO**

### **2.2.1. Precariedad de los sistemas de salud en Perú y Latinoamérica**

Mencionar la precariedad del sistema de salud tanto a nivel nacional como internacional aborda diferentes problemáticas. Todos los países que conforman el continente sudamericano fueron fuertemente golpeados por unas de las pandemias más duras que la humanidad ha podido padecer, dentro del cual los ambientes de mayor afectación fueron hospitales público y privadas notándose las limitaciones de cada una de estas, como se evidenciaba en los primeros planos de los noticieros no se daban abasto con la gran cantidad de pacientes que acudían por la necesidad de ser atendidos ante los síntomas y daños que generaba la pandemia en el cuerpo



**Figura 1. Precariedad del sistema de salud**

**Fuente: Diario Gestión, 2021**

La realidad del Perú no es ajena a ello ya que también, así como otros países de región fue duramente golpeada por la pandemia evidenciando así, la carencia de una inadecuada infraestructura hospitalaria, la falta de equipamientos médicos el cual cumple una función fundamental para la evaluación del estado de salud del paciente. (Colegio Químico del peru,2022)

### **2.2.2. Signos vitales**

Los signos vitales son mediciones de las funciones fisiológicas vitales o críticas del cuerpo humano, útiles para detectar o monitorizar problemas de salud. Que permiten identificar la temperatura corporal (TC), presión arterial (PA), oximetría (OXM) la frecuencia respiratoria (FR), ritmo cardiaco (FC) y las funciones neurológicas. Lo que las hace importantes al momento de evaluar a un paciente ya que indican si está dentro de los valores permitidos así también garantizar si el funcionamiento orgánico es óptimo (Rochester,2022).

### **2.2.3. Temperatura corporal**

La temperatura corporal permite evaluar la eficiencia de la termorregulación que se produce en el cuerpo humano en función de los cambios de temperatura ambiente y de la intensidad de la actividad realizada.

La temperatura corporal depende de la temperatura ambiente y de las condiciones de actividad física, ya que aproximadamente una quinta parte de la energía total liberada durante el metabolismo se utiliza para trabajar y el resto se libera en forma de calor. Este calor necesita ser disipado para mantener las condiciones de temperatura adecuadas del cuerpo humano. Hay dos tipos de temperatura, y la temperatura central (central: cerebro, intestino grueso, intestino, músculo profundo, sangre) permanece constante (Dalcame, 2022).

**Tabla 1: Temperatura Aproximada por Edad**

Edad promedio	Temperatura (°F)	Temperatura (°C)
Niños 0-3 meses	99.4 °F	37,44 °C
Niños 3-6 meses	99.5 °F	37,50 °C
Niños 6 meses- 1año	99.7 °F	37,61 °C
Niños 0-3 meses	99 °F	37,22 °C
Niños 3-5 meses	98.6 °F	37 °C
Niños 5-9 meses	99.3 °F	36,83 °C
Niños 9-13 meses	98 °F	36,67 °C
Niños 13 años hasta adulto	97.8 a 99°F	36,56 °C a 37.28°C

#### 2.2.4. Saturación de oxígeno en la sangre (SPO<sub>2</sub>)

Este es el porcentaje de saturación de oxígeno medido usando un oxímetro de pulso u oxímetro de pulso. Saturación de oxígeno de la hemoglobina arterial. Estos medidores suelen mostrar dos valores, SpO<sub>2</sub>. Debe estar entre 95% y 100% para ser considerado normal, como se mencionó anteriormente (Admin, 2021).

En general, los métodos de medición de oxígeno se pueden clasificar de la siguiente manera.

- **Espectrofotometría** que es utilizada para el análisis de hemoglobina in vitro.
- **Oximetría pulsada (SpO<sub>2</sub>)** utilizada con mayor frecuencia para medición de saturación no invasiva de HB.
- **Analizador de oxígeno de fibra óptica** consiste en la medición invasiva de la saturación de la presión arterial Oxihemoglobina

in vitro. Todas estas tecnologías de oxímetro Basado en el principio de la espectrofotometría, que mide la proporción de luz Cedida y/o absorbida por la HB.

**Tabla 2: Niveles de Oxígeno en la sangre**

<b>Edades Promedio</b>	<b>Respiraciones por minuto (FR)</b>
Neonato	30-50
0-5 meses	25-45
6-12 meses	20-40
1-3 años	20-35
3-5 años	20-30
6-12 años	15-30
13-18 años	14-20
Adultos	12-20
Vejez	12-16

### 2.2.5. Frecuencia respiratoria

El término se refiere a la cantidad de respiraciones (el proceso de inhalación y exhalación) que una persona o animal realiza en un período de tiempo determinado.

Los valores de la frecuencia respiratoria son muy variables se deben contemplar las variables fisiológicas con el ejercicio, el estrés, el ambiente, el ascenso de la altura, los medicamentos que disminuyen la frecuencia respiratoria, la edad, la fiebre que ocasiona el aumento (4 a 6 respiraciones) por cada °C en aumento enfermedades y otras condiciones médicas (Velasco, 2019).

**Tabla 3: Valores promedio de la frecuencia respiratoria**

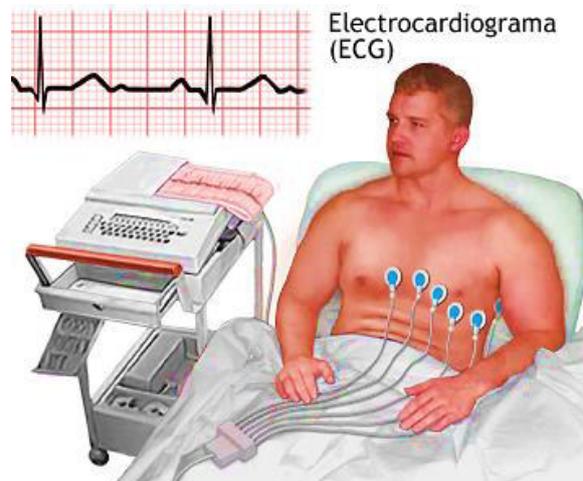
<b>RANGO</b>	<b>VALORES</b>
Normal	95% al 100%
Hipoxia Leve	91% al 94%
Hipoxia Moderada	86% al 90%
Hipoxia Grave	≤ 85%

**Tabla 4: Alteraciones de frecuencia respiratoria**

ALTERACIONES DE LA FRECUENCIA RESPIRATORIA (FR)		
TAQUIPNEA	Aumento de la frecuencia respiratoria	> 20 respiraciones por minuto.
EUPNEA	Respiración Normal y fácil	12-20 respiraciones por minuto
BRADIPNEA	Disminución de la frecuencia respiratoria	< 12 respiraciones por minuto
APNEA	Cese del flujo de aire de al menos 20 segundos de duración	

### 2.2.6. Electrocardiograma

Un electrocardiograma registra las señales eléctricas del corazón. Esta es una prueba indolora común que se usa para identificar rápidamente problemas cardíacos y monitorear la salud del corazón. Un electrocardiograma, también conocido como EKG o ECG, es un procedimiento que generalmente se realiza en el consultorio, la clínica o el hospital de un proveedor de atención médica. Las máquinas de ECG son equipos estándar en quirófanos y ambulancias.



**Figura 2. Electrocardiograma para un paciente**

Fuente: ADAM, 2020

### 2.2.7. La presión Arterial

La presión arterial es la fuerza que ejerce la sangre sobre la pared arterial. Cuando el médico mide la presión arterial, los resultados se registran como dos números. El primer número, llamado presión

arterial sistólica, es la presión que se produce cuando el corazón se contrae y bombea sangre. El segundo número, llamado presión arterial dilatada, es la presión que ocurre cuando el corazón se relaja y se llena de sangre. Los resultados de la medición de la presión arterial generalmente se expresan colocando la presión arterial sistólica por encima del valor de la presión arterial diastólica (por ejemplo, 138/72). La presión arterial normal en adultos se define como presión arterial sistólica <120 y presión arterial diastólica <80. Esto se informa como 120/80. (Instituto nacional sobre el envejecimiento NIA, 2018).



**Figura 3. Medición de la presión arterial**

Fuente: Fundación Española del corazón, 2022

### **2.2.8. Internet e las cosas (IOT)**

La internet de las cosas (IoT), es la red digital de objetos cotidianos que utiliza Internet. Permite el intercambio automático de información con otros dispositivos o centros de control sin intervención humana, y captura grandes cantidades de información



**Figura 4. Internet de las cosas**

Fuente: Expansión, 2020

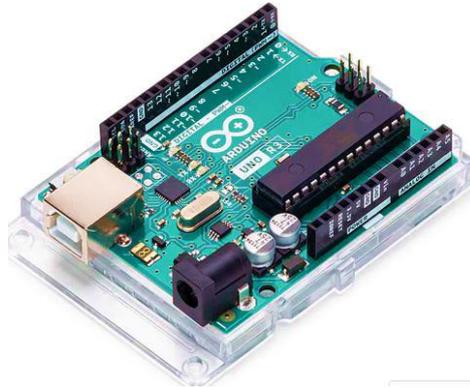
importante de uso y rendimiento. Así, facilita el monitoreo y operación del creando una experiencia única para él y una oportunidad sin precedentes para personas, negocios y ciudades. (TopConnect, 2022)

### 2.2.9. Arduino

Arduino es una empresa de desarrollo de hardware y software libre, una comunidad internacional que diseña y fabrica placas de desarrollo de hardware para crear dispositivos digitales e interactivos que pueden detectar y controlar objetos del mundo real. Así mismo 6 de los 14 terminales de E/S digitales se pueden utilizar como salidas Con modulación de ancho de pulso (PWM), también hay 6 entradas analógicas. Cristal de 16 MHz, conector USB, conector de alimentación, botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para el correcto funcionamiento de su microcontrolador. Usarlo es tan fácil como conectarlo a una computadora con un cable USB o Fuente de alimentación CC mediante adaptador CA-CC o batería.

**Tabla 5: Especificaciones técnicas de Arduino**

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Microcontrolador	AT megaP328
Voltaje de operación	5V
Voltaje de entrada	7-12V
Terminales E/S digitales	14 – (6 salida PWM)
Terminales E/S PWM digitales	6
Terminales entradas analógica	6
Corriente DC por terminales	20mA
Corriente DS terminales 3,3 v	50mA
Memoria Flash	32 KB (AT mega 328P)
SRAM	2 KB (AT mega 328P)
EEPROM	1 KB (AT mega 328P)



**Figura 5: Microcontrolador Arduino**

Fuente: Arduino, 2022

#### **2.2.10. Raspberry PI 4**

Las Raspberry Pi son una serie de “microcomputadoras de una sola placa”, desarrollados por Raspberry Pi Foundation, originalmente creados para promover la enseñanza de la computación en las escuelas. Actualmente se han lanzado 4 modelos de placa, cada una superior a la anterior. Hasta ahora se ha lanzado ultimo la Raspberry Pi 4 B+, con mejores increíbles a su versión.

De esos sistemas suele incluir unas cuantas herramientas para la ejecución de pruebas sintéticas que como siempre son una buena referencia para poder determinar niveles de rendimiento para cada dispositivo. (Xataka, 2018)

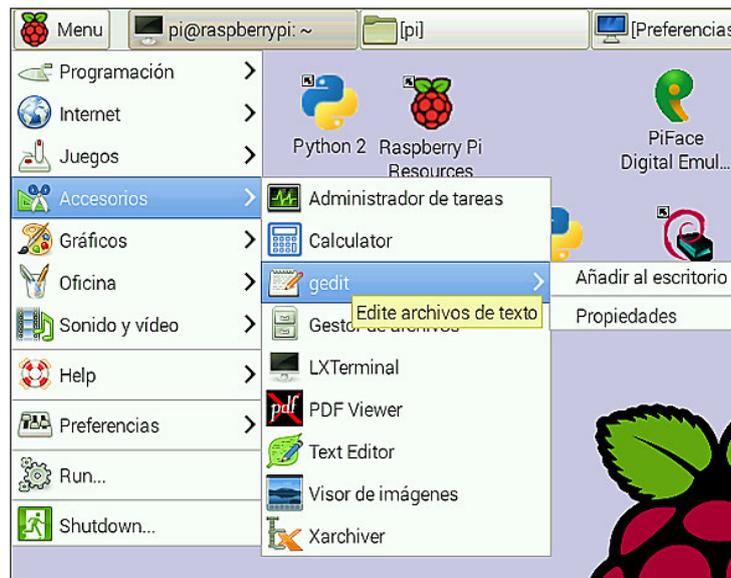
**Tabla 6: Especificaciones técnicas de la Raspberry Pi 4**

ESPECIFICACIONES	RASPBERRY PI 4 MODEL B+
	Broadcom BCM2711, Cortex-A53 (ARMv8)
PROCESADOR	64-bit SoC
FRECUENCIA DE RELOJ	1,5 GHz
MEMORIA	1 GB / 2 GB / 4 GB LPDDR4 SDRAM
	2.4GHz / 5GHz
CONECTIVIDAD INALÁMBRICA	IEEE 802.11.b/g/n/ac Bluetooth 5.0 BLE
CONECTIVIDAD DE RED	Gigabit Ethernet over USB 2.0 (300 Mbps de máximo teórico)
	GPIO 40 pines
	HDMI
	2 x USB 2.0 2 x USB 3.0
	CSI (cámara Raspberry Pi)
	DSI (pantalla táctil)
	Tomas auriculares / vídeo compuesto
	Micro SD
	USB-C (alimentation)
	Power-over-Ethernet (PoE)



**Figura 6. Tarjeta Raspberry pi 4**

Las Raspberry Pi se manejan por medio de su propio sistema operativo basado en Debian GNU/Linux, este es el Raspbian, el cual se descarga desde su propia página web, además para ello la Raspberry Pi necesariamente requiere de una tarjeta de memoria micro SD para instalarse su sistema operativo, mínimo de 8 Gb de espacio.

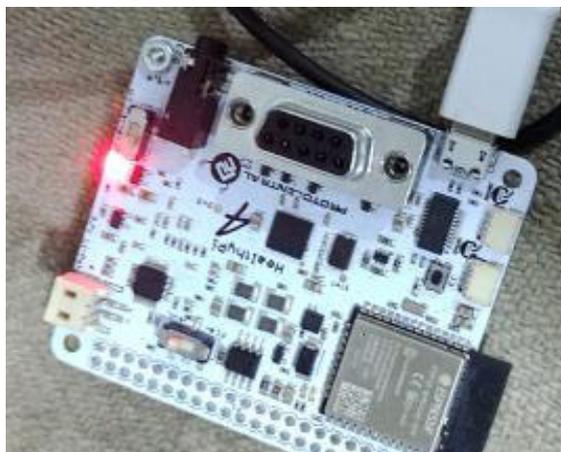


**Figura 7: Escritorio de la Raspberry Pi**

Los sistemas operativos para la Raspberry Pi son muy similares a los de GNU/Linux.

### 2.2.11. Healthy Pi

Es una placa que trabaja junto a Raspberry pi, Un dispositivo independiente que puede medir los signos vitales humanos para



**Figura 8. Placa Healthy pi**

ayudar a evaluar en el diagnóstico y tratamiento médico. Healthy Pi establece un nuevo estándar para soluciones de salud de código abierto con capacidades móviles, inalámbricas y portátiles. El dispositivo proporciona datos instantáneos de signos vitales en el entorno del usuario, abriendo así oportunidades para la investigación médica.

#### **2.2.12. Processing**

Processing es un software con entorno de programación integrado para la realización de innumerables aplicaciones, con el tipo Open Source basado en java, específicamente para el desarrollo de arte gráfico, animaciones y aplicaciones graficas de todo tipo, Processing es un software libre disponible para sistemas donde Java esté disponible (Linux, Windows, MAC, etc.). Fue lanzado en el 2001, por Ben Fry y Casey Reas, en base a DBN (Design By Numbers de John Maeda). (Reas & Fry, 2014)

#### **2.2.13. TeamViewer**

TeamViewer es una solución de todo en uno para el acceso remoto a muchos dispositivos. Esta herramienta le permite acceder a PC, tabletas y teléfonos inteligentes remotos para aumentar su productividad. Esta es la herramienta elegida por el personal de TI, especialmente los responsables del soporte técnico y el manejo de múltiples instancias en diferentes partes del mundo.

Con esta plataforma se puede establecer una conexión segura y rápida en cualquier parte del mundo. Siempre que tenga acceso a Internet y el cliente de TeamViewer esté instalado en el dispositivo que desea controlar, puede acceder a todos sus dispositivos requeridos en segundos. Con este software se puede mantener una conexión de larga distancia con redes que van de 3G o superiores.

Por nombrar algunas de las características de TeamViewer son:

- Permite Establecer control e intercambiar archivos entre dispositivos.
- Facilita Configurar el acceso remoto entre dispositivos sin ayuda de terceros.

- Brinda acceso a dispositivos a través de red de área local, inalámbrica o Internet.
- Además, permite Conectar las computadoras con sistemas operativos y servidores Windows, Linux o Mac.



**Figura 9. Plataforma TeamViewer**

**Fuente: Velásquez, 2022**

## 2.3. MARCO METODOLÓGICO

### 2.3.1 Tipo de investigación

Teniendo en cuenta el desarrollo del proyecto, y sobre todo hacia quien va dirigido, tanto los objetivos como el problema. El presente trabajo es el de investigación aplicada tecnológica, ya que se emplea el desarrollo de la ciencia y la tecnología para resolver un problema (la necesidad de monitoreo continuo), tanto social (dificultad por acceder a los servicios de salud).

Según la investigación, se divide en:

- Investigación orientada a conclusiones. Engloba la metodología cuantitativa.
- Investigación orientada a decisiones. No se centra en hacer aportes teóricos, sino en buscar soluciones a los problemas. La investigación-acción forma parte y se vale de algunas metodologías cualitativas. (Pérez, 2010)

Para el desarrollo del trabajo de investigación, se utiliza documentación oficial del hardware y software. De este modo, se asegura que la información empleada en el diseño e implementación del proyecto sea confiable y actualizada. Además de ello se revisó la hoja de datos los sensores utilizados identificando las ventajas o alcances y límites para los fines del trabajo.

### 2.3.2 Metodología de la investigación

Para entender de manera sintetizada, se resume la metodología en tres puntos principales: Diseño del prototipo de monitor de signos vitales, Implementación de este sistema multiparamétrico, y obtención de los datos y análisis.



Figura 10: Diagrama de bloques simplificado

#### A. Diseño del prototipo

Se inicia identificando las necesidades o valores a medir con el fin de determinar los sensores a utilizar y los dispositivos IoT para enviar los datos a una plataforma web y poder registrar y analizar la información obtenida.

En esta etapa generalmente se busca descartar las múltiples opciones que pueden alargar el proyecto.

#### B. Implementación del sistema

Con el objetivo claro se empieza a vincular las tarjetas con los sensores para obtener en una primera pauta valores de signos vitales, esto implica esencialmente la implementación de los dispositivos y realizar comprobaciones de que los valores obtenidos tengan un significado real y correcto. Con la ayuda de las plataformas inalámbricas para que se vayan almacenando la información requerida por el médico tratante sobre sus pacientes.

#### C. Obtención de los Datos y Análisis

Durante esta fase con el proyecto implementado se plantea mantener un monitoreo continuo en pacientes que requieran vigilancia remota sobre sus signos vitales, con el fin de determinar factores de riesgo sobre sí mismos. El médico usuario al poder acceder a la información registrada del paciente periódicamente tendrá la facilidad de contar con una evaluación rápida y práctica para sus diagnósticos y poder gestionar la gran cantidad de pacientes que se dan en los ambientes hospitalarios públicos.

## 2.4. MARCO LEGAL

### 2.4.1. Norma técnica en telesalud NTS N° 067-MINSA/DGSP-V.01

Cuando se tiene problemas con el control de la vigilancia remota de los pacientes y se busca dar soluciones en base a investigaciones científicas, la finalidad general es Contribuir a la descentralización e integración del sistema de salud del país y a la universalización de los servicios de salud con calidad, eficiencia y equidad a través de la incorporación de la telesalud. Como se menciona en los objetivos de la norma NTS N°067-MINSA/DGSP-V.01 que mediante disposiciones técnico administrativas, se debe regular las aplicaciones de la telesalud en la gestión y acciones de Información, Educación y Comunicación (IEC) en los servicios de salud, así como en las prestaciones de servicios de salud bajo la modalidad de telemedicina (Minsa, 2009).

## 2.5. DIAGRAMA DE BLOQUES Y ARQUITECTURA DEL SISTEMA

Para el presente trabajo de investigación, se desarrolla mediante el siguiente diagrama de bloques:



**Figura 11: Diagrama de bloques general**

El diagrama de bloques resume prácticamente todo el proyecto de investigación

- En la parte de adquisición de la información, están contenidos los sensores que encargan de obtener los datos necesarios para el monitoreo de los signos vitales.

- En segundo para el envío de la información, por medio de señal de una señal inalámbrica (Wifi por medio de la placa ESP32) o por través del módulo bluetooth con Arduino hacia un teléfono móvil, lo cual este por una conexión a internet de cualquier fuente, enviara la información a un servidor local o base de datos preferida.
- Para la recepción de los datos, cualquier dispositivo que soporte conectividad bluetooth o conexión a redes inalámbricas podrá conectarse y visualizar los signos vitales. Mediante escritorios remotos para analizar el monitoreo en tiempo real
- Sobre el procesamiento de los datos, con la información obtenida, se adecuan los datos en grupos o tablas de las variables que se requieran para el monitoreo de los signos vitales. Por supuesto, que se convierta en información útil para los análisis o resultados esperados.
- Para visualizar esta información, se emplean aplicaciones IoT o programas basados en la organización de la información, el objetivo es crear un sistema grafico que sea fácil de interpretar y capaz de comparar resultados.
- Para el análisis de la operatividad del prototipo, se tiene en cuenta información médica de los signos vitales, para luego comparar y observar si alguno de los parámetros medidos está fuera de rango, es decir, si son valores anormales y puedan significar algo.

Para la arquitectura del sistema, se basa en el sistema Usuario/Servidor. Por medio de sensores y módulos inalámbricos, se realizarán conexiones y adquisición de información, para luego ser analizada o monitoreada por especialistas. En la figura 12 se muestra la arquitectura referencial.



**Figura 12: Arquitectura del sistema**

En base al sistema cliente/servidor, la arquitectura del trabajo se asemeja ha dicho grupo. Es decir, teniendo un usuario que enviara sus datos (signos vitales) y los recibirá un especialista médico, que observara y analizara adecuadamente la información brindada. Eso dependerá para tomar las acciones necesarias en caso de que se detecte alguna anomalía.

## **CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA APLICACIÓN**

### 3.1 DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECIFICO 1: DESCRIBIR LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SISTEMAS DE MONITOREO EN PACIENTES QUE REQUIERAN VIGILANCIA REMOTA.

#### 3.1.1. Descripción del estado actual del Hospital Carlos Lanfranco La Hoz

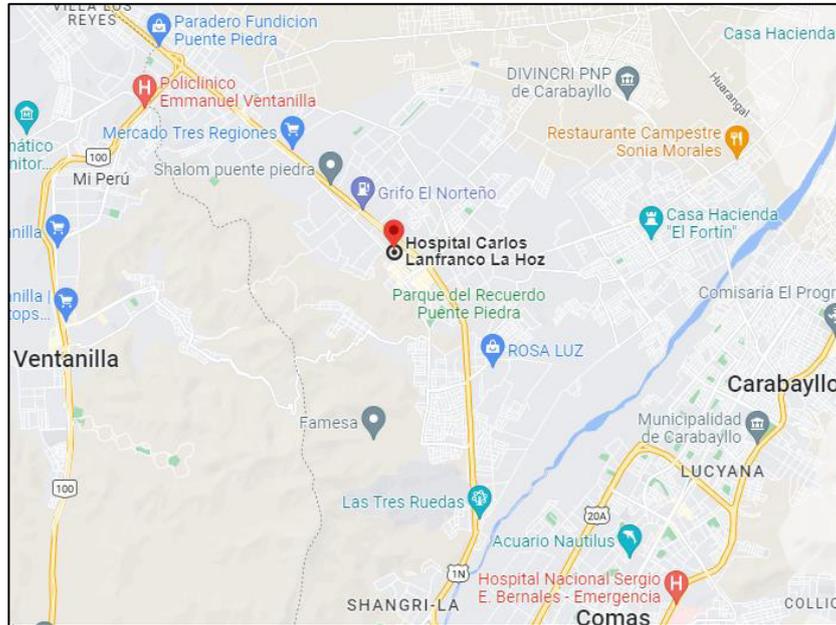


Figura 13. Ubicación del Hospital Carlos Lanfranco la hoz

Fuente: Google, 2022

#### Historia

El Hospital "Carlos Lanfranco La Hoz", ubicado a 31 km al norte de Lima en el distrito de Puente Piedra, inició la atención a usuarios el 17 de septiembre de 1971 y consta de cinco especialidades básicas: medicina, pediatría y ginecología (cirugía, obstetricia, estomatología) inició sus actividades como una clínica ambulatoria. También tenía 25 camas de alojamiento y albergaba a unos 35.000 habitantes hasta ese momento. Ha estado en funcionamiento durante 43 años, comenzó como un pequeño centro de salud pública y reabrió como un centro de salud materno infantil. Su desarrollo histórico ha ido en consonancia con la evolución y exigencias del entorno, permitiendo al hospital actual ofrecer más servicios. Más de 500,000 pobladores en cuatro grandes especialidades atendidos con servicios de emergencia que brindan

soluciones a los diversos problemas de salud de la población de Puente Piedra y sus alrededores, han construido en los últimos dos años una infraestructura que incorpora nuevas tecnologías. crecimiento, proyectos ambiciosos están enfocados a brindar a la población una atención oportuna y de calidad en diferentes especialidades. (HcIIH,2018)

### **Visión y Misión**

Tal como se indica en la página web del hospital, la visión es: “...en el año 2021 el acceso al cuidado y la atención integral en salud individual y colectiva de las personas sea universal, independientemente de su condición socioeconómica y de su ubicación geográfica”. (HcIIH,2018)

Así mismo se destaca la misión del centro Médico como se lee a continuación: “...brinda los servicios de salud básica y especializada, en el marco de la atención integral basado en la persona, familia y comunidad, con el enfoque preventivo, curativo y recuperativo de la salud, de los usuarios que acuden a los servicios de salud, en condiciones de oportunidad, equidad, calidad y plena accesibilidad, en consulta externa, hospitalización y emergencia”. (HcIIH,2018)



**Figura 14. Frontis del Hospital Carlos LanFranco La Hoz**



**Figura 12. Ambiente de hospitalización**

### **Características del Centro Médico**

Actualmente el Hospital, es catalogado con el tipo de categoría II-2, cuenta con diferentes áreas que van desde los ambientes de Trauma shock, UCI, UCIN, Pediatría, aislados así mismo diferentes áreas de Hospitalización como son; Gineco Obstetricia, medicina (Hombre-mujeres) y unidad de Recuperación Post Anestesia, as por departamento.

**Tabla 7: Distribución de la cantidad de camas para hospitalización de pacientes**

ÁREA	NÚMERO DE CAMAS
Observación Adultos	14
UCI	3
UCIN	8
Pediatría	12
Hospitalizacion Gineco-Obstetricia	32
Hospitalizacion Medicina (Hombre )	20
Hospitalizacion Medicina (Mujer )	20
Unidad de Recuperacion post Anestesia (URPA)	10
Aislados	2

### 3.1.2 Procedimiento para la encuesta en una clínica

En el centro médico, existe una cantidad de personal de salud y personal asistencial que asciende a 300 personas en diferentes áreas. Debido a esta cantidad, y ya que se decidió establecer un instrumento estadístico a modo de encuesta, se realizaron los cálculos siguientes para la obtención del tamaño de la muestra.

$$n = \frac{k^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{e^2 \cdot (N - 1) + k^2 \cdot p \cdot q}$$

Donde:

$n$  es el tamaño de la muestra

$N$  es el tamaño de la población que asciende a 300

$k$  es el nivel de confianza que se va a asignar que es 1.48

$p$  es la proporción de individuos que tienen las características deseadas, en este caso se asume  $p = 0.5$

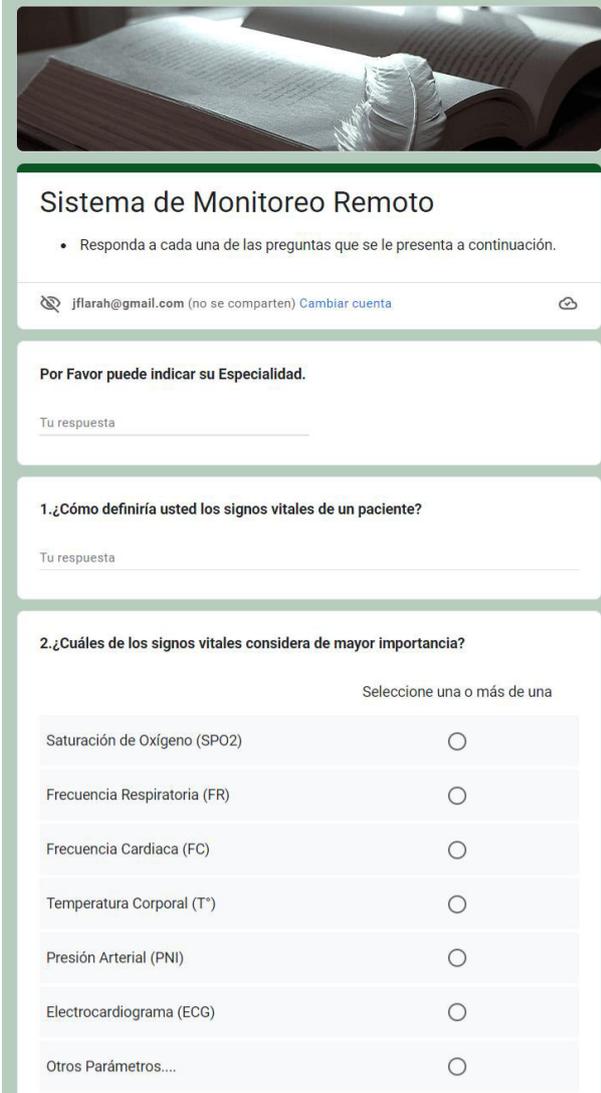
$q$  es la proporción de individuos que no tienen las características deseadas, en este caso se asume  $q = 0.5$

$e$  es el error muestral, en este caso consideraremos que es 14%

Con esos datos, el tamaño de la muestra obtenida es de 26 personas.

### 3.1.3 Desarrollo y resultados de la encuesta

La encuesta se realizó de manera virtual a través de un Formulario de Google, de modo que permitió que 26 personas pudieran dar respuesta a las preguntas consignadas de manera anónima y asíncrona.



The image shows a screenshot of a Google Form titled "Sistema de Monitoreo Remoto". At the top, there is a header image of an open book with a stack of papers on it. Below the title, there is a bullet point: "Responda a cada una de las preguntas que se le presenta a continuación." The user's email is displayed as "jflarah@gmail.com (no se comparten) Cambiar cuenta". The form contains three sections: 1. A prompt "Por Favor puede indicar su Especialidad." followed by a text input field labeled "Tu respuesta". 2. A question "1. ¿Cómo definiría usted los signos vitales de un paciente?" followed by a text input field labeled "Tu respuesta". 3. A question "2. ¿Cuáles de los signos vitales considera de mayor importancia?" with the instruction "Seleccione una o más de una". This section contains a list of seven options, each with a radio button: "Saturación de Oxígeno (SPO2)", "Frecuencia Respiratoria (FR)", "Frecuencia Cardíaca (FC)", "Temperatura Corporal (T°)", "Presión Arterial (PNI)", "Electrocardiograma (ECG)", and "Otros Parámetros....".

**Figura 15. Primera parte de la encuesta**

3. ¿Consideraría usted de suma importancia el monitoreo remoto a pacientes aislados?

Si

No

4. ¿A tenido la oportunidad de manejar o visualizar un sistema de monitoreo remoto?

Si

No

5. ¿En qué tipo de pacientes cree que necesario el uso de un monitor multiparámetro remoto?

Tu respuesta

6. ¿Si llegara a contar con un sistema de monitoreo remoto de bajo costo, usted haría uso del dispositivo?

Tu respuesta

Enviar Borrar formulario

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.

Google no creó ni aprobó este contenido. [Denunciar abuso](#) · [Condiciones del Servicio](#) · [Política de Privacidad](#)

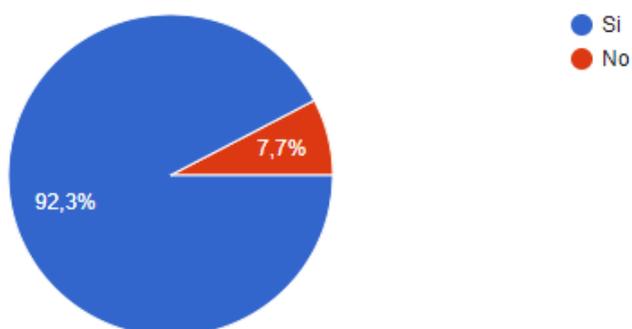
Google Formularios

**Figura 16. Segunda parte de la encuesta**

Los resultados de la encuesta, se presentan a continuación y muestran la necesidad de implementar un sistema de monitoreo remoto con el objetivo de poder despejar los ambientes del centro médico y poder realizar el seguimiento de modo particular con pacientes seleccionados.

**3. ¿Consideraría usted de suma importancia el monitoreo remoto a pacientes aislados?**

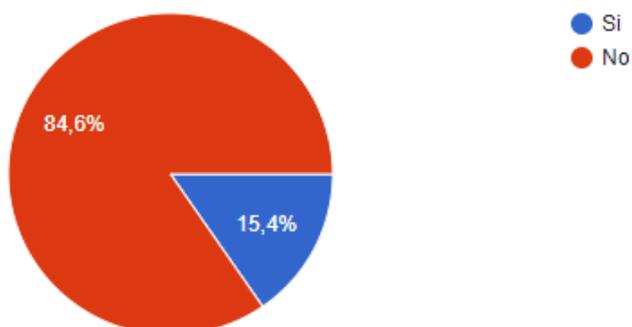
26 respuestas



**Figura 17. Visualización del resultado de la tercera pregunta de la encuesta**

#### 4. ¿Ha tenido la oportunidad de manejar o visualizar un sistema de monitoreo remoto?

26 respuestas



**Figura 18. Visualización del resultado de la cuarta pregunta de la encuesta**

En la figura 15 y 16 se muestra todas las preguntas planteadas en las encuestas que se le realizó cada uno de las personas encuestadas. Al iniciar con las preguntas de las encuestas se le indica que haga mención de su especialidad en el cual respondieron; Médicos, Anestesiólogos, Médicos internistas, licenciadas en enfermería, técnicos en enfermería. Los encuestados conforman las diferentes áreas del sistema asistencial del Hospital Carlos LAN Franco La Hoz.

Se inicio la encuesta planteando la siguiente pregunta; ¿Cómo definiría usted los signos vitales de un paciente?, en la cual la mayoría la define que son funciones o parámetros de suma importancia que detallan el estado en que se encuentra el cuerpo de una persona. Seguidamente se plantea la pregunta 2; ¿Cuál de los signos vitales considera de mayor importancia? Según la encuesta realizada en el cual se obtiene que el 99% de los encuestados señala que la saturación de oxígeno (SPO2), frecuencia cardiaca(Fc), electrocardiograma (ECG) y la presión arterial (PNI) como parámetros fundamentales a ser medidos o evaluados con mayor frecuencia; mientras que un 75% considera que la frecuencia respiratoria(Fr) y temperatura corporal (T°) como parámetros a medir con regular frecuencia, así mismo pequeño porcentaje de los encuestados señala que los parámetros como el Dióxido de

carbono (CO<sub>2</sub>), índice biespectral (BIS), también deben ser considerados ya que se utilizan en pacientes que requieran ser evaluados cada cierto tiempo.

En la pregunta 5, se propone la pregunta, ¿en qué tipo de pacientes se cree necesario utilizar un sistema de monitoreo remoto?, en cual la respuesta fue en que sería necesario en pacientes aislados, pacientes que padezcan enfermedades crónicas así como en la actualidad pacientes que padecen de enfermedades contagiosas como el COVID, así como también en pacientes que necesitan ser evaluadas y controladas regularmente y por falta de camas de hospitalización no pueden ser hospitalizadas y son derivadas a su domicilio y necesitan ser evaluadas constantemente motivo por el cual sería de gran ayuda el sistema de monitoreo propuesto en este proyecto. Para finalizar se planteó la pregunta 6; ¿Si llegara a contar con un sistema de monitoreo remoto de bajo costo, usted haría uso del dispositivo?; en el cual cerca del 90% estuvo a favor de utilizar el sistema de monitorio ya que consideran de gran aporte y ayuda en la telemedicina.

### 3.2 DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECIFICO 2: DETERMINAR LOS SIGNOS VITALES A MEDIR PARA EL CONTROL DE LOS PACIENTES CON VIGILANCIA REMOTA.

Luego de haber realizado el estudio de los principales signos vitales, esta investigación considerara un conjunto de signos vitales que en la práctica facilitaría la medición de manera remota para el control de los pacientes por parte del personal médico de salud.

El diseño del proyecto a implementar constará en el uso de diferentes sensores que se detallará a continuación.

#### 3.2.1 Sensor de temperatura

El sensor de temperatura corporal permite medir la temperatura periférica al realizar el contacto directo con la piel del paciente.

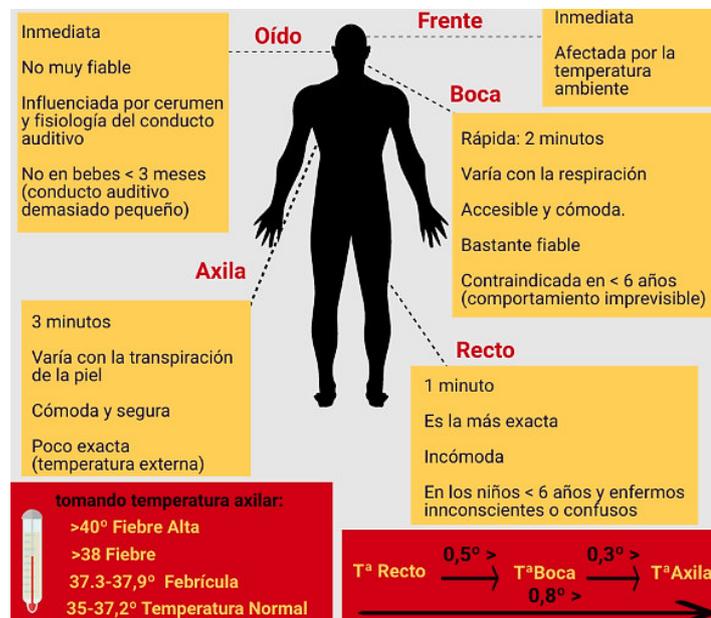


Figura 19. Medición de la temperatura corporal.

Fuente: El blog de Pills,2022

Un sensor de temperatura es un dispositivo eléctrico y electrónico que permite brindar datos de temperatura utilizando una señal eléctrica específica. La señal se puede enviar de manera directa o cambiando a la resistencia, así mismo a este dispositivo también se le llama sensores térmicos, sensores de calor, detector de calor o sondas de calor.

A. Sensor AMD004

Es tipo de sensor es utilizado en el ámbito de la salud para la monitorización de la temperatura corporal y es compatible con las diferentes marcas de monitores de signos vitales que hay en los diferentes establecimientos de salud pública y privada ya que cumple con las normas generales de seguridad, ofreciendo así la confiabilidad para el área usuaria. Está conformado por conectores, cable extensor y resistencia de termistor.

Características Técnicas:

- Temperatura ambiente de: 10°C – 40°C
- Humedad relativa 30% - 70%
- Consta de conector, cable y resistencia.
- Rango de medición: 25°C-45°C
- Tiempo de respuesta:  $\leq 150s$
- Error de medición permitido:  $\pm 0,1$  °C.



**Figura 20: Sensor de Temperatura AMD004**

**Fuente: Medical Expo, 2022**

Ámbito de Aplicación:

Se utiliza junto a un sistema de monitorización de signos vitales, la cual recoge y transmite la señal de la temperatura corporal del paciente.

- Superficies de adultos y pediátrica -piel
- Esófago – adulto y niños

B. Sensor de temperatura 3600

Este es un modelo de sensor utilizado en un solo paciente y una vez culminado su uso, se recomienda desechar ya que su fabricación así lo indica. Este modelo de sensor mantiene la exactitud necesaria para obtener un resultado de temperatura confiable. Al ser un accesorio desechable su costo por lo general implica un costo mayor ya sea para el paciente, así como también para el establecimiento de salud.



**Figura 21: Sensor de temperatura 3600**

**Fuente: 3M, 2022**

#### Características técnicas

- Rango de medición de: 25°C a 43°C
- Error de Medición:  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$
- Diámetro total: 4,1 cm
- Altura: 0.5 cm
- No invasivo

#### Ámbito de Aplicaciones

Este sensor es Compatible con todos los monitores de pacientes que aceptan el tipo de conector YSI-400, para así obtener la medición de temperatura desea de manera confiable. Su uso está dirigido:

- Antes de iniciar un procedimiento quirúrgico.
- Durante el periodo operatorio.
- En una unidad de recuperación post Anestesia.
- En las Superficies de adultos y niños – (piel)

#### C. Sensor MAX30208

El sensor MAX 30208 genera una precisión y medición de la temperatura corporal a nivel clínico, con un tiempo de respuesta rápido a los cambios de temperatura, facilita el diseño e implementación de dispositivos portátiles de salud que son alimentados por medio de baterías que integran medición de temperatura. Este sensor se puede conectar a una placa de circuito impreso o un circuito de placa flexible.



**Figura 22. Sensor MAX30208**

#### Características técnicas:

- No invasivo
- Voltaje de operación de 1.7v a 3.6v
- Corriente de uso necesaria 67uA.
- Rango de medición 30°C a 50°C
- Error de medición:  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$
- Dimensiones 2mmx2mmx0,75mm
- Utiliza una interfaz I2C para la comunicación
- Incluye FIFO de 32 palabras

#### Ámbito de Aplicaciones

- Puede ser utilizado en monitores de transporte
- Termómetro medico
- Ser utilizado para internet de las cosas.
- En las Superficies de adultos y niños – (piel)

Al analizar y comparar las características técnicas de los sensores y medir las ventajas y desventajas de cada uno de ellos, para el proyecto como primera instancia se decide emplear el sensor MAX30208 dada su flexibilidad para proyectos de integración de internet de las cosas (IOT) así mismo el costo accesible. Cabe recalcar que el sensor Max30208 es la primera opción para el proyecto dado sus ventajas y características técnicas sobre los demás ya que puede utilizarse otros sensores para el proyecto.

### 3.2.2 Sensor de Saturación (SPO2)

Un sensor de saturación u oxímetro de pulso es un dispositivo que permite medir la saturación de oxígeno en la sangre de manera no invasiva en pacientes que padecen alguna enfermedad respiratoria o mal cardiovascular, por lo general en una persona adulta o pediatra se coloca en el dedo índice del paciente a evaluar. Está compuesto por un led rojo y led infrarrojo y una foto receptor.

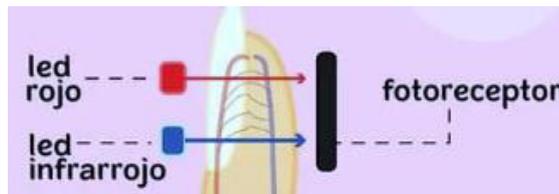


Figura 23. Funcionamiento de un oxímetro

Fuente: El Post de Biomédica, 2021

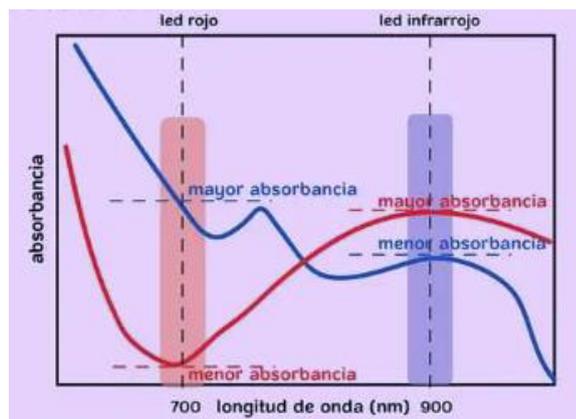


Figura 24: Rangos de medición

Fuente: El Post de Biomédica, 2021

La luz que emana de cada uno de los leds incide en la sangre, y se da a través de un ciclo de encendido y apagado on/off, la foto receptor responde a cada uno de los leds por separado. Mide la cantidad de luz que no se absorbe y producen señales normalizadas separadas para cada longitud de onda, el dispositivo cuenta con un procesador el cual calcula la relación en la luz roja y la luz infrarroja y el procesador convierte la relación en porcentaje la saturación de oxígeno de la sangre. (sopitas,2018)

#### **A. Sensor de SPO2 Oxi DS100A**

Es un modelo de sensor que registra datos de oxigenación de la sangre a precisión nivel clínico y hospitalario permite medir fácilmente el porcentaje de oxígeno en la sangre la frecuencia cardíaca.



**Figura 25. Sensor de SPO2 DS100A**

#### Características técnicas

- Conector distal de color purpura
- D-sub de 9 pines
- No invasivo
- Diámetro de cable: 4mm

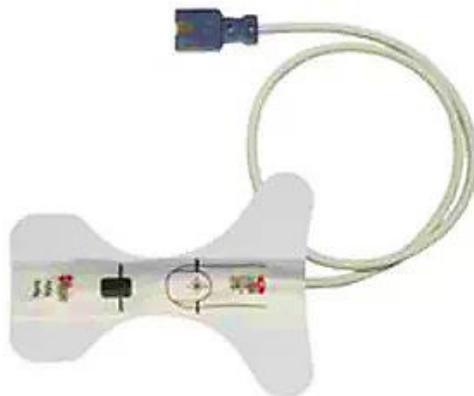
- Longitud del cable: 1.6 m
- Tecnología nellcor
- Peso aproximado de:90 gr.
- Conector proximal adulto, clip adulto
- Certificación FDA- 80601-2-61:202

#### Ámbito de aplicaciones

- Este modelo sensor es compatible con las diferentes marcas de oxímetro de pulso multiparamétricos y portátiles reconocidos a nivel internacional.
- Uso en pacientes adultos y pediátricos en un establecimiento de salud o domiciliario.

#### **B. Sensor de oximetría LNCS desechable**

Este modelo de sensor de saturación (SPO2) con cable de bajo ruido (LNCS) como su nombre lo indica es para un solo uso por cada paciente para evitar infecciones cruzadas.



**Figura 26 Sensor LNCS desechable**

**Fuente: Masimo, 2022**

#### Características técnicas

- Medición precisa y rápida
- Flexible y adaptable
- Cuenta con adhesivo para un solo uso
- El material con el que este fabricado libre de látex.

- Longitud de cable 1 m.
- Uso en pacientes pediatras y adultos.

#### Aplicaciones

- Este sensor puede ser utilizado en las diferentes partes del cuerpo.
- Compatible con las diferentes de monitores que hay e n el mercado.

### C. Oxímetro de pulso de dedo CMS50D

Este es un modelo pequeño de oxímetro de dedo, portátil y ligero que brinda datos de la saturación de oxígeno en la sangre y frecuencia cardiaca muy utilizada por su fácil acceso en el mercado local.



**Figura 27. oxímetro de dedo**

**Fuente: News mundo, 2021**

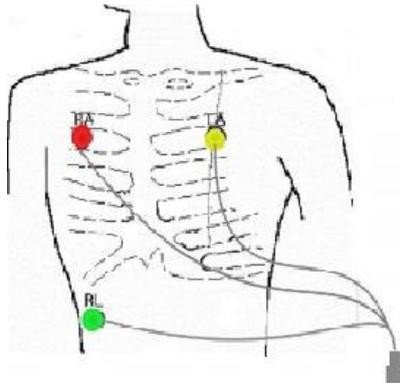
#### Características técnicas

- Rango de medición 0-100%
- Sensor óptico: luz roja (600nm, 6,65mw) e infrarrojo (880nm,6,75mw)
- Pantalla led
- Consumo < 30mA
- Alimentación: 2 pilas de 1,5v AAA
- Precisión de  $\pm 2\%$  entre 70 y 100%.
- Apagado automático

Al realizar el análisis y la comparación de cada uno de los sensores de saturación detallados, se eligió SPO2 DS100A por su de flexibilidad y compatibilidad con diferentes marcas de oxímetros en el mercado ya que así nos permite usar en proyectos de IoT, se indica que el sensor DS100A es la primera opción para el proyecto dado sus ventajas y características técnicas sobre los demás ya que cualquier sensor que consta de 9 pines en el conector que puede utilizarse para el proyecto.

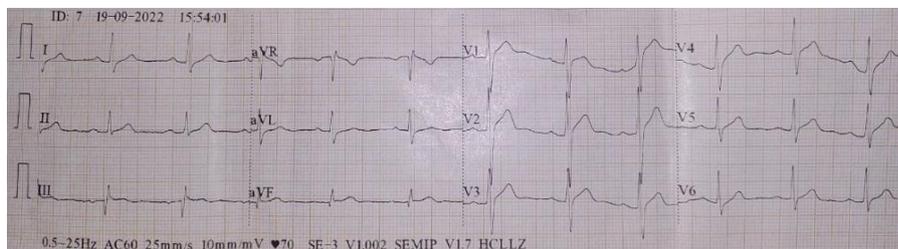
### 3.2.3 Electrocardiograma (ECG)

Es una tarjeta electrónica que tiene la función de interpretar de manera no invasiva la actividad eléctrica del corazón para evaluar si está dentro de los parámetros ideales, asimismo proporciona la lectura de la frecuencia respiratoria del paciente.



**Figura 28. Posicionamiento de Electrodo**

**Fuente: Electronics innovation,2022**



**Figura 29. Grafica de la Actividad Eléctrica**

Los electrodos posicionados correctamente en el pecho del paciente como se visualiza en la figura 29, captan las señales eléctricas generadas por el corazón para así ser transformada una señal



- LED de encendido: No
- Indicador LED: se ilumina según la frecuencia cardíaca
- Rango de temperatura nominal: 0 a 70°C
- Rango de temperatura de funcionamiento: -40 a 85 grados
- ECG o modo de configuración de ECG y salida como lectura analógica
- Recibe señales de los intervalos PR y QT
- Diseñado para extraer, amplificar y filtrar

#### B) Sensor de ECG ADS1292R

Este es una pequeña tarjeta electrónica cumple la función de medir el electrocardiograma y la frecuencia respiratoria de un paciente. Es un aplaca que facilita la conexión con microcontroladores como el Raspberry pi o Arduino el acceso a esta tarjeta es escaso ya que se tiene que cumplir una serie de requisitos para su importación.



**Figura 31. Sensor de ECG ADS1292R**

**Fuente: Protocentral, 2022**

#### Características técnicas

- Regulador de voltaje de 3,3 V de bajo ruido incorporado.
- Traductor de nivel lógico integrado para interfaz Arduino.
- Un área de creación de prototipos para agregar componentes
- Cable de electrodo de 3.5m

- Conectores de electrodos ecg, 1 cada uno
- Dimensiones 3.5cmx3cm
- Compatible con las placas Yun y Due

### C) Sensor EKG GoDirect

Mide la actividad eléctrica del corazón y las señales eléctricas producidas por las contracciones musculares. La opción inalámbrica minimiza las preocupaciones sobre los cables enganchados o enredados durante la experimentación. Este sensor proporciona dos salidas separadas. Uno es para formas de onda de ECG estándar de 3 derivaciones y el otro está optimizado para grabaciones de EMG de superficie.



**Figura 32. Sensor de EKG GoDirect**

**Fuente: Vernier, 2022**

### Características Técnicas

- Rango:  $\pm 200\text{mV}$
- Resolución:  $24\mu\text{V}$
- Frecuencia máxima de muestreo: 400 muestras/segundo
- Configuración del canal de ECG
- Paso alto: 0.300Hz
- Paso bajo: corte de -3 dB a 22,5 Hz, caída de -80 dB por encima de 50 Hz
- Configuración del canal EMG

- Paso alto: 2Hz
- Paso bajo: corte de -3dB a 29 Hz, atenuación de -80 dB por encima de 50 Hz
- calculadora de frecuencia cardiaca
- Enlace Inalámbrico: Bluetooth
- Alámbrico: USB

#### D) Sensor de ECG BMD 101

Este es un modelo de sensor que tiene la función de detectar la actividad eléctrica del corazón, así como la frecuencia cardiaca además este módulo de sensor cuenta con dos electrodos para fija en un paciente y obtener datos deseados.



**Figura 33. Sensor de ECG 101**

**Fuente: AliExpres,2022**

#### Características técnicas.

- Conector de alimentación: pin
- Voltaje de alimentación: 3.7v
- Corriente:20mA
- Módulo de comunicación: bluetooth 2,1/ puerto serie
- Cobertura inalámbrica:10m
- Dimensiones:2.2cmx4cm
- Tipo de electrodo: metal
- Respuesta de frecuencia (Hz):0.5-100
- Frecuencia de muestreo (HZ):512

Tras el análisis y comparación, se puede deducir que hay diferentes tipos de sensores de electrocardiogramas que cumplen la función de proporcionar datos de la actividad eléctrica del corazón y la frecuencia respiratoria. Dada sus ventajas y características sobre los demás, se eligió el sensor de ECG ADS1292R por motivos de practicidad y compatibilidad con microprocesadores para ser utilizado en proyectos de IOT.

### 3.2.4 Presión arterial no invasiva (PNI)

La presión arterial es la presión en las arterias que el corazón bombea por todo el cuerpo. Cuando el corazón late, se contrae y empuja la sangre a través de las arterias hacia otras partes del cuerpo. Esta fuerza crea presión en las arterias. La presión arterial se registra en dos valores principales: la primera es sistólica (cuando el corazón late) y diastólica (cuando el corazón se relaja entre latidos).

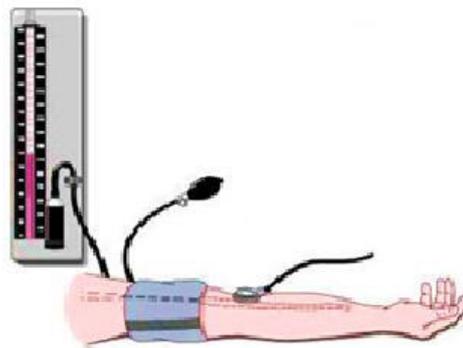


Figura 35. Medida de la Presión arterial

Fuente: Mi tensiómetro, 2022

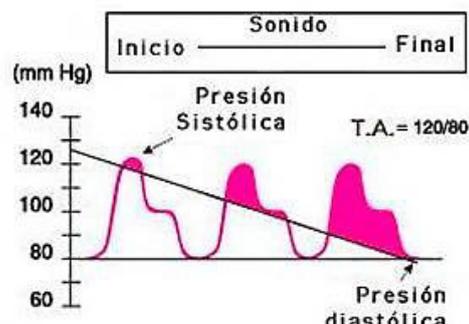


Figura 34. Rango de trabajo en un Tensiómetro

Fuente: Mi Tensiómetro, 2022

### A) Tensiómetro (Esfigmomanómetro) manual



**Figura 36. Tensiómetro manual**

**Fuente: Amazon, 2022**

#### Características técnicas

- Alcance de medición de presión: 0 – 300mmHg
- Largo de tubo conexión pera-brazalete: 48cm
- Largo de brazalete 54cm
- Válvula de liberación de aire.
- Diámetro de manómetro: 4.6cm

#### Aplicaciones

- Uso en pacientes adultos y pediátricos.
- Utilizado en establecimientos de salud o domiciliario.

### B) Tensiómetro digital

Estos modelos de tensiómetros son los más solicitados y utilizados en el ámbito de la salud, por su amplia confiabilidad y practicidad de uso. Muchos pacientes u personal de salud cuentan con estos para obtener datos de la presión diastólica y sistólica de manera rutinaria y así llevar un control apto de su estado de su salud.



**Figura 37. Tensiómetro Digital**

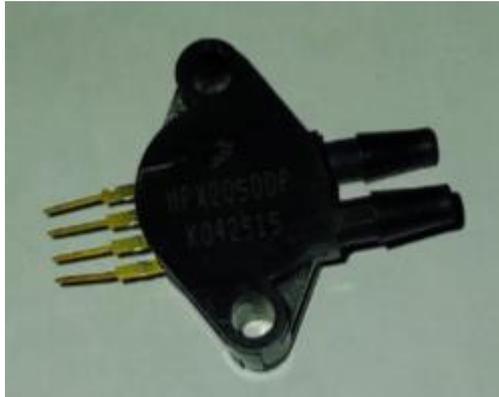
**Fuente: Biomedical,2022**

#### Características técnicas

- Medición de la presión arterial y pulso
- Detección de arritmias
- Pantalla LCD
- Almacenamiento de 99 datos
- Peso, 600 Gramos
- Dimensiones 98 (ancho) x 163 (largo) x 106 (largo) mm / 3,9 (ancho) x 6,4 (largo) x 4,2 (alto) pulgadas.
- Precisión interna  $\pm 3$ mmHg
- Fuente de alimentación: 4 pilas AA de 1.5v
- Compatible con brazaletes adultos y pediátricos

#### **C) Sensor de presión MPX 2050 DP**

Es un tipo de sensor de presión hecho de silicio el cual integra un chip de dos puertos con calibración y compensación de temperatura, Este se sensor proporciona una salida de voltaje continuo proporcional a la presión aplicada. El sensor es un diafragma de silicio que esta ajustado por medio de laser para un mejor alcance de presión, desviación y compensación de temperatura.



**Figura 38. Sensor de presión MPX 2050 DP**

**Características técnicas:**

- Rango de trabajo 0 a 50 KPa (o a 75 psi)
- Rango de temperatura de 0 a 85 °C
- 2 puertos
- Medida diferencial
- Voltaje de alimentación: 16v
- Corriente típica: 6mA
- Sensibilidad: 0.8mV/Kpa
- Linealidad: -0.25 a 0.25% de full span
- Impedancia de salida: 1400 $\Omega$  a 300  $\Omega$
- Tiempo de respuesta: 1 ms
- Presión en P1 debe ser siempre mayor o igual a P2.

**Aplicaciones:**

- Uso en equipo médico de diagnóstico
- Para Control de bombas y electricidad.
- Uso en presión de estrés
- Medición de la presión arterial no invasiva

Luego del análisis y comparación de cada una de los dispositivos y sensores que se utilizan para medir la presión arterial de manera no invasiva en una persona, se optó en uso de un tensiómetro para realizar las pruebas de medición de la presión arterial ya que se es

apropiado para utilizar en este proyecto relacionado a la tecnología IOT por sus características técnica y facilidad en la implementación.

### **3.2.5 Evaluación de componentes**

Una vez culminado con el análisis y evaluación de cada uno de los sensores, módulos y dispositivos médicos que son utilizados para la medición de los signos vitales del cuerpo humano como se muestra en el desarrollo del Objetivo Específico 2, se ha iniciado evaluando el sensor de temperatura del cual se menciona tres modelos que son utilizados para medir la temperatura corporal; de estos modelos se ha optado por el sensor Max 30208 dada sus ventajas y características sobre los demás, además de la practicidad de su uso. Para la evaluación de la saturación de oxígeno en la sangre se realizó el estudio y evaluación de tres dispositivos, de los cuales he elegido el sensor SPO2 DS 100A dada su confiabilidad y eficiencia al implementar en el proyecto.

Para realizar la toma de muestra de la actividad eléctrica del corazón y frecuencia respiratoria realizada mediante el electrocardiograma (ECG), se ha seleccionado de entre cuatro dispositivos distintos, al sensor de ECG ADS 129R, dada su practicidad y compatibilidad para ser utilizado en este proyecto en función de sus especificaciones técnicas que permitirán la obtención de estos parámetros para obtener la lectura de la frecuencia respiratoria del paciente.

Para finalizar el estudio de evaluación se definió utilizar el sensor de presión MPX 2050 DP para realizar la medición de la presión arterial dada sus características técnicas, y su versatilidad para ser utilizada en proyectos que utilizan las técnicas de Internet de las cosas (IoT), en conjunto con una gama de microprocesadores compatibles para el proyecto.

### 3.3 DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECIFICO 3: DEFINIR LAS ETAPAS DEL PROCESO E IMPLEMENTAR EL SISTEMA MULTIPARAMÉTRICO.

#### 3.3.1 Diagrama de Bloques

Luego de haber realizado un análisis sobre los sensores que formaran parte del sistema multiparamétrico, y de haber seleccionado los dispositivos más eficientes y compatibles para la investigación se presenta a continuación un diagrama de bloques que sintetiza las diferentes etapas y procesos involucrados en la ejecución del sistema.

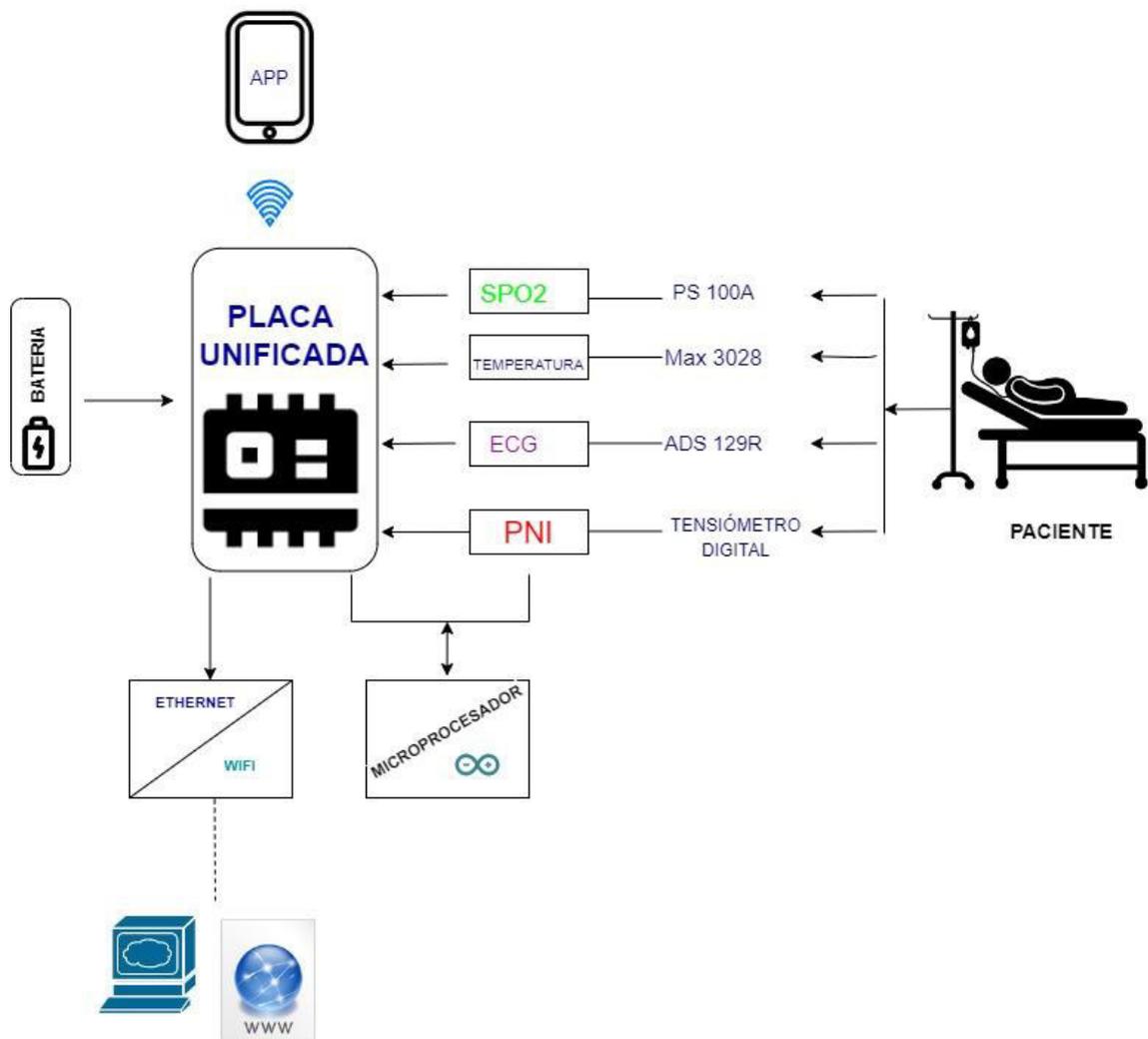


Figura 39. Diagrama de Bloques

### 3.3.2 Etapa de Recopilación de datos

#### A) Descripción de uso del sensor para la saturación de oxígeno

Para la obtención de datos de saturación de oxígeno se recomienda colocar el sensor en el dedo índice del paciente o en el dedo anular, para obtener un dato preciso de la saturación es recomendable que el dedo este limpio y libre de esmalte para uñas o uñas postizas que impidan un buen resultado

La conexión de SENSOR OXI DS100A hacia el monitor de signos vitales se realizará de manera alámbrica, la posición correcta en la fijación de sensor del dedo se realizará cuando la uña coincida con la luz led infrarroja como se muestra en la (figura 40), posteriormente se introducirá el dedo índice en el sensor como se muestra en la (figura 41).



**Figura 40. Luz led infrarroja del sensor**



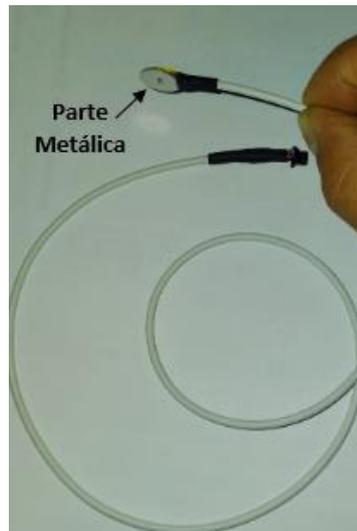
**Figura 41. Posición correcta del sensor**

#### B) Descripción de uso para el sensor de Temperatura Corporal

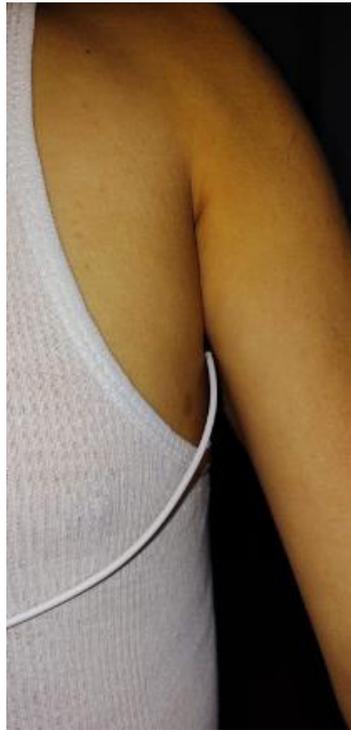
Generalmente el sensor de temperatura que se utiliza en este proyecto es utilizado en la superficie de la piel del paciente. La

Posición en la fijación del sensor lo determinara el médico o personal cargo del paciente, pero generalmente este modelo de sensor se suele fijar en la axila del paciente ya que es donde se concentra el calor específico del cuerpo, que nos permite saber la temperatura a la que se encuentra el cuerpo del paciente a monitorizar o evaluar. Para la fijación del sensor es recomendable que la superficie de la piel (Axila) esté libre de sudoración o algún agente que interfiera en la medición.

Para realizar la medición lo primero que se debe realizar es conectar el terminal del sensor MAX 30208 al prototipo de monitor. Seguidamente se debe hacer contacto con la parte metálica del sensor y la piel (Axila) a continuación se aprecia en la (figura 43) la posición adecuada del sensor de temperatura que se fija en la axila para hacer una medición más precisa en un paciente que necesita ser evaluado.



**Figura 42. Parte Metálica del Sensor de Temperatura**



**Figura 43. Posición Axilar del sensor de Temperatura**

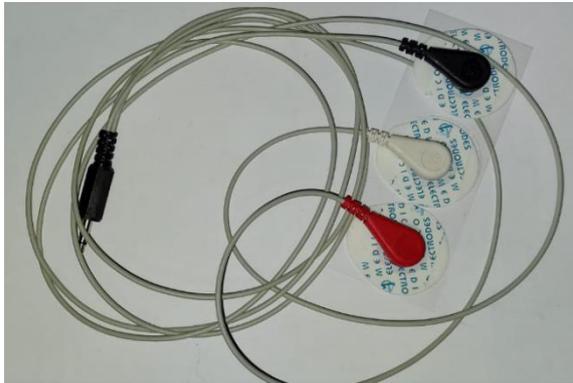
C) Descripción de uso para el sensor de electrocardiograma (ECG)

Como se detalló en el marco teórico, el electrocardiograma permite medir y evaluar las diferentes enfermedades relacionadas con la actividad cardiaca del corazón así mismo permite medir la frecuencia respiratoria que son parámetros fundamentales a tomar en cuenta en la evaluación de un paciente, la posición a fijar de cada uno de las derivadas viene indicada en el mismo latiguillo que tiene las siguientes denominaciones:

- RA: Right arm (Brazo Derecho)
- LA: Left arm (Brazo Izquierdo)
- LL: Left leg (Pierna Izquierda)

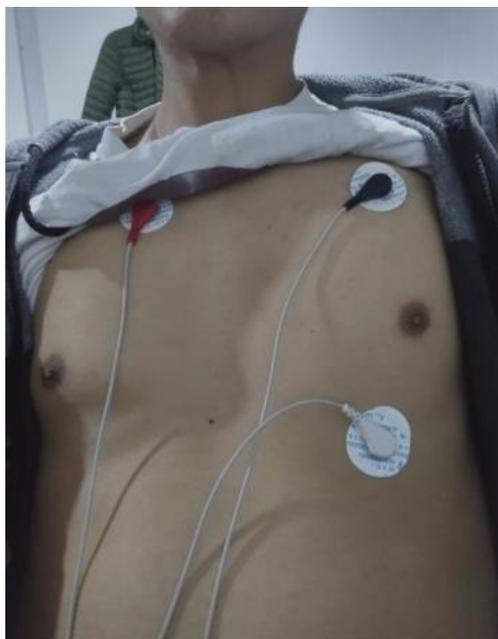
El sensor que se utiliza cuenta con un ramal de 3 derivaciones como se muestra en la (Figura 44), cada derivación es de un color diferente que permite identificar la posición en la que se debe fijar sobre el cuerpo del paciente, por lo general un ramal de ECG se coloca en el tórax en forma de un triángulo invertido el electrodo rojo (pectoral mayor), el electrodo blanco (pectoral menor) y el electrodo negro va en el apéndice o lado izquierdo

del abdomen como se detalla en la (figura 45), la posición correcta de las tres derivadas para la evaluación del electrocardiograma



**Figura 44. Ramal con 3 Derivaciones**

Se recomienda antes de iniciar el procedimiento de evaluación por medio del electrocardiógrafo; limpiar la piel con alcohol y el paciente esté libre de artículos decorativos como aretes, collar o reloj o cualquier otro objeto metálico que interfiera en la evolución del paciente que este relajado sobre una camilla (preferiblemente), antes de fijar los electrodos que están conectados a las tres derivaciones.



**Figura 45. Fijación de los Electroodos**

#### D) Descripción de uso del tensiómetro

Para el desarrollo de este proyecto se propone el uso de un tensiómetro digital de fácil uso en ambientes hospitalario y domiciliarios tanto para el personal de salud y paciente, el cual brinda datos de la presión sanguínea de manera no invasiva (presión sistólica “SYS” que es el primer valor, se da cuando el corazón se contrae y la presión Diastólica (DIA) que es el segundo valor, se da cuando el corazón se relaja entre un latido y otro). Las presiones normales en una persona se mantienen por lo general entre los siguientes valores y las unidades en que se miden el mmHg.

Presión Sistólica (SYS)      120mmHg -140mmHg

Presión Diastólica (DIA)      80mmHg -90mmHg



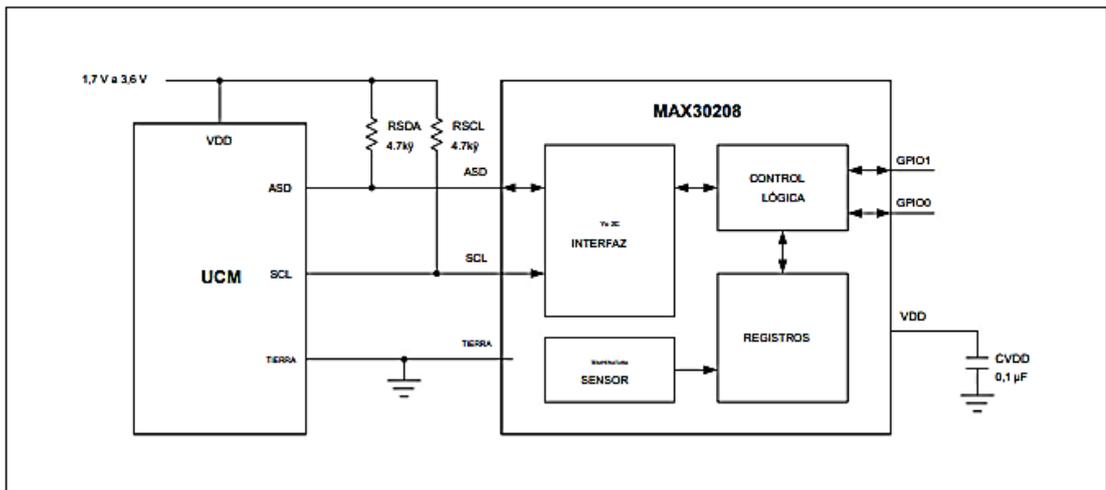
Figura 46: Tensiómetro Digital

### 3.3.3 Etapa de Procesamiento de datos

#### A) Procesamiento de datos en el sensor de temperatura

El sensor MAX30208 mide la temperatura con una precisión de  $\pm 0,1$  °C en un rango de temperatura de +30 °C a +50 °C y una precisión de  $\pm 0,15$  °C en un rango de temperatura de 0 °C a +70°C. El dispositivo se comunica a través de una interfaz I2C estándar con líneas de datos en serie (SDA) y de reloj en serie (SCL) para leer el FIFO, que contiene hasta 32 lecturas de temperatura de 2 bytes. El dispositivo funciona correctamente en

un rango de temperatura de -40°C a +85 °C sin ningún daño. El dispositivo se enciende en un estado de espera de bajo consumo. Para iniciar una medición de temperatura, el maestro debe escribir un '1' en el bit CONVERT\_T del registro TEMP\_SENSOR\_SETUP[0x14]. No muestree a más de 20Hz, ya que el tiempo total para que una muestra esté lista después de enviar un comando de conversión puede ser de hasta 50ms. Después de la conversión, que tarda 15ms(típicamente), los datos de temperatura resultantes se almacenan en el FIFO y el dispositivo vuelve al estado de espera. CONVERT\_T se borra automáticamente a '0'. Los datos de temperatura de salida están calibrados en grados Celsius. Los datos de temperatura se almacenan como un signo justificado a la izquierda, de 16 bits con signo extendido en complemento a dos en el registro de datos FIFO Los datos son complemento a dos donde el MSB determina el signo de la temperatura con un MSB de 1 indicando una temperatura negativa y un MSB de 0 indicando una temperatura positiva. Para calcular la temperatura a partir del resultado de la medición resultado de la medición, convierta el valor del complemento a dos en el valor decimal y utilice la siguiente ecuación para todas las resoluciones de bits  $T = \text{Valor decimal} \times 0,005$  Por ejemplo, si el resultado es 0x1CE8, convierta a decimal para obtener 7400, entonces  $T = 7400 \times 0,005$  o 37°C. La tabla 1 ofrece ejemplos de datos de salida digital y la correspondiente lectura de temperatura (Maxim Integrated Products, 2020).



**Figura 47: Diagrama de Funcionamiento del sensor de temperatura**

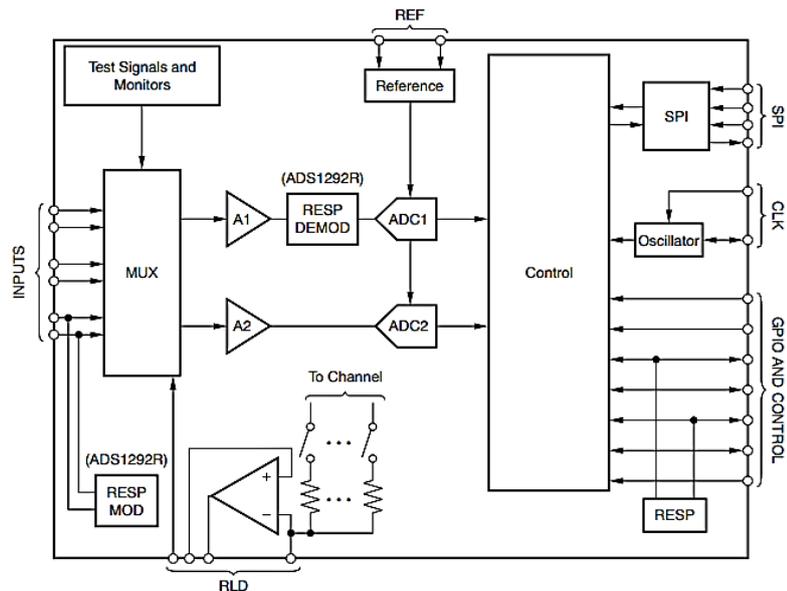
**Fuente: [www.datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX30208.pdf](http://www.datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX30208.pdf)**

**B) Procesamiento de datos en el sensor de electrocardiograma**

El integrado ADS1292R es un convertidor analógico a digital (ADC) multicanal, muestreo simultáneo, 24 bits, delta sigma ( $\Delta\Sigma$ ) con un amplificador de ganancia programable (PGA) incorporado, referencia interna y un oscilador a bordo. El ADS1292R incorpora todas sus funciones que se requieren comúnmente en aplicaciones portátiles de electrocardiograma médico (ECG) de baja potencia, deportes y acondicionamiento físico. Con un alto nivel de integración y un rendimiento excepcional, ADS1292R permite la creación de sistemas de instrumentación médica escalables con un tamaño, potencia y costo general significativamente reducidos. El convertidor de analógico a digital cuenta con un multiplexor de entrada flexible por canal que se puede conectar de forma independiente a las señales generadas internamente para detección de prueba, temperatura y derivación.

Además, se puede seleccionar cualquier configuración de canales de entrada para la derivación de la señal de salida de conducción de la pierna derecha (RLD). El ADS1292R funciona a velocidades de datos de hasta 8 kSPS. La detección de derivación se puede implementar internamente en el dispositivo, utilizando el sumidero o la fuente de corriente de excitación

interna del dispositivo. La versión ADS1292R incluye una función de medición de impedancia de respiración totalmente integrada. Los dispositivos están empacados en un paquete plano cuádruple delgado de 32 pines (TQFP) de 5 mm × 5 mm y un paquete plano cuádruple de 32 pines de 4 mm x 4 mm sin cables (VQFN). La temperatura de funcionamiento se especifica de – 40°C a +85°C.



**Figura 48: Diagrama de bloque simplificado**

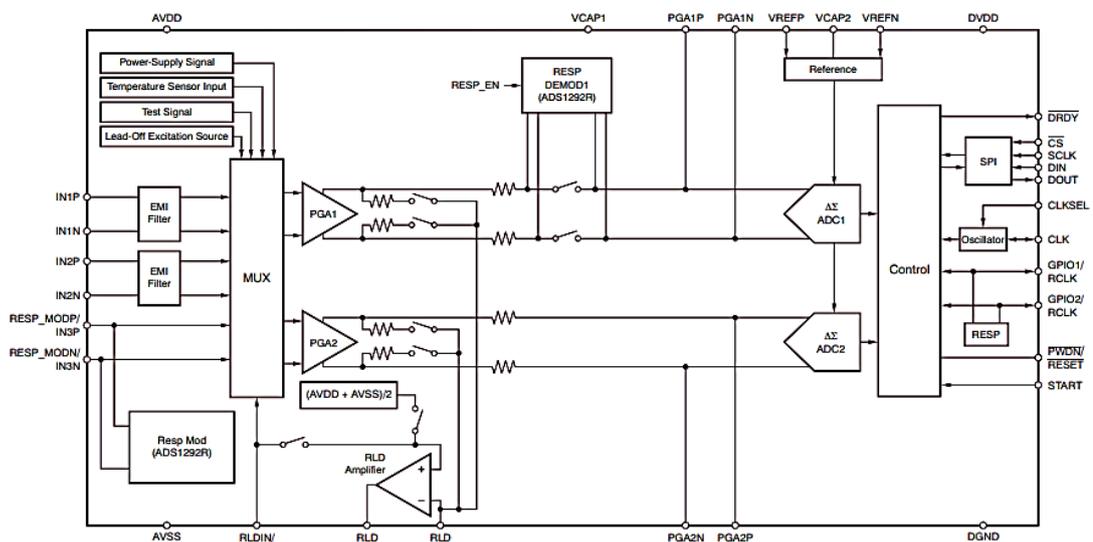
**Fuente: [www.ti.com](http://www.ti.com)**

El ADS1292R tienen un multiplexor altamente programable que permite mediciones de temperatura, suministro, cortocircuito de entrada y RLD. Además, el multiplexor permite programar cualquiera de los electrodos de entrada como la unidad de referencia del paciente. La ganancia PGA se puede elegir entre siete configuraciones (1, 2, 3, 4, 6, 8 y 12). Los ADC en el dispositivo ofrecen velocidades de datos de 125 SPS a 8 kSPS. La comunicación con el dispositivo se logra mediante una interfaz compatible con SPI. El dispositivo proporciona dos pines de E/S de propósito general (GPIO) para uso general. Se pueden sincronizar varios dispositivos usando el pin START.

La referencia interna se puede programar a 2,42 V o 4,033 V. El oscilador interno genera un reloj de 512 kHz. El versátil bloque de

activación de la pierna derecha (RLD) permite al usuario elegir el promedio de cualquier combinación de electrodos para generar la señal de activación del paciente.

La detección de derivación se puede lograr mediante el uso de una resistencia pull-up o pull-down externa o la fuente o sumidero de corriente interna del dispositivo. También está disponible una función de detección interna de salida de CA. Además de las características anteriores, el ADS1292R ofrece opciones para circuitos de respiración internos mencionado anteriormente (Texas instrument Incorporated, 2022).



**Figura 49: Diagrama del funcionamiento del circuito de electrocardiograma**  
 Fuente: [www.ti.com](http://www.ti.com)

### C) Procesamiento de datos en el sensor de saturación

El AFE4400 es una solución frontal analógica (AFE) completa destinada a aplicaciones de oxímetro de pulso. El dispositivo consta de un canal receptor de bajo ruido. Con un convertidor analógico a digital integrado (ADC), una sección de transmisión de LED y diagnósticos para el sensor y LED de detección de fallas. Para facilitar los requisitos de reloj y proporcionar un reloj de baja fluctuación al AFE, también se integra un oscilador que funciona desde un cristal externo. El dispositivo se comunica con un microcontrolador externo o un procesador host mediante una interfaz SPI. La sección Diagrama de bloques funcional

proporciona un diagrama de bloques detallado para el AFE4400. Los bloques se describen con más detalle en las siguientes secciones.

El dispositivo es una solución AFE completa empaquetada en un paquete único y compacto VQFN-40 (6 mm × 6 mm) y se especifica en el rango de temperatura de funcionamiento de 0°C a 70°C.

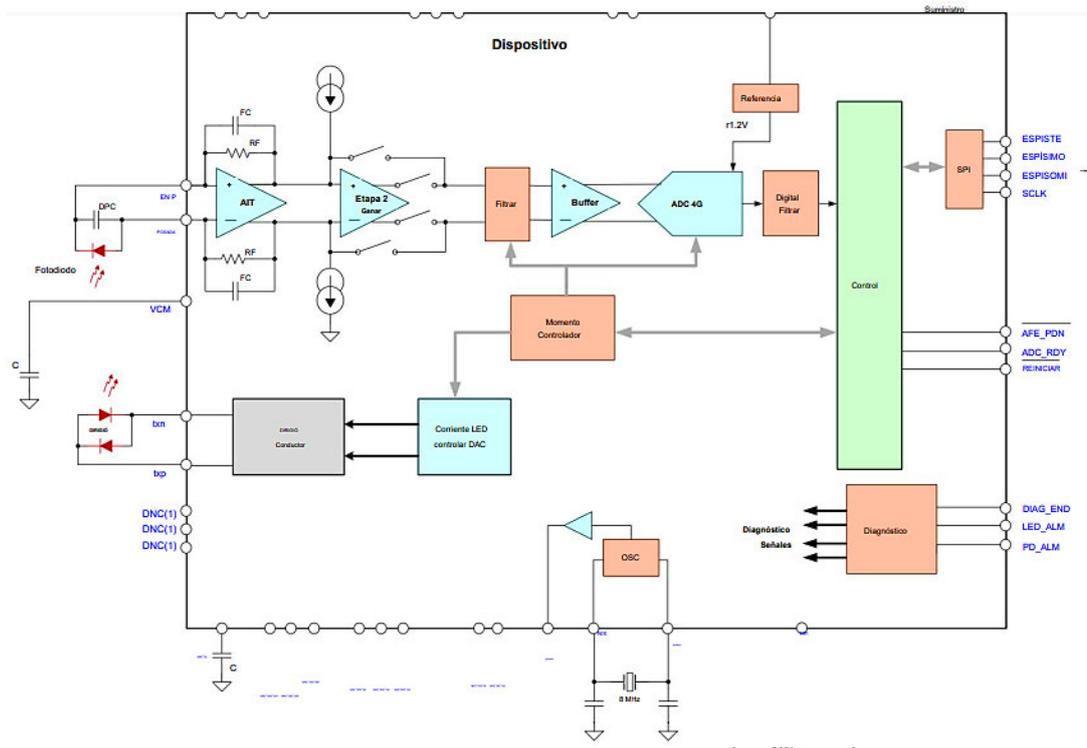


Figura 51: Diagrama del funcionamiento del sensor de saturación.

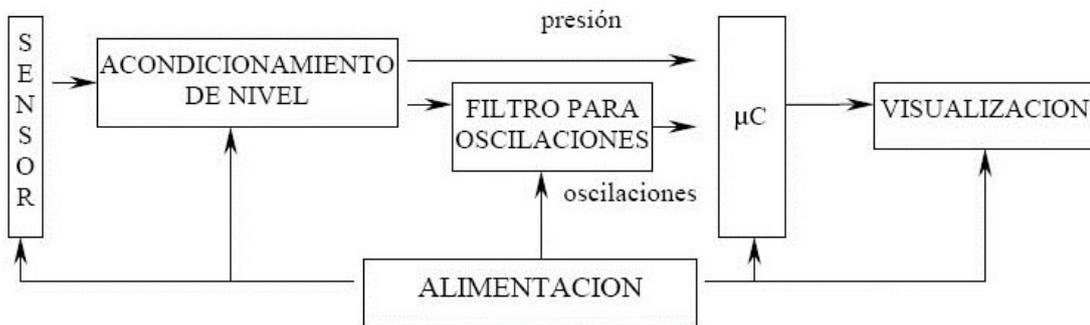
Fuente: [www.ti.com/](http://www.ti.com/)

#### D) Procesamiento de datos en el sensor de presión

Los tensiómetros digitales mantienen un funcionamiento similar entre todos. Consta de un sensor, y de varias etapas que incluyen filtrado, amplificación y visualización.

Cada tensiómetro digital mantiene una memoria que almacena con ciertas limitaciones, las mediciones que realiza en tiempo real, para luego revisarlas posteriormente por los usuarios. En

este método, se accede a esa memoria interna (EEPROM) y por medio de sus protocolos de comunicación I2C, con microcontrolador o placa como Arduino, se puede recoger esa información enviada a través de los puertos seriales y graficarles, para luego realizar análisis o enviarlo a través de la red. Se muestra el siguiente diagrama referencial empleado para la presión arterial.



**Figura 52: Diagrama de funcionamiento del tensiómetro digital**

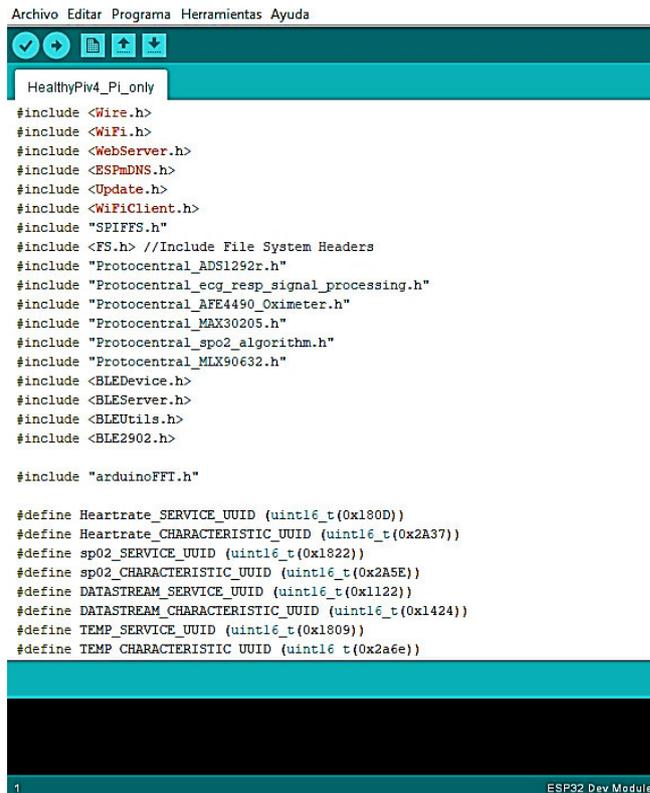
Al realizar una medición con el brazalete, el sensor, se encarga de convertir la presión en niveles de tensión diferencial que son introducidos a un acondicionador (o en otros casos etapa de amplificación), donde surgen dos señales: una de ellas hace un previo paso por un filtro pasa bajo, va directo al canal de conversión del microcontrolador, y la otra señal será filtrada para obtener las oscilaciones que serán analizadas por el microcontrolador luego de ser convertidas digitalmente. El microcontrolador analizará y calculará las presiones y las pulsaciones por minuto (PPM) para luego visualizarlas. Todos los bloques, son alimentados por la misma fuente de alimentación.

### 3.3.4 Etapa de Transmisión de datos

#### a) Programación del módulo ESP32

El ESP 32 es un procesador que incorpora wifi / bluetooth, tiene la capacidad de integrar varios interfaces para conectarse con

varios periféricos. Este procesador forma parte de la placa Healthy pi el cual tiene la función de enviar datos de signos vitales de manera remota mediante wifi o bluetooth hacia una aplicación y un servidor local. En la siguiente figura se muestran parte de la programación para los propósitos mencionados.



```
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
HealthyPiv4_Pi_only
#include <Wire.h>
#include <WiFi.h>
#include <WebServer.h>
#include <ESPmDNS.h>
#include <Update.h>
#include <WiFiClient.h>
#include "SPIFFS.h"
#include <FS.h> //Include File System Headers
#include "Protocentral_ADS1292r.h"
#include "Protocentral_ecg_resp_signal_processing.h"
#include "Protocentral_AFE4490_Oximeter.h"
#include "Protocentral_MAX30205.h"
#include "Protocentral_spo2_algorithm.h"
#include "Protocentral_MLX90632.h"
#include <BLEDevice.h>
#include <BLEServer.h>
#include <BLEUtils.h>
#include <BLE2902.h>

#include "arduinoFFT.h"

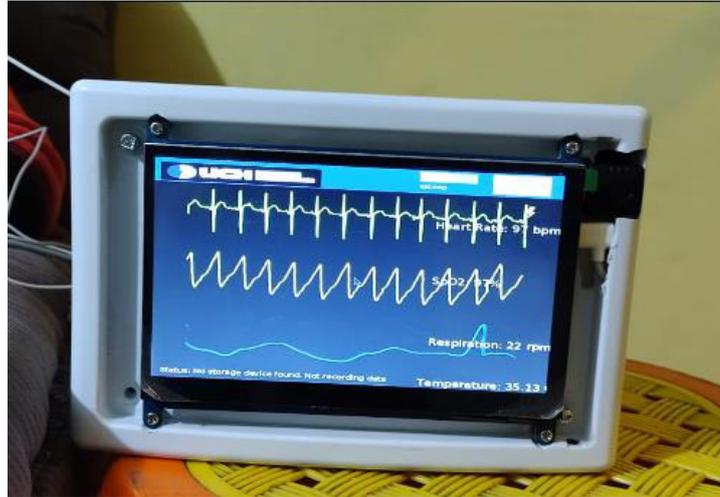
#define Heartrate_SERVICE_UUID (uint16_t(0x180D))
#define Heartrate_CHARACTERISTIC_UUID (uint16_t(0x2A37))
#define spo2_SERVICE_UUID (uint16_t(0x1822))
#define spo2_CHARACTERISTIC_UUID (uint16_t(0x2A5E))
#define DATASTREAM_SERVICE_UUID (uint16_t(0x1122))
#define DATASTREAM_CHARACTERISTIC_UUID (uint16_t(0x1424))
#define TEMP_SERVICE_UUID (uint16_t(0x1809))
#define TEMP_CHARACTERISTIC_UUID (uint16_t(0x2a6e))

1 ESP32 Dev Module
```

**Figura 53: Definición del módulo ESP 32 en IDE Arduino**

b) Modo Pi

En esta parte del desarrollo el modo pi se da a conocer la función de Healthy pi junto a Raspberry pi en el mundo que ambos interactuar por medio de la programación Processing para el ensamblaje del monitor signos vitales independiente como se visualiza en el la figura 54.



**Figura 54: Modo Pi del Prototipo sistema multiparamétrico**

c) Modo Inalámbrico

En esta parte del proceso de transmisión de datos hacia una APP el hardware (Healthy Pi V4), realiza tal función gracias modulo ESP32, esta presenta capacidades inalámbricas y portátiles. Por tal motivo Healthy pi permite la vinculación o emparejamiento con teléfonos inteligentes a través de BLE (Bluetooth de baja energía), que es una tecnología Wireless basada en el estándar bluetooth 4.0, que gracias a la poca necesidad de energía que necesita cuenta con un transponder que sigue emitiendo un ping rate ajustable, emitiendo una señal de 2.4Gz con un alcance de aproximadamente de 100 metros. Healthy pi v4 permite admitir el emparejamiento con otros dispositivo IOT para ser usado enredes de mallas gracias a BLE que agrega capacidades de seguridad.

Para acceder a los datos medidos a través de los servicios de BLE estándar para la frecuencia cardiaca, saturación de oxígeno, temperatura corporal, capacidad de duración de la batería, datos de la electrocardiograma y respiración. Las notificaciones utilizadas de Healthy pi para transmitir datos hacia a la aplicación. La tarjeta cuenta con un control deslizante el cual permite cambiar de PI al modo WL en la placa Healthy pi v4 para cambiar del modo V3 al modo BLE. El dispositivo se reinicia y

muestra una indicación, el LED amarillo se enciende durante 2,5 segundos, el Healthy pi v4 entra en modo standby y el LED amarillo parpadea hasta que se establece la conexión. Cuando esté conectado, el LED dejará de parpadear y cuando esté desconectado, el LED comenzará a parpadear hasta que se establezca la conexión. La aplicación se usa para comunicarse directamente con el hardware Healthy pi 4, a través de los mismos servicios de BLE que se mencionaron anteriormente y se puede visualizar cada uno de los signos vitales en una sola pantalla con se da conocer en la (figura 55).

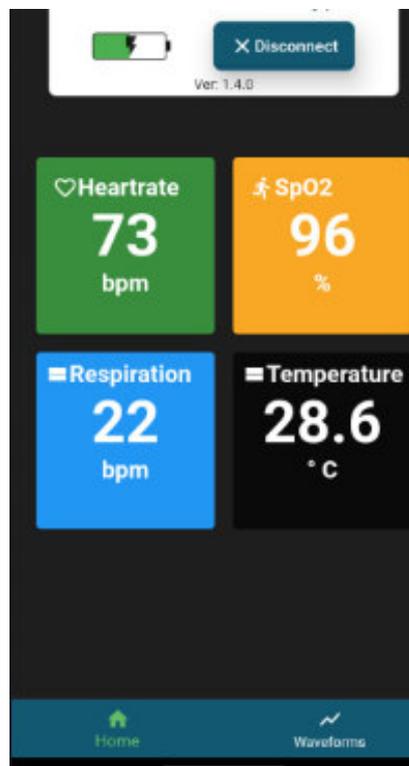
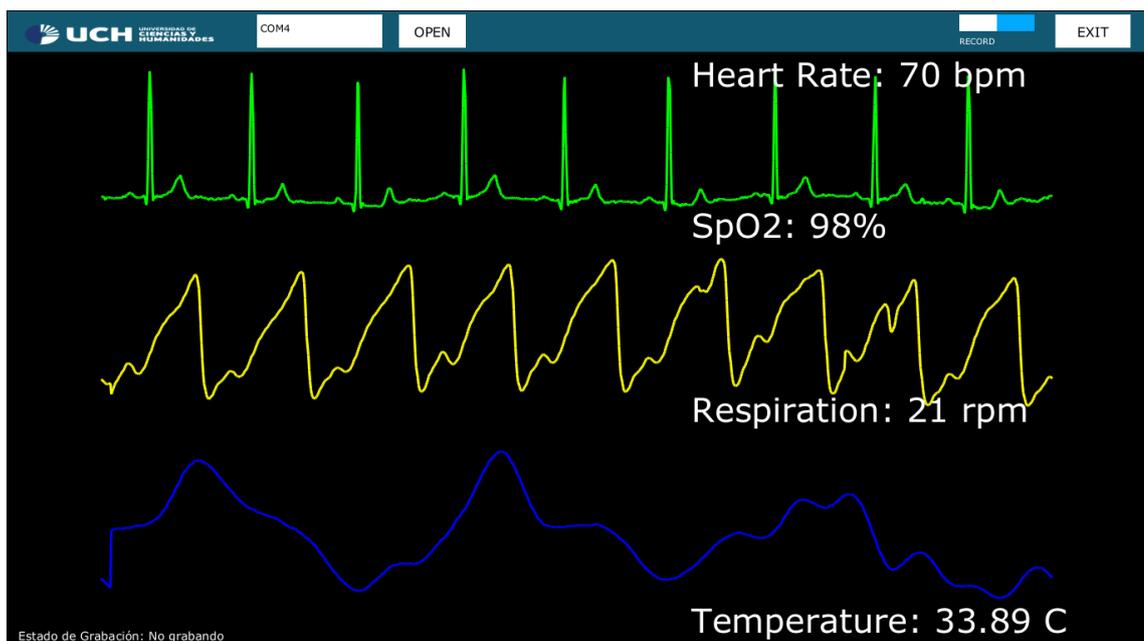


Figura 55: Aplicación APP Healthy Pi 4

d) Transmisión Wifi

En el modo Servidor web/Wifi, Healthy Pi puede transmitir datos en tiempo real a través de una red local que se crea utilizando el módulo ESP32. Asimismo, emplear una conexión Wifi disponible. Se inicia el dispositivo ingresando en el modo de servidor web utilizando un punto de acceso Wifi (AP) estándar de Healthy Pi. Para acceder a la página de inicio de la aplicación, es necesario conectar el dispositivo Wifi a la red Wifi "Healthy Pi"

y apuntar su navegador web a la IP Local (192.168.8.1, en algunos casos). La página del servidor web de Healthy Pi muestra los valores calculados en tiempo real, así como la opción de actualizar el firmware. En la placa Healthy pi se cambiará el modo BLE a modo V3 al modo de servidor web. La placa se reiniciará en Wifi cuando el led amarillo este encendido durante 2,5 segundos, luego se encenderá y apagará para indicar el modo de servidor web y un punto de acceso Wifi (AP) con un LED azul parpadea aproximadamente de 5 a 6 segundos. veces. finalmente, el punto de acceso Wifi significa que puede conectarse al ESP32 desde cualquier PC o teléfono inteligente habilitado para Wifi sin conectarse a un enrutador como se visualiza en la siguiente figura.



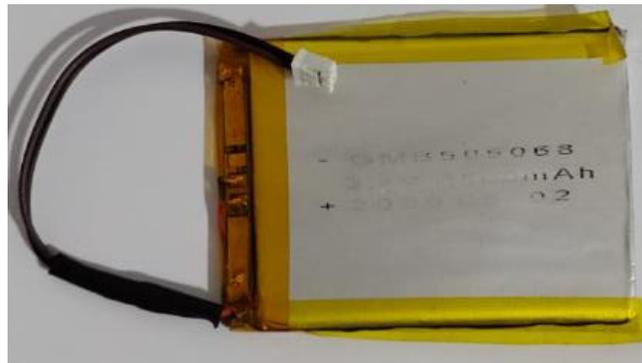
**Figura 56: Pantalla modo Servidor Web**

### 3.3.1. Etapa de Alimentación

Para esta etapa de alimentación de energía, para el dispositivo a implementar se requerirán de dos fuentes de alimentación que se dividirán en alimentar los microcontroladores y otra fuente que permitirá abastecer de suficiente energía a la pantalla táctil Lcd. El primero es una batería recargable de litio que tiene las características de:

**Tabla 8: Especificaciones Técnicas de Cargador**

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Tensión Nominal	3.7 V
Capacidad mínima	1200mAHh
Descarga de voltaje de carga	2.75v-3.0v
Impedancia de batería	$\leq 80m \Omega$
Temperatura	0°C - 45°C
Tiempo de carga	1 a 2 horas
Dimensiones	(57mm) x(5mm) x(78mm)



**Figura 58: Batería Recargable de Litio**

El segundo es un cargador que brindara energía a la pantalla táctil, dispositivo que utiliza la corriente de 220v (60 Hz) con salida de (5Vdc y 3A) para suministrar de energía por el conector tipo C.



**Figura 57: Cargador de Pantalla Lcd**

### 3.3.2. Ensamblaje del prototipo

Para iniciar con el ensamblaje del prototipo se tuvo en prioridad el tamaño y orden de los dispositivos electrónicos a utilizar como son los sensores, microcontroladores, conectores(cables), batería entre otros; por tal motivo se optó en el uso de una caja de distribución y compartimiento eléctrico que cumple con las necesidades técnicas para la implementación del prototipo como se visualiza en la figura (59).



Figura 59: Caja de Ensamblaje

Antes de iniciar a realizar el proceso de fijación de los componentes y accesorios que irán al interior de la caja, se inició con la fijación de la pantalla que en la parte superior de la tapa como se evidencia en la figura 60.



**Figura 60: Fijación de la pantalla en la tapa superior**

Para realizar la fijación de la pantalla y sus conectores que lo conforman se realizó una serie de adecuaciones a la tapa de la caja como se aprecia en la (figura 61). Así mismo fijo firmemente la pantalla utilizando una serie de tornillos para evitar algún daño a esta y sus conectores internos.



**Figura 61: Adecuación de la pantalla en la tapa de caja**



**Figura 62: Fijación de Conectores y cables de la pantalla**

Como se aprecia en la (figura 62), se visualiza la posición en la que ira cada uno de las tarjetas electrónicas (microcontroladores y ordenadores), junto a ello los sensores y fuente de alimentación todo ello al interior de la caja.



**Figura 63: Posición interna de tarjetas electrónicas y componentes en la caja**

### **3.4 DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECIFICO 4: IDENTIFICAR LA PLATAFORMA WEB PARA ALMACENAR Y ORDENAR LA INFORMACIÓN OBTENIDA PARA EL MONITOREO CONTINUO**

#### **3.4.1 Plataforma Web**

Para la obtención de los datos y monitoreo en tiempo real, se opta por implementar plataformas de acceso remoto que contengan cifrada la información, o que viajen a través de la web seguros. Para ello se implemente en el equipo una red privada virtual (VPN) y la plataforma TeamViewer para el acceso remoto a la Raspberry. Esto permitirá acceder a la medición de los datos en tiempo real, y registrar o almacenar la información adquirida mediante capturas, tablas de Excel o formularios de Google, siendo el método usado preferido el médico o técnico asistente encargado de la revisión de los datos

##### **A) Protección de datos en IOT**

La creciente demanda en uso del Internet de las Cosas (IoT) está cambiando la forma de comprender el mundo actual. Objetos inteligentes conectados a la red interactuando entre sí pueden recoger información y realizar acciones sin necesidad de la mano del hombre, nuevas tecnologías pueden analizar los datos y proporcionar nueva información con la que actuar. La independencia de los objetos y la transformación de nuestra relación con ellos, supone un cambio en modelos de negocio y gestión, así como un impacto y un cambio en la sociedad. La descentralización genera que gran cantidad de información que se mueva por la red y puede ser tratada, acomplejan mantener un control sobre los datos de los usuarios que recogerán los dispositivos. La privacidad y protección personal se encuentra entre las principales amenazas que traen consigo el IoT y que debemos afrontar con la mayor claridad y certeza posible. Garantizar que no haya un uso malintencionado de los datos, respetar la vida privada de los usuarios y sobre anteponer su privacidad e intimidad por encima de los beneficios económicos o “cotidianos” que el uso de dispositivos inteligentes nos puede aportar cosas positivas. La Unión Europea ya está trabajando en

mejorar y ajustar el marco de protección de ley para minimizar las amenazas y afrontar los riesgos que la llegada del IoT plantea para la seguridad de nuestros datos. Los fabricantes ya saben de estos desafíos y de la necesidad de incluir medidas de seguridad desde el diseño y la planificación de una forma práctica en cada parte del ciclo de vida de los objetos. La sociedad debemos ser conscientes de la importancia del derecho a decidir, controlar y saber sobre nuestros datos, así como de la responsabilidad de cuidar de ellos (Fernández C, 2017).

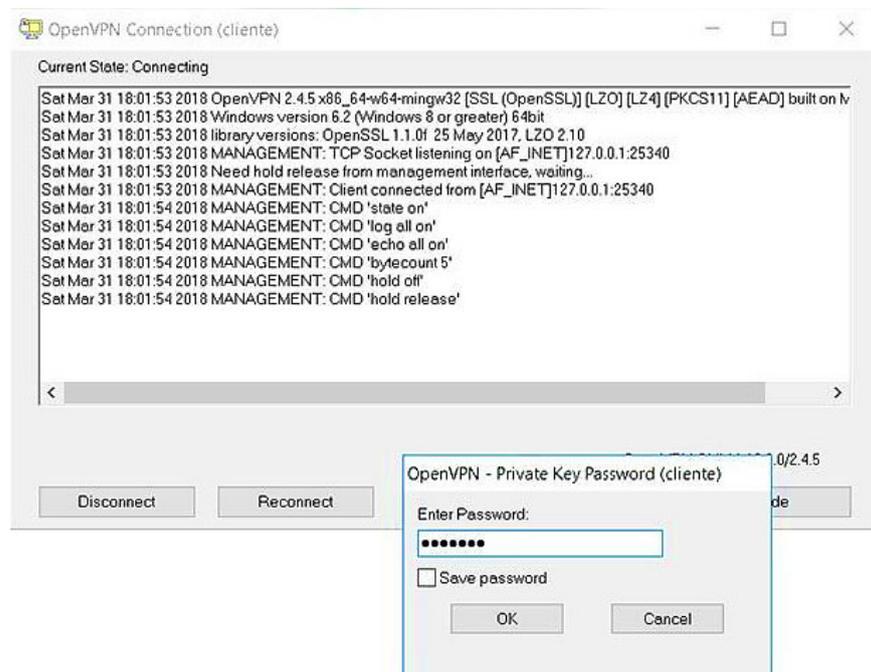
## B) Open VPN

Es una aplicación de fuente abierta que puede ser utilizada en una red privada Virtual (VPN), Utiliza una conexión del servidor del cliente para generar y proporcionar conexiones más seguras entre un servidor y una ubicación del cliente remoto sobre el internet. Open VNP utiliza OpenSSL para el cifrado de la UDP y del TCP para la transmisión de tráfico. Una red privada virtual genera un túnel de seguridad de protección que es muchos menos vulnerables para ser manipulada o para los hackers ya que los datos enviados son enviados desde el ordenador a través de la conexión VNP. Como ejemplo se presenta la situación si se está utilizando Wifi en un ambiente ambiente, como al interior de u aeropuerto, guarda sus datos, transacciones de ser vistos por otros usuarios. Como el HTTPS, cifra los datos enviados las puntas de los extremos (Cisco,2022).

Este software permite conectar dos tipos de arquitecturas de VPN.

- VPN de Accesos Remoto, la cual consta de un servidor de VPN central y varios clientes VPN que pueden ser instalados en una computadora, Tablet o smartphone todos conectados a un servidor central VPN.
- VPN Site-to-site. La cual permite intercomunicar diferentes áreas ya sea para compartir recursos a través de la red de manera segura, protegida con cifrado punto.

Para la instalación de esta aplicación, en equipos de sistemas Linux, es relativamente sencillo, basta con solo descargar el script en bash proporcionado por los mismos desarrolladores. Este script evitara hacer todo el proceso engorroso de instalar las dependencias, y los ficheros de configuración. Facilitando la creación del servidor y de los ficheros cliente que serán compartidos en las máquinas que actuarán como receptores. Los clientes generalmente serán Windows o Mac, dependiendo del usuario. Con solo descargar la versión escritorio de Open VPN, y cargar el perfil de tipo .ovpn podrán acceder al servidor con sus credenciales ya configuradas.



**Figura 64: Cargando Perfil Open VPN**

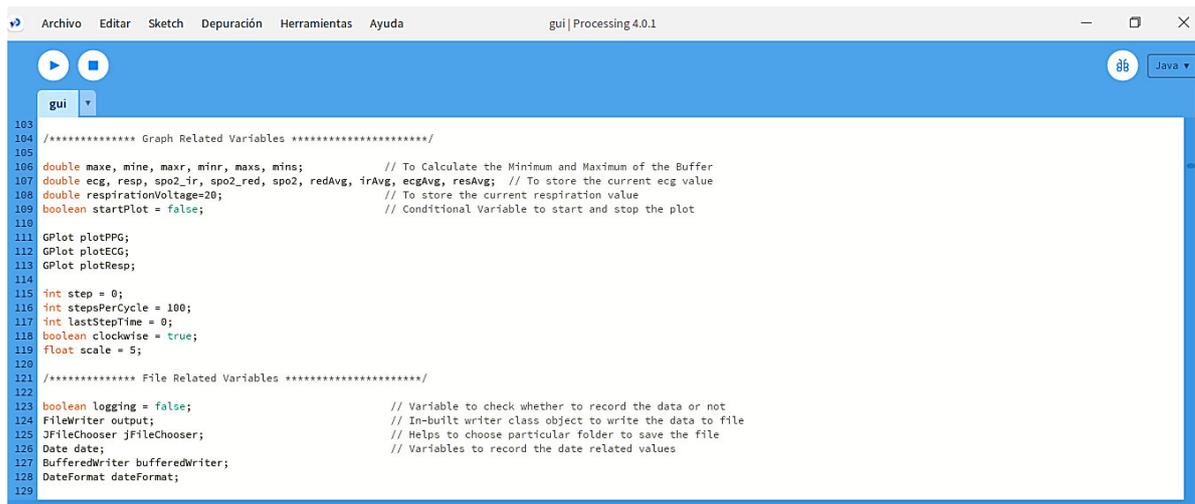
### **3.4.2 Codificación**

Cada sensor utilizado forma parte fundamental del sistema de monitoreo remoto, ya que de manera independiente no puede funcionar la medición y adquisición de datos de signos vitales. Para el uso de la tarjeta principal (procesador) se hizo el uso de la librería (programación) que son proporcionadas por la empresa diseñadora y creadora de cada uno de los sensores que se utilizan en la

implementación de los sensores que se utilizan en este proyecto y son mencionado en el objetivo (2).

### a) Procesamiento mediante de datos en el Processing

Processing es una aplicación de software que permite realizar diferentes acciones de programación como es escribir, editar, editar y compilar código java. Para la mostrar los datos obtenidos por medio de la placa Healthy pi de manera grafica (señales de onda sinusoidal) los parámetros de electrocardiograma (ECG), saturación de Oxigeno (SPO2), y frecuencia respiratoria (FR) son realizado s por intermedio de la Raspberry pi el cual es ejecutado por el software Processing compilando las librerías seriales necesarias para cada dato a graficar mencionados.



```
103
104 /***** Graph Related Variables *****/
105
106 double maxe, mine, maxr, minr, maxs, mins; // To Calculate the Minimum and Maximum of the Buffer
107 double ecg, resp, spo2_tr, spo2_red, spo2, redAvg, irAvg, ecgAvg, resAvg; // To store the current ecg value
108 double respirationVoltage=20; // To store the current respiration value
109 boolean startPlot = false; // Conditional Variable to start and stop the plot
110
111 GPlot plotPPG;
112 GPlot plotECG;
113 GPlot plotResp;
114
115 int step = 0;
116 int stepsPerCycle = 100;
117 int lastStepTime = 0;
118 boolean clockwise = true;
119 float scale = 5;
120
121 /***** File Related Variables *****/
122
123 boolean logging = false; // Variable to check whether to record the data or not
124 FileWriter output; // In-built writer class object to write the data to file
125 JFileChooser jFileChooser; // Helps to choose particular folder to save the file
126 Date date; // Variables to record the date related values
127 BufferedWriter bufferedWriter;
128 DateFormat dateFormat;
129
```

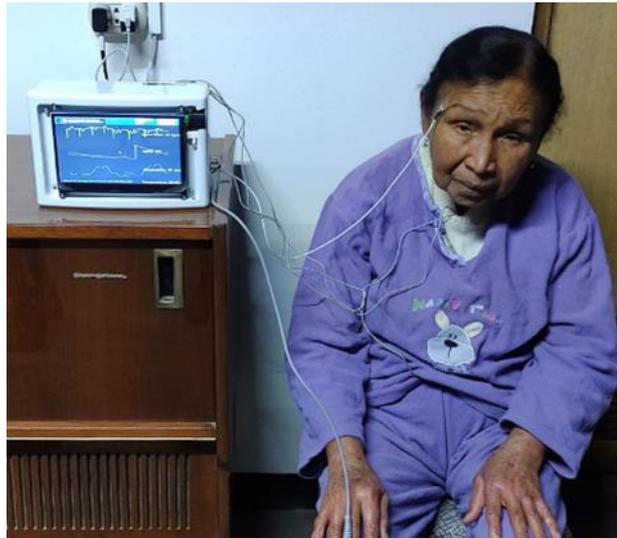
Figura 65. Programación de datos mediante Processing

### **3.5 DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECIFICO 5: REALIZAR PRUEBAS DE MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA.**

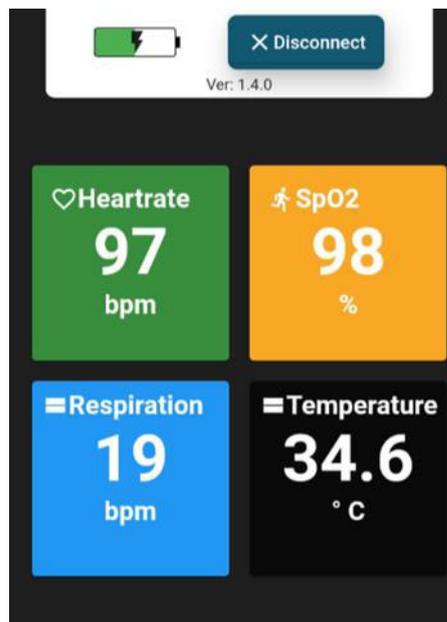
Para dar el visto bueno del prototipo del sistema de monitoreo remoto de signos vitales de manera remota. A manera de paciente se realizó las pruebas de manera personal y además a personas voluntarias para realizar la comprobación del funcionamiento del prototipo implementado.

Se tomo en cuenta la opinión de expertos en salud, Adicionalmente se hizo comparación con otros monitores de signos vitales que son utilizados en un establecimiento de salud común determinándose que los valores de saturación de oxígeno (SPO2), temperatura corporal, electrocardiograma, frecuencia respiratoria los cuales reflejan los valores de signos vitales normales ya que es de conocimiento que estos vales pueden variar de paciente a otro, como se visualiza en la figura (72), motivo por las cuales se puede decir que el prototipo implementado permite contrastar con todo lo mencionado anteriormente al realizar las pruebas.

Se realizó las pruebas en diferentes tipos personas, para iniciar con pruebas se hizo la evaluación a una adulto mayor, se inició con la fijación de los electrodos en el cuerpo seguido por el sensor de temperatura y finalmente el sensor de saturación en el dedo índice como se muestra en la figura (66) la edad de esta persona es de 86 años para cual cuales se realizó tal evaluación con permiso de ella misma, adicionalmente se muestra las pruebas realizadas y los resultados obtenidos en el prototipo de sistema multiparamétrico y en la aplicación visualizado en un dispositivo móvil figura (67).



**Figura 67. Fijación de electrodos y sensores para la evaluación de datos paramétricos**



**Figura 66. Visualización valores de signos vitales en APP del adulto mayor.**

En las siguientes imágenes se muestra la evaluación de signos vitales por medio del prototipo de sistema multiparamétrico, en la cual se considera realizar las pruebas a un niño de 10 años tal como se visualiza en la figura (68) así mismo la visualización de datos en la aplicación.



Figura 68. Evaluación de datos multiparamétricos a un niño.

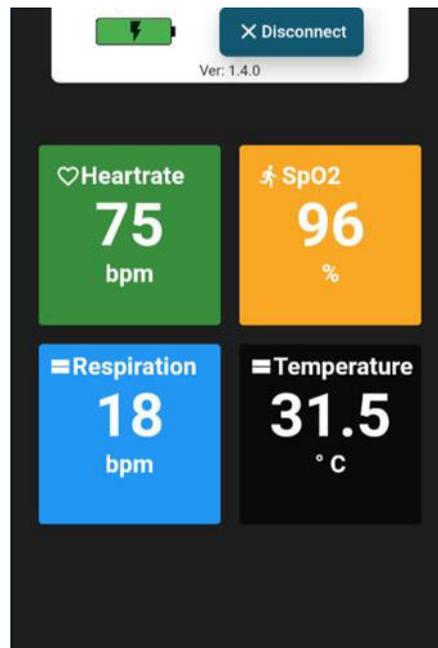


Figura 69. Visualización de datos paramétricos en APP del niño.

Seguidamente se muestran figuras de la evaluación de signos vitales por intermedio del prototipo del sistema de monitor de signos vitales, realizada a una persona adulta visualizándose en a la figura (70) y la APP en la figura (71).

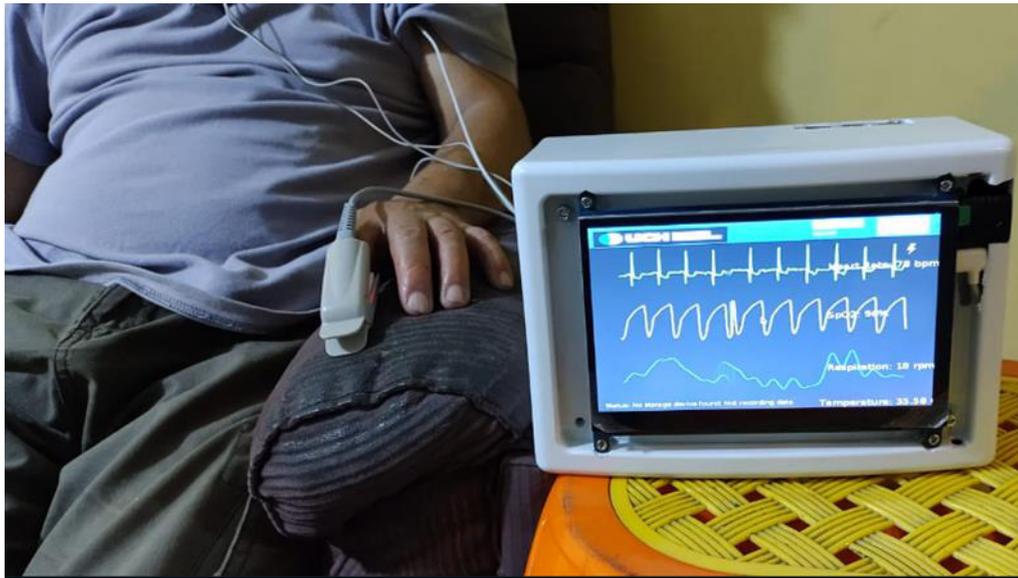


Figura 70. Evaluación a adulto con el prototipo de monitor multiparamétrico

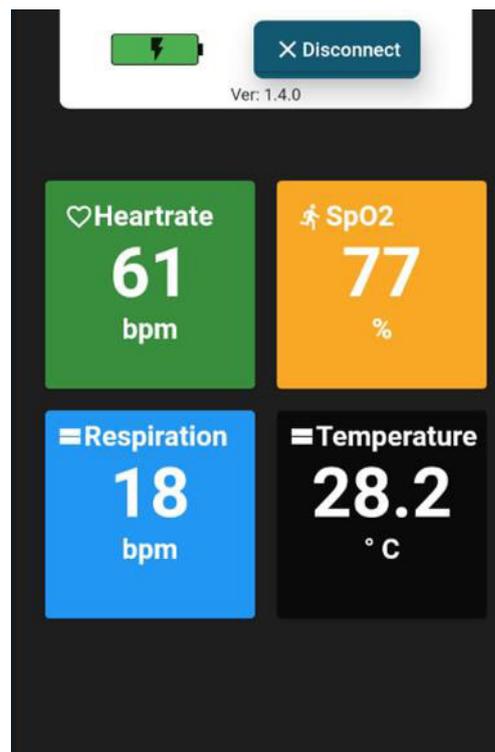
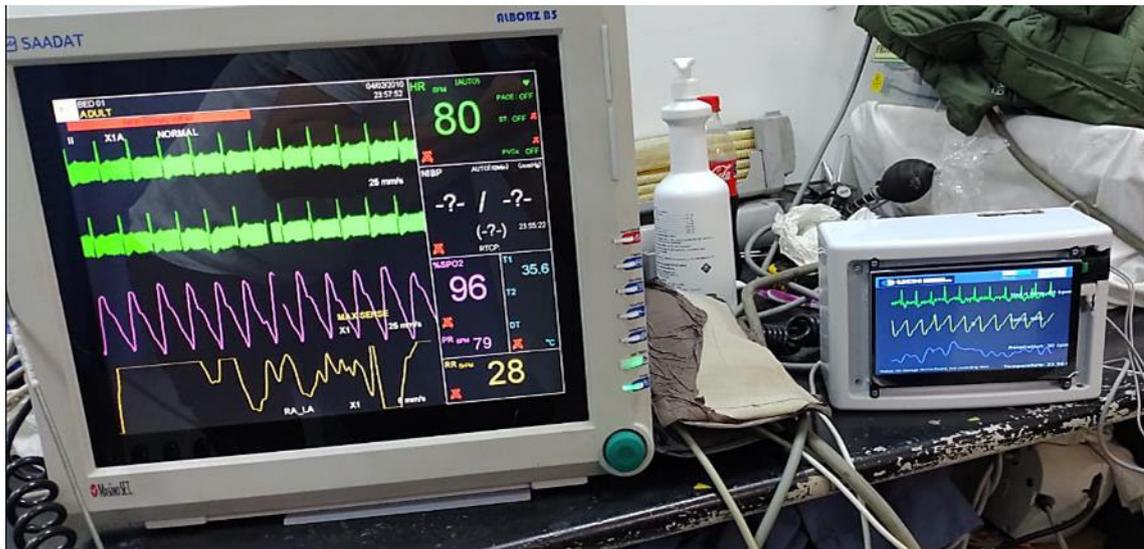


Figura 71. Visualización de parámetros en la APP

En las siguientes figuras se muestra las pruebas realizadas a manera de autoevaluación de signos vitales y junto a ello la evaluación realizada a una persona joven tomando en cuenta las comparaciones de los datos obtenidos con

otro monitor de signos vitales que es utilizando en un ambiente hospitalario como se visualiza en las siguientes figuras.



**Figura 72. Comparación de valores de parámetros entre un monitor hospitalario y el sistema multiparamétrico.**

Al realizar las comparaciones como se visualiza en la figura (72), se pudo corroborar que el prototipo de sistema multiparamétrico implementado es confiable, debido a que los datos obtenidos coincidían ambos pudiendo a ver un margen de error de 1% a 2% siendo favorable para la evaluación de signos vitales en un paciente.

Como se describió anteriormente en las siguientes figuras se muestra la evaluación realizada con ambos dispositivos y la evaluación media la APP en un smartphone.



Figura 73. Comparación de datos paramétricos principales de una persona joven

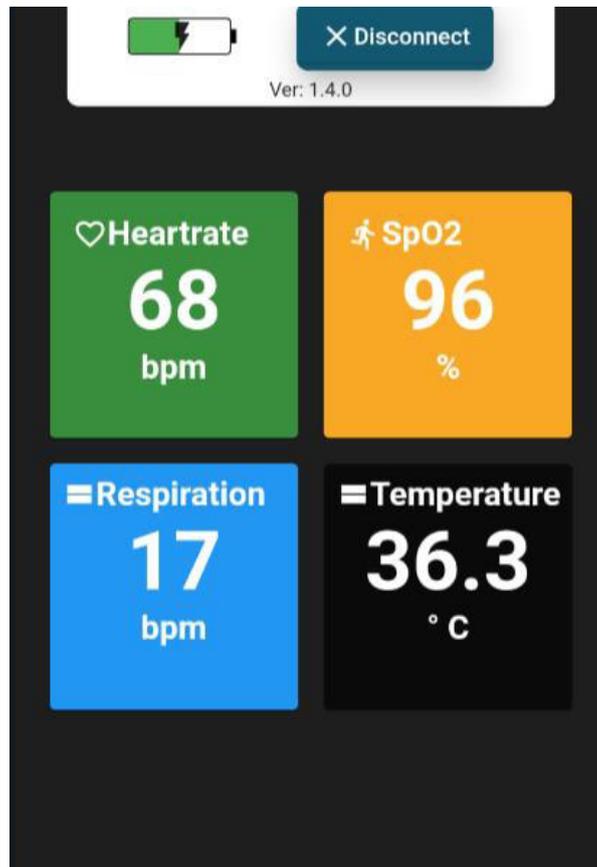
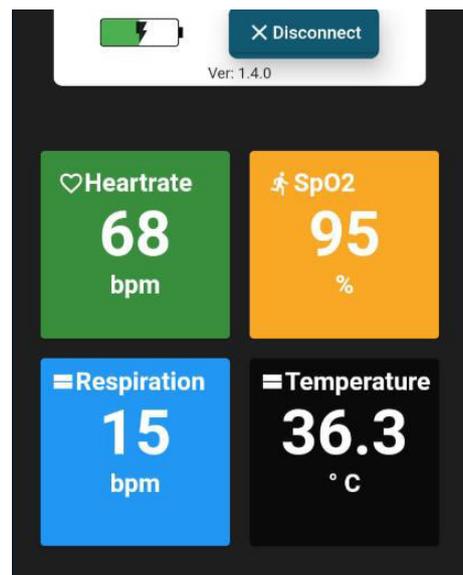


Figura 74. Visualización parámetros de manera inalámbrica

Finalmente en las siguientes figuras se visualiza el autodiagnostico que se realiza para constatar que el prototipo implementado funciona de acuerdo a las características señaladas anteriormente.



**Figura 75. Evaluación y comparación de datos parámetros principales de manera personal**



**Figura 76. Visualización de parámetros personales modo inalámbrico mediante APP**

## **CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE COSTO Y BENEFICIOS**

## 4.1. ANÁLISIS DE COSTOS

### 4.1.1. Recursos humanos

En el desarrollo de la investigación se tuvo que realizar diversas pruebas con el objetivo de encontrar los sensores apropiados para el desarrollo del sistema multiparamétrico se encargará de optimizar la medición de estos datos de manera remota, de modo que facilitará la evaluación de signos vitales en pacientes para los cuales no es necesario el asistir de modo físico y continuo al centro de salud.

También se realizaron una serie de pruebas al prototipo para lograr los objetivos trazados en esta investigación.

**Tabla 9: Recursos humanos**

ACTIVIDAD	COSTO	MONTO (\$/.)
Evaluación y pruebas de sensores	800	800.00
Pruebas de prototipo	600	600.00
Pruebas del código	1000	1000.00
<b>TOTAL</b>		<b>2400.00</b>

Los valores considerados se han establecido en función al desarrollo de la puesta en marcha del prototipo y de las pruebas realizadas para alcanzar los objetivos planteados.

### 4.1.2. Recursos materiales

#### A: Costo de materiales

Se ha considerado los precios de los materiales como sensores y equipos para la implementación del prototipo; así como los y recursos que se han utilizado para el desarrollo del sistema, de modo que esté acorde a los precios del mercado en comparativa con lo que se usa en los centros médicos.

**Tabla 10: Costos de equipos y sensores**

<b>SENSOR</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO TOTAL (S/.)</b>
Microcontrolador Raspberry Pi v3	400	400.00
Microcontrolador Raspberry Pi v4	600	600.00
Cargador del Raspberry Pi	80	80.00
Placa Healthy pi	1200	1200.00
Sensor de temperatura MAX30208	90	90.00
Sensor de SPO2 OXI DS100A (2 unidades)	150	300.00
Sensor de ECG ADS1292R	240	240.00
Tensiómetro digital	220	220.00
Adaptadores HDMI (2 unidades)	12	24.00
Cable HDMI	18	18.00
Protoboard	18	18.00
Equipos de recambio, protección y simulación	600	600.00
<b>TOTAL</b>		<b>3790.00</b>

El presupuesto de equipos y sensores ha incluido los costos de los componentes del sistema multiparamétrico ligado a la parte electrónica para sus pruebas e implementación.

**B: Costo de recursos para la implementación y pruebas del sistema multiparamétrico**

Los materiales que se mencionan a continuación se utilizaron para el desarrollo físico del sistema, e involucra elementos que puedan ser utilizados junto a los sensores de signos vitales señalados en la investigación.

**Tabla 11: Costos de equipos de implementación y pruebas**

<b>EQUIPOS</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO TOTAL (S/.)</b>
Caja chasis	80	80.00
Tornillos, tuercas e implementos de fijación	30	30.00
Cable de soldadura (rollo de estaño), pasta para soldar	30	30.00
Cautín	20	20.00
Kit de herramientas	280	280.00
Programa IoT	150	150.00
Electrodos de EKG (30 unidades)	3	90.00
Movilidad	200	200.00
Tensiómetro de prueba (2 unidades)	120	240.00
Otros (alimentación, seguridad, cuidado, etc.)	100	100.00
<b>TOTAL</b>		<b>1220.00</b>

El costo señalado incluye lo invertido en las diversas etapas de implementación y pruebas en base a algunas recomendaciones recibidas dado que son equipos utilizados en ciencias de la salud.

## **4.2. ANÁLISIS DE BENEFICIOS**

### **4.2.1. Beneficios tangibles**

El propósito de este proyecto está enfocado en poderle brindar a un paciente las herramientas idóneas para poder realizar un monitoreo de signos vitales de manera remota de modo que le evite el traslado al centro médico y evite también la saturación del centro médico en función a la cantidad de pacientes que atiende. Esto además le permitirá establecer un diagnóstico anticipado para la prevención como eje fundamental del servicio médico, y que se ha evidenciado principalmente en la época de la pandemia donde había una restricción limitada

en la atención hospitalaria por la falta de equipos de monitoreo de signos vitales de manera constante.

**Tabla 12: Descripción con la utilidad aplicada**

DESCRIPCIÓN	COSTO
Inversión total (S/.)	S/ 5010.00
Utilidad del 20%	S/ 1002.00
Precio total + Utilidad 20%	S/ 6012.00

#### 4.2.2. Análisis de Costo/Beneficio

Si se establece una comparación a mediano plazo con los procesos habituales donde se incluye además el factor limitante en la atención a pacientes, se establece un análisis de costo y beneficio que busca comprobar cuan eficiente es el proyecto presentado del sistema de medición remota multiparamétrica. En ese sentido, se realiza el siguiente cálculo:

$$\frac{\text{beneficio}}{\text{costo}} = \frac{S/6012.00}{S/5010.00} = 1.20$$

Este cálculo arroja un resultado de 1.20, lo que quiere decir que el proyecto que implementado es viable a mediano plazo frente a procesos alternativos de similares características aplicados a la medición de signos vitales con miras a mejorar la evaluación de los pacientes y asegurar la cultura de la prevención.

### 4.3. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

#### 4.3.1. Desarrollo del flujo de caja

Para lograr la viabilidad en un mediano plazo, se va a determinar el flujo de caja si se quiere implementar el proyecto, con un estimado de diez periodos de un mes cada uno.

**Tabla 13: Flujo de caja**

PERIODO	INGRESO	EGRESO	FLUJO DE EFECTIVO NETO
	A	B	A - B
1	5010.00	6012.00	-1002.00
2	6012.00	7014.00	-1002.00
3	7214.40	8016.00	-801.60
4	8657.28	9018.00	-360.72
5	10388.74	10020.00	368.74
6	12466.48	11022.00	1444.48
7	14959.78	12024.00	2935.78
8	17951.74	13026.00	4925.74
9	21542.08	14028.00	7514.08
10	25850.50	15030.00	10820.50
<b>TOTAL</b>	130053.00	105210.00	

#### **4.3.2. Análisis del parámetro VAN**

Para calcular el Valor Actual Neto (VAN) para este proyecto se utilizará los datos del flujo de efectivo neto y se hará uso del software Microsoft Excel.

Datos:

- Tasa de interés ( $i$ ) = 10%
- Número de periodos ( $t$ ) = 10
- Inversión inicial ( $I_0$ ) = S/5000

La fórmula teórica del parámetro VAN es:

$$VAN = I_0 \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^n}$$

Considerando el uso del software señalado con los datos establecidos, se obtiene:

$$VAN = S/ 4619.58$$

### 4.3.3. Análisis del parámetro TIR

Para calcular la Tasa Interna de Retorno (TIR) se utilizará los datos del VAN y también el software Microsoft Excel. Teóricamente lo que se debe hallar es la tasa de interés que hace que el VAN sea cero.

La fórmula de TIR es:

$$TIR = \frac{-I + \sum_{t=1}^n F_t}{\sum_{t=1}^n (i * F_t)}$$

Considerando el uso del software señalado con los datos establecidos, se obtiene:

$$TIR = 17\%$$

Dado que el parámetro TIR es mayor que la tasa de descuentos de flujos elegida para el parámetro VAN, se admite el proyecto en ese periodo señalado de diez meses.

## CONCLUSIONES

1. Se logró identificar la situación actual de los sistemas de monitoreo de signos vitales en pacientes que requieren vigilancia remota, así como se estableció cuáles son los parámetros vitales principales en base a una encuesta realizada a personal de salud.
2. Se estableció un análisis comparativo entre los principales sensores de medición de signos vitales, utilizados en la actualidad, que fueron identificados en el primer objetivo específico de la investigación, logrando determinar los componentes idóneos en función a temas de compatibilidad, costo y accesibilidad para pacientes que requieran utilizar una modalidad de monitoreo remoto.
3. Se diseñó e implementó un monitor de signos vitales conformado por diferentes equipos de hardware que incluyen sensores de SPO2, temperatura, Electrocardiograma, y Raspberry pi, las cuales permitieron realizar funciones de adquisición, transmisión y visualización de parámetros en pacientes que necesitan la constante evaluación por parte de un especialista de la salud.
4. Para constatar la veracidad y funcionamiento del dispositivo implementado se realizó pruebas de comparabilidad con monitores de signos vitales conocidos en el mercado local, tales como por ejemplo Drager y Edan, los cuales son los más utilizados en centros de salud.
5. La aplicación móvil a utilizar para la visualización de datos paramétricos es de fácil acceso en smartphones o tabletas, recomendándose que los dispositivos cuenten con sistema Android, recomendable las últimas versiones para así evitar el retardo de la lectura de los sensores a utilizar en el prototipo.
6. Debido a factores éticos y limitaciones, el prototipo no pudo ser probado en pacientes con enfermedades complejas, pero es de indicar, que se probó en personas con buenas condiciones de salud en el que se verificó que los signos vitales definidos fueron recolectados de una manera correcta.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar las pruebas del prototipo a diferentes tipos de pacientes que presentan patologías que requieran una constante evaluación de sus signos vitales por parte del personal de salud.
2. Para utilizar el prototipo de monitor de signos vitales de manera inalámbrica se recomienda el uso de una batería externa con capacidad de 74W/h y 3.7V en caso no se cuente con una corriente eléctrica fluida.
3. Durante las pruebas realizadas con el prototipo y visualizadas por especialistas de salud, sugieren que el dispositivo cuente, en la medición de electrocardiograma, con 5 derivaciones para así obtener una mejor evaluación de la actividad eléctrica del corazón del paciente.
4. Se recomienda para obtener una mejor lectura del electrocardiograma utilizar en cada prueba realizada nuevos electrodos que se fijarán en el cuerpo para así evitar inconvenientes al momento de realizar la evaluación de electrocardiograma y frecuencia respiratoria.
5. Dado que el prototipo ha sido implementado con software de código abierto, se recomienda consultar a expertos para posibles mejoras, como la integración con diferentes sistemas ya desarrollados y mejorados.
6. El desarrollo e implementación del sistema multiparamétrico, permite condiciones de trazabilidad, que implican poder incorporar, en investigaciones futuras, algunos sensores adicionales con miras a poder implementar un sistema de monitoreo más robusto, dándole una mayor funcionalidad, para complementar la medición de los signos vitales principales según cada paciente.

## REFERENCIAS

- Alcorta, A y Pinedo, F. (12 de enero de 2021). Desarrollo de un Sistema Electrónico Biomédico Portátil Para el Monitoreo y Registro de Signos Vitales de las personas en la Ciudad de Trujillo-Perú. 2021. (Tesis de grado). Recuperado de [https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/7127/1/REP\\_ELEC\\_NATALI.ALACORTA\\_FELIX.PINEDO\\_DESARROLLO.SISTEMA.ELECTR%3%93NICO.BIOM%3%89DICO.PORT%3%81TIL.MONITOREO.REGISTRO.SIGNOS.VITALES.PERSONAS.TRUJILLO.PER%3%9a.pdf](https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/7127/1/REP_ELEC_NATALI.ALACORTA_FELIX.PINEDO_DESARROLLO.SISTEMA.ELECTR%3%93NICO.BIOM%3%89DICO.PORT%3%81TIL.MONITOREO.REGISTRO.SIGNOS.VITALES.PERSONAS.TRUJILLO.PER%3%9a.pdf)
- AliExpress. (2022). Módulo de Sensor de ECG BMD 101, Kit Electrónico Artesanal. Recuperado de <https://es.aliexpress.com/item/32898697314.html>
- ALTITUDETVN. (2022). Entender TeamViewer con sus funciones fortalezas y debilidades. Recuperado 15 de noviembre. Recuperado de <https://altitudetvm.com/es/aplikasi/344-pengertian-teamviewer-beserta-fungsi-kelebihan-dan-kekurangannya.html>
- Amazon. (31 de mayo de 2021). MABIS Esfigmomanómetro aneroide, brazaletes pediátrico de 7.2 a 11.3 pulgadas, brazaletes manual profesional para presión arterial. Recuperado de <https://www.amazon.com/-/es/Esfigmoman%3%B3metro-aneroide-pedi%3%A1trico-profesional-cremallera/dp/B001E4LILG?th=1>
- ADAM. (7 de Julio de 2020). Electrocardiograma. Recuperado de <http://thnm.adam.com/content.aspx?productid=618&pid=5&gid=003868>
- Arduino CC. (11 de abril de 2022). Arduino uno R3. Recuperado de <https://www.arduino.cc/en/hardware>
- Bondia, H. (junio 2019). *Diseño de un prototipo de monitoreo de funciones vitales en FPGA para Hospitales Nacionales del Perú-lima Perú* (Tesis de grado). recuperado de [Repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/2471/Herbert%20Bondia\\_Trabajo%20de%20Suficiencia%20Profesional\\_Titulo%20Profesional\\_2019.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/2471/Herbert%20Bondia_Trabajo%20de%20Suficiencia%20Profesional_Titulo%20Profesional_2019.pdf?sequence=4&isAllowed=y)
- Biomedical. (2022). CONTEC/CMS50D 004F Oxímetro de pulso de Dedo. Recuperado de [https://biomedical.pe/catalogo/index.php?id\\_product=339&rewrite=conteccms50d&controller=product&id\\_lang=4](https://biomedical.pe/catalogo/index.php?id_product=339&rewrite=conteccms50d&controller=product&id_lang=4)
- Biomedical. (2022). Riester.Ri-champion Tensiómetro Digital Adulto. Recuperado de [https://biomedical.pe/catalogo/index.php?id\\_product=432&rewrite=riester-ri-champion&controller=product&id\\_lang=4](https://biomedical.pe/catalogo/index.php?id_product=432&rewrite=riester-ri-champion&controller=product&id_lang=4)
- Cables y Sensores, (2022). Sensor de saturación SpO2 Corto Original Covidien > Nellcor - DS-100. Recuperado de <https://www.cablesysensores.com/products/covidien-nellcor-original-short-spo2-sensor-ds-100a?variant=39689127133369>
- Centro Médico de la Universidad de Rochester. (2022). Signos vitales (temperatura corporal, pulso, frecuencia respiratoria, presión arterial). Recuperado de <https://www.urmc.rochester.edu/encyclopedia/content.aspx?ContentTypeID=85&ContentID=P03963>

- Cisco. (2022). Open VPN en un Router RV160 y Rv260. Recuperado de [https://www.cisco.com/c/es\\_mx/support/docs/smb/routers/cisco-rv-series-small-business-routers/smb5879-openvpn-on-rv160-rv260.pdf](https://www.cisco.com/c/es_mx/support/docs/smb/routers/cisco-rv-series-small-business-routers/smb5879-openvpn-on-rv160-rv260.pdf)
- ConexionEsan. (01 de Diciembre de 2020). Problemáticas en el sector Salud: ¿Por qué una maestría le permite a los profesionales mejorar la gestión?. Recuperado de <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/problematicas-en-el-sector-salud-por-que-una-maestria-le-permite-a-los-profesionales-mejorar-la-gest>
- Colegio Químico Farmacéutico del Perú. (15 de marzo de 2022). Precariedad del sistema de salud en pandemia: ¿Hasta cuándo? Recuperado de <https://cqfdlima.org/precariedad-del-sistema-de-salud-en-pandemia-hasta-cuando/>
- chavez,J y Guardia,A.(2019). Aplicación de inteligencia artificial en un sistema de análisis de tiempo real de los signos vitales para pacientes con riesgo cardiaco en el hospital Medico naval - lima, (Tesis de grado) Recuoerado de <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2623>
- Diario Gestion.(4 de Abril del 20219). En plena segunda ola del COVID hay 749 proyectos del sector salud que no se ha invertido ni un sol. Recueprado de <https://gestion.pe/economia/minsa-inversion-en-salud-segunda-ola-hay-749-proyectos-del-sector-salud-que-no-se-ha-invertido-ni-un-sol-a-la-fecha-covid-ambulancias-hospitales-noticia/>
- Euroneus. (28 de enero de 2021). Los médicos peruanos protestan por la falta de recursos de cara a la segunda ola. Recuperado de <https://es.euronews.com/2021/01/28/los-medicos-peruanos-protestan-por-la-falta-de-recursos-de-cara-a-la-segunda-ola/>
- El Postcast de Biomédica. (18 de marzo del 2021). ¿Sabes cómo Funciona un Oxímetro? Recuperado de <https://www.facebook.com/elpodcastdebiomedica/photos/121631173278268>
- Expansión (Economía Digital). (7 de julio de 2020). Así puede el Internet de las Cosas ayudar ante futuras crisis sanitarias. Recuperado de <https://www.expansion.com/economia-digital/innovacion/2020/07/07/5efdc490e5fdea53648b461d.html>
- Eslava, H. (abril 2018). *Monitoreo remoto de signos corporales y transmisión de datos y alertas a una aplicación instalada en un smartphone-Bogota.2018.* (Tesis de grado). Recuperado de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/13383/SarmientoG%C3%B3mezOscar2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Facebook. (Dr. Alex Velasco 2019). Frecuencia Respiratoria. Recuperado de <https://ja-jp.facebook.com/DrAlexVelasco/posts/938892232973774>
- Fernández Cecilia A. (2016/2017). La Protección los Datos ante el Internet de las cosas. Recuperado de [https://oa.upm.es/47426/1/TFC\\_MARIA\\_TERESA\\_ROMERO\\_GARCIA.pdf](https://oa.upm.es/47426/1/TFC_MARIA_TERESA_ROMERO_GARCIA.pdf)
- Fundación española del Corazón. (2022). Frecuencia Cardiaca. Recuperado de <https://fundaciondelcorazon.com/prevencion/riesgo-cardiovascular/frecuencia-cardiaca.htm>

- Fundación española del Corazón. (2019). Hipertensión. Recuperado de <https://fundaciondelcorazon.com/prevencion/riesgo-cardiovascular/hipertension-tension-alta.html>
- Gallagher.J.(22 enero 2021). Oxímetro, el aparato de \$20 que puede ayudar a salvar las vidas en la Pandemia de Coronavirus. Recuperado de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-55760981>
- Gutirritos, J. (2021). ¿Porque deberías de quitarte las uñas de acrílico si vas a usar un Oxímetro? Recuperado de <https://www.sopitas.com/noticias/por-que-quitarte-unas-acrilico-si-vas-usar-oximetro-como-funciona/>
- Grupo las Mimosas. (17 de noviembre de 2021). ¿Qué es la saturación de oxígeno y cuáles son los niveles normales? Recuperado de <https://grupolasmimosas.com/mimoonline/que-es-la-saturacion-de-oxigeno-y-cuales-son-los-niveles-normales/>
- Instituto Nacional Sobre el Envejecimiento (NIH). (31 de mayo del 2018). La presión arterial alta. Recuperado de <https://www.nia.nih.gov/espanol/presion-arterial-alta#que>
- El blog de Pills.(2022). Medición de la temperatura corporal. Recuperado de <https://www.elblogdepills.com/medicion-de-la-temperatura-corporal/>
- Masimo .(2022). Sensor de uso en un solo Paciente LNCS. Recuperado de <https://www.masimo.es/products/sensors/lncs/single-use/>
- Medical Expo. (2022). Sensor de Saturación SpO2 de dedo U503-01. Recuperado de <https://www.medicalexpo.es/prod/unimed-medical-supplies/product-129265-956929.html>
- MedicalExpo. (2022). Sensor de Saturación SPO2 multiposición LNCS. Recuperado de <https://www.medicalexpo.es/prod/masimo/product-71074-598927.html>
- MedicalExpo. (2022). Sensor de Temperatura AMD004. Recuperado de <https://www.medicalexpo.es/prod/shenzhen-amydi-med-electronics-tech/product-130960-1006231.html>
- MedicalNewsToday. (2020). ¿Cuál es el rango normal de la temperatura corporal? Recuperado de <https://www.medicalnewstoday.com/articles/es/temperatura-normal-del-cuerpo>
- Ministerio de Salud (Minsa). (Julio 2021).Tiempos dePandemia 2020-2021. Recuperado de <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/5485.pdf>
- Mi Tensiómetro. (2022). ¿Cómo funciona un tensiómetro? Recuperado de <https://mitensiometro.com/como-funciona-un-tensiometro/>
- 3M Ciencia Aplicada a la Vida. (2022). 3M Bair Hugger™ Sensor de Control de Temperatura del Paciente. Recuperado de [https://www.3mchile.cl/3M/es\\_CL/p/d/v000252934/](https://www.3mchile.cl/3M/es_CL/p/d/v000252934/)
- Organizacion Mundial de la Salud (OMS)(17 de Mayo de 2017). *Enfermedades Cardiovasculares*. Recuperado de [http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))
- Proto central. (2022). ADS1292R ECG/Placa de conexión de respiración. Recuperado de <https://protocentral.com/product/ads1292r-ecg-respiration-breakout-kit/>

- Radio Programa del Peru (RPP).(2 de Abril del 2020). La importancia de no automedicarse en tiempos de coronavirus. Recuperado de <https://rpp.pe/campanas/contenido-patrocinado/la-importancia-de-no-automedicarse-en-tiempos-de-coronavirus-noticia-1256060>
- Reas, C., & Fry, B. (2014). *Processing: A Programming Handbook for Visual Designers and Artists*. Recuperado de <https://processing.org/handbook/>
- Sociedad de las Americas (AS/COA).(10 de Febrero de 2021). El coronavirus en America L-atina. Recuperado de <https://www.as-coa.org/articulos/el-coronavirus-en-america-latina#per>
- Thales. (11 de Diciembre de 2020). La Monitorización remota de pacientes y la telesalud van más allá de una simple cuestión de pandemia. Recuperado de <https://www.thalesgroup.com/es/el-mundo-digital-identity-and-security/iot/magazine/monitorizacion-remota-pacientes-telesalud-van>
- Telesemana.(Agosto de 2021). La telemedicina quiere ser un servicio de telecomunicaciones en Argentina. Recuperado de <https://www.telesemana.com/blog/2021/08/19/la-telemedicina-quiere-ser-un-servicio-de-telecomunicaciones-en-argentina/>
- Tintín, E. (2015). Diseño y elaboración de un prototipo de monitor de signos vitales aplicando métodos no invasivos con comunicación de datos a dispositivos móviles. Cuenca Ecuador. (Tesis de grado). Recuperado de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/13383/SarmientoG%C3%B3mezOscar2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Topconnet. (2021). ¿Qué es la tecnología IoT? Recuperado de <https://topconnect.com/es/conectividad-m2m-iot/que-es-la-tecnologia-iot/>
- Valencia,w.( mayo 2018). Diseño de prototipo Doctor pi para la medición y monitorización de signos vitales en adultos mayores utilizando sensores biométricos y, médicos acoplados a raspberry pi. 2018. (tesis de grado). Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15570/1/UPS-GT002148.pdf>
- Vasques,R.,Amado,J.,Ramirez,F.,velasquez,R.,Huari.(2016). Sobredemanda de atención médica en el servicio de emergencia de adultos de un hospital terciario, Lima, Perú. Recuperado de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1025-55832016000400010](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832016000400010)
- Xataka. (25 de Julio del 2019). Raspberry Pi 4 Modelo B, análisis: doble de potencia para un mini PC milagroso, pequeñito, pero matón. Recuperado de <https://www.xataka.com/ordenadores/raspberry-pi-4-analisis-caracteristicas-precio-especificaciones>
- Maxim Integrated Products. (2020). Sensor de Temperatura digital MAX30208. Recuperado de <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX30208.pdf>
- Texas instrument Incorporated. (2022). Electrocardiograma ADS 1292R. Recuperado de [https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ads1292r.pdf?ts=1666570242471&ref\\_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com.cn%252Fproduct%252Fcn%252FADS1292R](https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ads1292r.pdf?ts=1666570242471&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com.cn%252Fproduct%252Fcn%252FADS1292R)
- Texas Instrument. (2021). Oxímetro de Pulso AFE4400. Recuperado de [https://www.ti.com/lit/ds/symlink/afe4400.pdf?ts=1666976560237&ref\\_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Fproduct%252FAFE440](https://www.ti.com/lit/ds/symlink/afe4400.pdf?ts=1666976560237&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Fproduct%252FAFE440)

- Velásquez, L. (2021, 24 de mayo). ¿Qué es TeamViewer y por qué es perfecto para el trabajo a distancia? Consultora Inusual. Recuperado de <https://cinusual.com/que-es-teamviewer-y-por-que-es-perfecto-para-el-trabajo-a-distancia>
- Vernier Science Education. (2022). Sensor de Electrocardiograma Go Direct. Recuperado de <https://www.vernier.com/product/go-direct-ekg-sensor/>
- Virtual Instruments de México. (2022). Sensor EKG Go Direct (GDX-EKG). Recuperado de <http://www.vimexico.mx/producto/gdx-ekg/>

## GLOSARIO

**ARDUINO:** hardware utilizado para programación

**BLE:** Bluetooth de baja energía

**BPM:** Ritmo cardiaco Normal

**COVID 19:** enfermedad infecciosa causada por el virus SARS-CoV-2

**ECG:** Electrocardiograma

**FR:** Frecuencia respiratoria

**IOT:** internet de las cosas

**IP:** Protocolo de Internet

**LAN:** Local Area Network, Red de área local

**MINSA:** ministerio de salud

**OXM:** Oximetría

**PA:** Presión arterial

**PWM:** Modulación Ancho de pulso

**RASPBERRY Pi:** hardware y software de escritorio basado en Linux

**SPO<sub>2</sub>:** Saturación de oxígeno en la sangre

**TC:** temperatura corporal

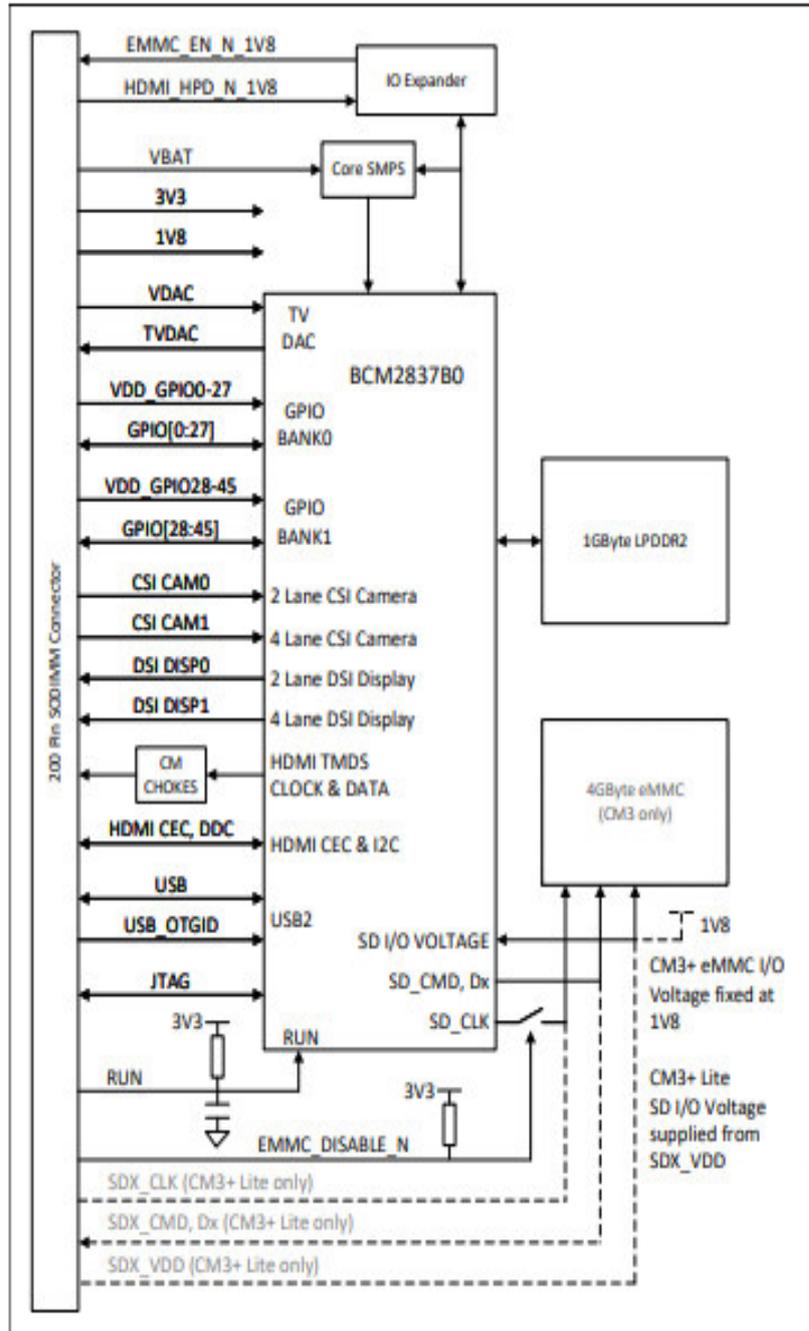
**VOIP:** Voice over IP, Voz sobre IP

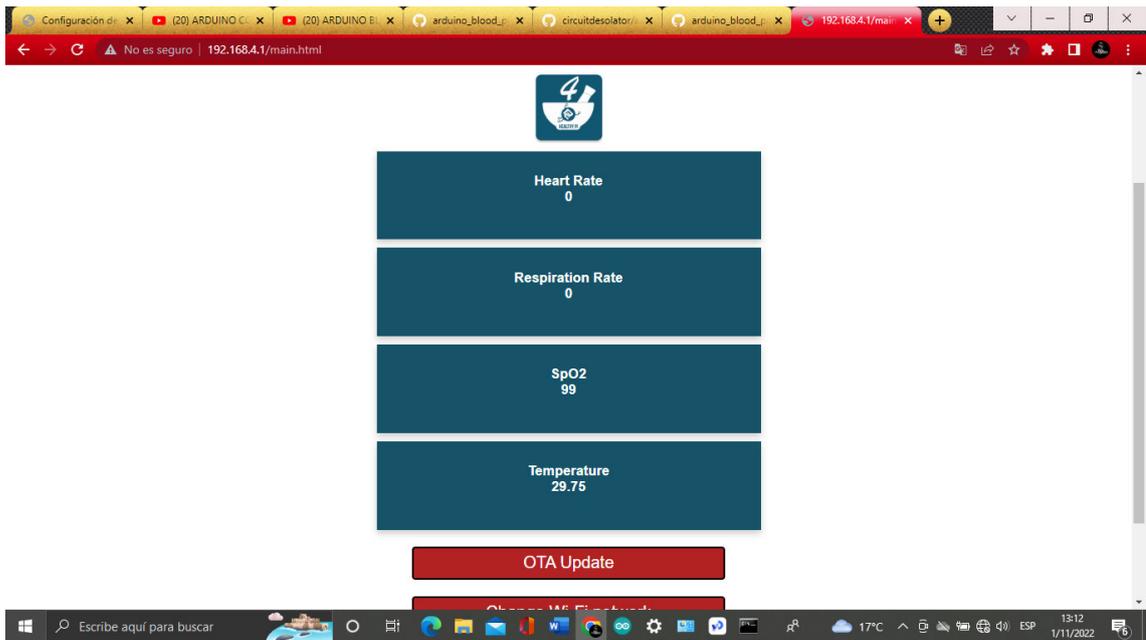
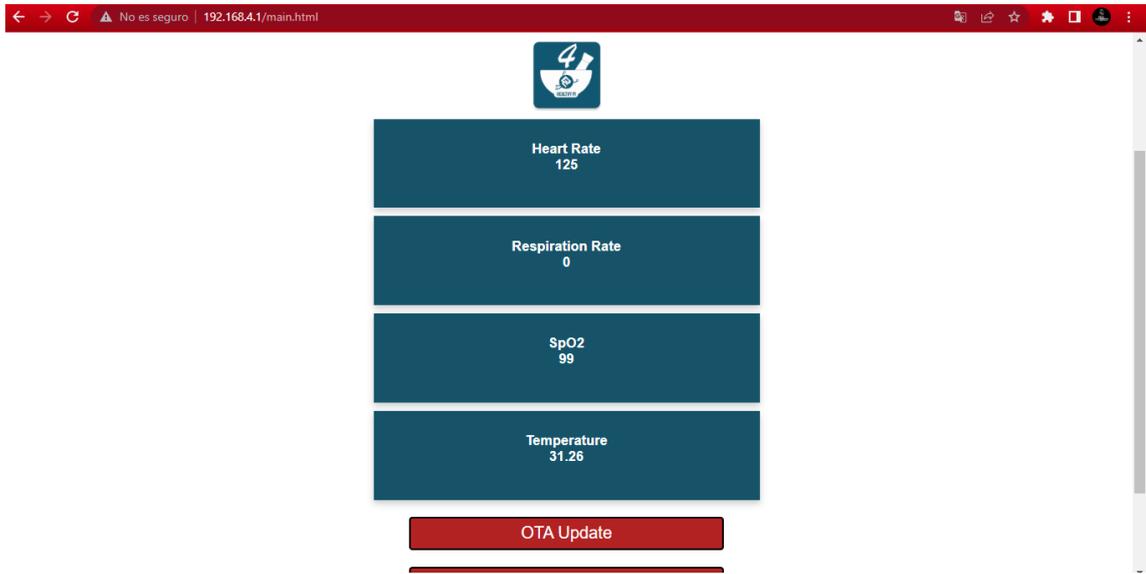
**WAN:** Wide Area Network, Red de area global

# ANEXOS



## 3 Block Diagram





# Arduino(TM) UNO Rev3

