

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



---

**“DESARROLLO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO BIOMÉDICO PORTÁTIL  
PARA EL MONITOREO Y REGISTRO DE SIGNOS VITALES DE LAS PERSONAS  
EN LA CIUDAD DE TRUJILLO – PERÚ”**

---

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
ELECTRÓNICO**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: SISTEMAS EMBEBIDOS**

**AUTORES:** BR. ALCORTA SANTISTEBAN, NATALI FIORELLA

BR. PINEDO QUEZADA, FELIX MARLON

**ASESOR:** MS. ING. RAMOS ROJAS, OVIDIO

**TRUJILLO – PERÚ**

**2020**

**Fecha de Sustentación: 12/01/21**

## ACREDITACIONES

### TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO

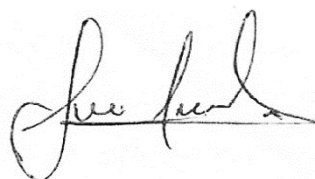
#### TÍTULO:

“DESARROLLO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO BIOMÉDICO PORTATIL  
PARA EL MONITOREO Y REGISTRO DE SIGNOS VITALES DE LAS PERSONAS  
EN LA CIUDAD DE TRUJILLO – PERÚ”

#### AUTOR(ES):




Br. Alcorta Santisteban, Natali Fiorella



Br. Pinedo Quezada, Felix Marlon

#### APROBADO POR:



Ing. Azabache Fernández, Filiberto  
PRESIDENTE  
N° CIP: 97916



Ing. Trujillo Silva, Marco  
SECRETARIO  
N° CIP: 82929



Ing. Alvarado Rodríguez, Luis  
VOCAL  
N° CIP: 90420



Ing. Ramos Rojas, Ovidio Hildebrando  
ASESOR  
N° CIP: 92622

## DEDICATORIA

A mis padres Ángel Alcorta Díaz y Bertha Santisteban Tapia, que siempre me apoyaron incondicionalmente en cada uno de mis pasos hacia la culminación de mis estudios.

A mis hermanas Caro y Jime por la ayuda que siempre me brindaron día a día en el transcurso de cada año de mi carrera universitaria

A mi abuelita *JeshuLinda*, gracias por tus enseñanzas, por los mensajes de aliento y tu excelente manera de instruirme para afrontar las verdades de esta vida.

A mis amigos de la universidad, por hacerme ver el lado bueno y divertido de la vida.

***Alcorta Santisteban Natali Fiorella***

A Dios, quién me dio la vida y me brinda la fuerza y conocimiento que necesito a diario para lograr alcanzar mis metas.

Dedicado con mucho amor y cariño a mis padres, ya que gracias a su incansable esfuerzo me han permitido alcanzar una de mis grandes metas en la vida, me esforzaré siempre y constantemente en enorgullecerlos

A mi hermano, por ser el ejemplo de esfuerzo y dedicación en mi vida, por su apoyo y cariño incondicional

A mi abuela, que siempre estuvo pendiente de mí y por impartirme sus consejos, te quiero mucho.

***Pinedo Quezada, Felix Marlon***

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Privada Antenor Orrego por la formación académica impartida, puesto que gracias a esos conocimientos nos es posible presentar este trabajo de investigación.

A todos los ingenieros de la escuela profesional de Ingeniería Electrónica, los cuales nos proporcionaron las enseñanzas necesarias para nuestra formación tanto en la vida como en lo profesional.

A nuestros padres quienes nos apoyaron en todo momento y con su esfuerzo nos han brindado el regalo más valioso de la vida, la educación; gracias a ustedes hemos llegado a donde estamos.

Y un especial agradecimiento a nuestro asesor, el Ing. Ramos Rojas, Ovidio, por su apoyo incondicional en el desarrollo de la presente tesis.

## RESUMEN

En el primer capítulo se relata una introducción a la realidad problemática actual, acerca de la forma deficiente en que se viene realizando actualmente el monitoreo de signos vitales en los hospitales de Trujillo – Perú, por lo cual se plantea como objetivo principal desarrollar un sistema electrónico biomédico portátil, para mejorar el monitoreo y registro histórico de signos vitales de las personas en la ciudad de Trujillo; se plantean la formulación del problema y la justificación de estudio.

El segundo capítulo aborda la descripción de los trabajos relacionados al expuesto en la presente tesis, los cuales nos aportaron información relevante como los sensores y microcontroladores utilizados en sus investigaciones, metodologías aplicadas, resultados obtenidos, entre otros factores, asimismo, se detallan los fundamentos del marco teórico y conceptual, así como el planteamiento de la hipótesis y la Operacionalización de las variables.

En el tercer capítulo se indica que el desarrollo del trabajo tendrá un nivel de investigación Aplicado con un diseño de contrastación Descriptivo.

En el cuarto capítulo, se detallan las pruebas realizadas con sensores elegidos de acuerdo a las especificaciones técnicas del prototipo, como son: sensores de temperatura, sensores de pulso y sensores de oximetría. También se explican los ensayos con distintos módulos central de procesos y con las plataformas de base de datos.

Tomando en consideración los resultados de las pruebas llevadas a cabo en el cuarto capítulo, se escogieron los sensores, el módulo central de procesos y la base de datos que mejor se adaptan a los requerimientos técnicos para este sistema electrónico biomédico portátil.

Se precisan los métodos para el diseño e implementación de cada una de las etapas de adquisición, análisis, procesamiento y visualización de los datos; pertenecientes al desarrollo del sistema electrónico biomédico portátil. Cabe resaltar que los datos procesados se visualizarán en una App desarrollada exclusivamente para el prototipo.

Mediante características de funcionalidad del prototipo se realiza la prueba o contrastación de la hipótesis planteada y se presentan los resultados alcanzados.

En el quinto capítulo, se realiza la discusión de resultados obtenidos en base a nuestros indicadores del cuadro de operacionalización.

Finalmente, del sexto al noveno capítulo, se exponen las conclusiones de la investigación, siendo una de ellas la buena precisión obtenida del prototipo en comparación con instrumentos aprobados por el DIGEMIN, además de las recomendaciones, las referencias bibliográficas y los anexos.

## **ABSTRACT**

In the first chapter is related an introduction to the current problematic reality about the deficient way in which the monitoring of vital signs in the hospitals of Trujillo - Peru is being carried out at the moment, for which it's proposed as a main objective to develop a portable biomedical electronic system, to improve the monitoring and historical registry of vital signs of the people in the city of Trujillo; the formulation of the problem and the justification of study are raised.

The second chapter deals with the description of the works related to the one exposed in this thesis, which provided us with relevant information such as the sensors and microcontrollers used in their research, applied methodologies, obtained results, among other factors. Likewise, the foundations of the theoretical and conceptual framework are detailed, as well as the hypothesis approach and the Operationalization of the variables.

In the third chapter it's indicated that the development of the work will have a level of Applied research with a Descriptive contrasting design.

In the fourth chapter, it's detailed the tests carried out with sensors chosen according to the technical specifications of the prototype, such as: temperature sensors, pulse sensors and oximetry sensors. Tests with different central process modules and with database platforms are also explained.

Taking into consideration the results of the tests carried out in the fourth chapter, the sensors, the central process module and the database that best fit the technical requirements for this portable biomedical electronic system were chosen.

The methods for the design and implementation of each of the stages of data acquisition, analysis, processing and visualization; belonging to the development of the portable biomedical electronic system, are specified. It should be noted that the processed data will be visualized in an App developed exclusively for the prototype.

By means of functional characteristics of the prototype, the test or contrast of the hypothesis posed is carried out and the results achieved are presented.

In the fifth chapter, we discuss the results obtained based on our indications of the operationalization table.

Finally, from the sixth to the ninth chapter, the conclusions of the research are exposed, being one of them the good precision obtained from the prototype in comparison with instruments approved by the DIGEMIN, besides the recommendations, the bibliographic references and the annexes.



## **PRESENTACIÓN**

Señores Miembros del Jurado:

Dando cumplimiento y conforme a las normas establecidas en el Reglamento de Grados y Títulos y Reglamento de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada Antenor Orrego, para obtener el título profesional de Ingeniero Electrónico, se pone a vuestra consideración el Informe del Trabajo de Investigación Titulado “DESARROLLO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO BIOMÉDICO PORTATIL PARA EL MONITOREO Y REGISTRO DE SIGNOS VITALES DE LAS PERSONAS EN LA CIUDAD DE TRUJILLO – PERÚ” con la convicción de alcanzar una justa evaluación y dictamen, excusándonos de antemano de los posibles errores involuntarios cometidos en el desarrollo del mismo.

Trujillo, 04 de Diciembre del 2020

## Índice General

DEDICATORIA .....	3
AGRADECIMIENTOS.....	4
RESUMEN.....	5
ABSTRACT .....	7
PRESENTACIÓN .....	9
CAPÍTULO I.....	18
1. Problema de Investigación .....	18
1.1. Descripción de la realidad problemática .....	18
1.2. Descripción del problema.....	21
1.3. Formulación del problema.....	21
1.4. Justificación del estudio .....	21
1.5. Objetivo general .....	22
1.6. Objetivos específicos .....	22
CAPÍTULO II.....	23
2. Marco de Referencia .....	23
2.1. Antecedentes del estudio.....	23
2.1.1. Antecedentes Nacionales.....	23
2.1.2. Antecedentes Internacionales.....	24
2.2. Marco teórico .....	28
2.2.1. Signos vitales.....	28
2.2.1.1. Ritmo cardiaco (RC). .....	28
2.2.1.1.1. Alteraciones en el ritmo cardiaco.....	30
2.2.1.1.2. Tipos de trastornos del ritmo cardiaco.....	30
2.2.1.1.3. Instrumento para medir el ritmo cardiaco. ....	30
2.2.1.2. Temperatura Corporal (TC). ....	32

2.2.1.2.1. Medición de la Temperatura.....	32
2.2.1.2.2. Clasificación de la fiebre.....	33
2.2.1.2.3. Instrumentos de medición de la temperatura humana.....	33
2.2.1.3. Oximetría.....	35
2.2.2. Cifras normales de los signos vitales.....	38
2.2.3. Computadora de placa única (SBC).....	39
2.2.3.1. Raspberry Pi.....	40
2.2.3.2. ESP32.....	41
2.2.3.3. Orange Pi.....	42
2.2.4. Base de datos.....	43
2.2.5. Desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles.....	44
2.2.5.1. Android Studio.....	44
2.2.6. Convertidores de modo de conmutación CC-CC.....	44
2.2.6.1. Convertidor Elevador (Boost).....	45
2.2.6.1.1. Modo de trabajo.....	45
2.2.7. Protocolo de comunicación I2C.....	45
2.2.7.1. Medios de transmisión de datos.....	47
2.2.7.1.1. Principales medios guiados de transmisión de información.....	47
2.2.7.1.2. Transmisión no guiada (inalámbrica).....	48
2.3. Marco conceptual.....	49
2.3.1. Signos vitales.....	49
2.3.2. Monitorización.....	49
2.3.3. Registro de datos de pacientes.....	49
2.3.4. Sensor digital.....	50
2.3.5. Módulo central de procesos.....	50
2.3.6. Procesamiento digital de señales.....	50

2.3.7. Plataforma móvil. ....	50
2.3.8. Espectroscopía. ....	51
2.3.9. Espectrofotometría. ....	51
2.3.10. Internet. ....	51
2.3.11. Base de datos. ....	52
2.3.12. Sincronización de datos. ....	52
2.3.13. Filtrado de señal. ....	52
2.4. Hipótesis .....	52
2.5. Operacionalización de variables .....	53
CAPÍTULO III.....	54
3. METODOLOGIA EMPLEADA .....	54
3.1. Tipo y Nivel de investigación.....	54
3.2. Población y muestra de estudio .....	54
3.3. Diseño de investigación .....	54
3.4. Técnicas e instrumentos de investigación.....	54
3.5. Procesamiento y análisis de datos.....	55
CAPÍTULO IV .....	56
4. PRESENTACION DE RESULTADOS.....	56
4.1. Propuesta de investigación .....	56
4.1.1. Caracterización de los signos vitales a ser monitoreados.....	56
4.1.2. Análisis de los diferentes elementos del sistema. ....	59
4.1.2.1. Sensores de Temperatura con los cuales se trabajó. ....	59
4.1.2.2. Sensores de Pulso y Oximetría con los cuales se realizaron las pruebas. ....	60
4.1.2.3. Placas de desarrollo electrónico. ....	62
4.1.3. Descripción del diseño y construcción del prototipo v1.0.....	64
4.1.4. Descripción del diseño y construcción del prototipo v2.0.....	67

4.1.5. Descripción del diseño y construcción del prototipo v3.0.....	69
4.1.6. Descripción del diseño y construcción del prototipo v4.0.....	70
4.2. Elección final de los sensores, módulo, base de datos y servidor de monitoreo .....	72
4.2.1. Etapa de sensado. ....	72
4.2.2. Etapa de análisis y procesamiento de datos. ....	73
4.2.2.1. Diagrama de bloques sobre la obtención del SpO2 y el ritmo cardiaco. ....	74
4.2.2.2. Cálculos para la obtención de la frecuencia cardiaca o pulso y de la oximetría.....	74
4.2.3. Etapa de almacenamiento de datos en Nube. ....	76
4.2.4. Etapa de Monitoreo de datos. ....	77
4.2.4.1. Visualización Offline.....	77
4.2.4.2. Visualización Online.....	80
4.2.5. Etapa de potencia. ....	85
4.2.6. Tiempo de Registro de datos. ....	90
4.2.7. Usabilidad del prototipo.....	91
4.2.8. Evidencias.....	92
4.3. Análisis e interpretación de resultados.....	95
4.3.1. Resultados obtenidos con el prototipo final.....	95
4.4. Prueba de hipótesis .....	111
CAPÍTULO V .....	113
DISCUSION DE RESULTADOS .....	113
CAPÍTULO VI .....	115
CONCLUSIONES .....	115
CAPÍTULO VII .....	117
RECOMENDACIONES.....	117

CAPÍTULO VIII .....	118
REFERENCIAS .....	118
CAPÍTULO VI .....	124
ANEXOS.....	124

## Índice de Tablas

Tabla 1 Población Censada en Perú por grupo de edad, 2017 .....	20
Tabla 2 Clasificación de la fiebre .....	33
Tabla 3 Especificaciones técnicas de la Raspberry-Pi .....	41
Tabla 4 Especificaciones técnicas del ESP32 .....	42
Tabla 5 Especificaciones técnicas de la Orange Pi .....	43
Tabla 6 Características técnicas del protocolo I2C.....	47
Tabla 7 Comparación entre Wifi y Bluetooth .....	48
Tabla 8 Operacionalización de Variables .....	53
Tabla 9 Características técnicas de los sensores de temperatura .....	60
Tabla 10 Características técnicas de los sensores de Pulso y SpO2 .....	61
Tabla 11 Características técnicas de las Placas de desarrollo electrónico	63
Tabla 12 Comparativa de Base de datos en Nube .....	76
Tabla 13 Comparativa de Herramientas de Monitoreo Online .....	80
Tabla 14 Consumos del modo operación del ESP32 .....	85
Tabla 15 Consumos del sistema Wifi del ESP32 y sensores .....	85
Tabla 16 Consolidado de Consumos.....	86
Tabla 17 Comparación de las fuentes de alimentación .....	87
Tabla 18 Comparación de Temperatura entre prototipo e instrumento validado .....	95
Tabla 19 Comparación de SpO2 entre prototipo e instrumento validado ..	98
Tabla 20 Comparación de FC entre prototipo e instrumento validado.....	101
Tabla 21 Registro de tiempos de visualización en Web .....	107

## Índice de Figuras

Figura 1 Smartwatch Simband Samsung (2014) .....	27
Figura 2 Etapas del latido del corazón.....	29
Figura 3 Pulsómetro .....	31
Figura 4 Termómetro de Mercurio .....	34
Figura 5 Termómetro de tira plástica.....	34
Figura 6 Oxímetro Mindray .....	36
Figura 7 Modelo del punto de prueba para medición de SaO2 .....	37
Figura 8 Espectro de Luz.....	38
Figura 9 Cifras normales de signos vitales según edad .....	39
Figura 10 Convertidor elevador de CC-CC.....	45
Figura 11 Ficha de Registro de Signos Vitales – Parte 1 .....	57
Figura 12 Ficha de Registro de Signos Vitales – Parte 2 .....	58
Figura 13 Sensores de temperatura .....	59
Figura 14 Sensores de pulso y oximetría .....	61
Figura 15 Placas de desarrollo electrónicas .....	64
Figura 16 Diseño del prototipo V1.0 .....	66
Figura 17 Diseño del prototipo V2.0 .....	68
Figura 18 Orange Pi .....	69
Figura 19 Diseño del prototipo V 4.0 .....	71
Figura 20 Sensores seleccionados para el proyecto .....	73
Figura 21 Diagrama de bloques del proceso SpO2 y RC.....	74
Figura 22 Apartado de Registro – Login de la APP .....	78
Figura 23 Visualización Offline de los signos vitales .....	79
Figura 24 Página de Inicio de la Web.....	82
Figura 25 Página de Registro en la Web.....	82



Figura 26	Página de Monitoreo de Signos Vitales .....	83
Figura 27	Hoja de Guía de Observación N°1 .....	84
Figura 28	Diseño de la etapa de potencia .....	88
Figura 29	Hoja de Guía de Observación N°02 .....	89
Figura 30	Hoja de Guía de Observación N° 03.....	90
Figura 31	Hoja de Encuesta de Usabilidad del Prototipo.....	91
Figura 32	Prototipo - Foto 01 .....	92
Figura 33	Prototipo - Foto 02.....	93
Figura 34	Prototipo - Foto 03.....	94
Figura 35	Visualización de datos locales.....	104
Figura 36	Datos en BigQuery .....	105
Figura 37	Monitoreo de Signos Vitales desde Dispositivo Móvil.....	106
Figura 38	Superación de Thresholds.....	110
Figura 39	Notificación de alarma vía correo electrónico .....	111

## CAPÍTULO I

### 1. Problema de Investigación

#### 1.1. Descripción de la realidad problemática

A lo largo de los años han surgido diferentes maneras de monitorear y registrar los datos de los pacientes en un ambiente hospitalario con la necesidad de controlar algunas enfermedades que éstos presenten.

Actualmente, en los centros de salud de la ciudad de Trujillo, se presentan inconvenientes al momento de anotar y recolectar los datos obtenidos por los instrumentos para signos vitales y al querer acceder al historial de cada uno de los pacientes (Véase Anexo 1); debido a:

- Los valores de los signos vitales son registrados manualmente.
- Los valores se registran en el formato establecido (hoja de registro) por cada turno.
- El registro manual puede contener errores.
- Uso de grandes cantidades de papel (hojas de registro) para el historial de cada uno los pacientes.

Cabe resaltar que los apuntes no se realizan una sola vez por día, sino, que se lleva a cabo a horas determinadas, en tres turnos: por la mañana, al medio día y al anochecer. En cada uno de los turnos, el personal encargado (que por lo general es una única enfermera o enfermero), debe realizar las mediciones, toma de datos y posteriormente el análisis de estos. Al ser sólo una persona la que desarrolla esta tarea, hay fallos en los valores recabados lo cual genera que el paciente no sea atendido como debe ser, por ejemplo, el encargado puede apuntar un dato de temperatura de 37.5°C, lo cual no representa ningún síntoma de alguna enfermedad, sin embargo, el paciente no está a 37.5°C, sino a 38.5°C, esto significa que ya hay una alarma de fiebre; no obstante, el enfermero no apuntó dicha cifra, y tampoco llegó a la conclusión que el paciente estaba mal y que necesitaba atención urgentemente.

Según Quevedo, G. (2015), en su investigación realizada para evaluar la calidad con la que se realizan los registros de enfermería en el Hospital Regional de Lambayeque; se demuestra que el 25% de los registros tenían la hoja de signos vitales incompleta, mientras que la hoja de monitoreo de signos vitales muestra una ausencia de información del 44.2%. Este resultado conlleva a deducir que la valoración y el seguimiento que la enfermera realiza con el paciente se da de una forma deficiente y denota que se incumple con el monitoreo constante del convaleciente.

Adicionalmente, la tarea de guardar las hojas de registro por cada uno de los pacientes, implica tener grandes volúmenes de papel en los almacenes del hospital o clínica originando extravíos y confusión al momento de querer acceder a alguno de los historiales.

**Tabla 1***Población Censada en Perú por grupo de edad, 2017*

Departamento, área de residencia y sexo	Total	Grupo de edad					
		Menos de 1 año	1 a 4 años	5 años	6 a 11 años	12 a 17 años	18 y más años
<b>La Libertad</b>	<b>1 778 080</b>	<b>30 225</b>	<b>132 015</b>	<b>32 982</b>	<b>203 245</b>	<b>183 911</b>	<b>1 195 702</b>
Hombre	867 936	15 372	67 481	16 655	102 772	92 730	572 926
Mujer	910 144	14 853	64 534	16 327	100 473	91 181	622 776
<b>Área Urbana</b>	<b>1 403 555</b>	<b>22 758</b>	<b>98 912</b>	<b>24 973</b>	<b>149 766</b>	<b>136 485</b>	<b>970 661</b>
Hombre	678 377	11 524	50 572	12 623	75 912	68 477	459 269
Mujer	725 178	11 234	48 340	12 350	73 854	68 008	511 392
<b>Área Rural</b>	<b>374 525</b>	<b>7 467</b>	<b>33 103</b>	<b>8 009</b>	<b>53 479</b>	<b>47 426</b>	<b>225 041</b>
Hombre	189 559	3 848	16 909	4 032	26 860	24 253	113 657
Mujer	184 966	3 619	16 194	3 977	26 619	23 173	111 384
<b>Lambayeque</b>	<b>1 197 260</b>	<b>19 821</b>	<b>87 320</b>	<b>22 385</b>	<b>132 170</b>	<b>123 991</b>	<b>811 573</b>
Hombre	580 725	10 105	44 407	11 314	67 371	62 699	384 829
Mujer	616 535	9 716	42 913	11 071	64 799	61 292	426 744
<b>Área Urbana</b>	<b>971 121</b>	<b>14 859</b>	<b>65 873</b>	<b>17 181</b>	<b>100 835</b>	<b>96 947</b>	<b>675 426</b>
Hombre	467 424	7 597	33 375	8 680	51 432	48 877	317 463
Mujer	503 697	7 262	32 498	8 501	49 403	48 070	357 963
<b>Área Rural</b>	<b>226 139</b>	<b>4 962</b>	<b>21 447</b>	<b>5 204</b>	<b>31 335</b>	<b>27 044</b>	<b>136 147</b>
Hombre	113 301	2 508	11 032	2 634	15 939	13 822	67 366
Mujer	112 838	2 454	10 415	2 570	15 396	13 222	68 781
<b>Lima</b>	<b>9 485 405</b>	<b>126 531</b>	<b>568 812</b>	<b>142 011</b>	<b>865 769</b>	<b>849 839</b>	<b>6 932 443</b>
Hombre	4 625 777	64 236	289 655	72 370	439 919	428 252	3 331 345
Mujer	4 859 628	62 295	279 157	69 641	425 850	421 587	3 601 098
<b>Área Urbana</b>	<b>9 324 796</b>	<b>124 242</b>	<b>558 613</b>	<b>139 447</b>	<b>849 840</b>	<b>835 273</b>	<b>6 817 381</b>
Hombre	4 540 703	63 093	284 471	71 026	431 895	420 760	3 269 458
Mujer	4 784 093	61 149	274 142	68 421	417 945	414 513	3 547 923
<b>Área Rural</b>	<b>160 609</b>	<b>2 289</b>	<b>10 199</b>	<b>2 564</b>	<b>15 929</b>	<b>14 566</b>	<b>115 062</b>
Hombre	85 074	1 143	5 184	1 344	8 024	7 492	61 887
Mujer	75 535	1 146	5 015	1 220	7 905	7 074	53 175
<b>Loreto</b>	<b>883 510</b>	<b>18 244</b>	<b>82 716</b>	<b>21 783</b>	<b>137 738</b>	<b>112 050</b>	<b>510 979</b>
Hombre	443 797	9 295	41 877	11 096	69 969	57 065	254 495
Mujer	439 713	8 949	40 839	10 687	67 769	54 985	256 484
<b>Área Urbana</b>	<b>606 743</b>	<b>11 095</b>	<b>49 749</b>	<b>13 082</b>	<b>84 819</b>	<b>74 466</b>	<b>373 532</b>
Hombre	300 186	5 639	25 251	6 644	43 293	37 317	182 042
Mujer	306 557	5 456	24 498	6 438	41 526	37 149	191 490
<b>Área Rural</b>	<b>276 767</b>	<b>7 149</b>	<b>32 967</b>	<b>8 701</b>	<b>52 919</b>	<b>37 584</b>	<b>137 447</b>
Hombre	143 611	3 656	16 626	4 452	26 676	19 748	72 453
Mujer	133 156	3 493	16 341	4 249	26 243	17 836	64 994
<b>Madre de Dios</b>	<b>141 070</b>	<b>2 644</b>	<b>11 876</b>	<b>3 094</b>	<b>17 953</b>	<b>14 012</b>	<b>91 491</b>
Hombre	73 828	1 349	6 159	1 628	9 026	7 085	48 581
Mujer	67 242	1 295	5 717	1 466	8 927	6 927	42 910

Continúa ...

Fuente: INEI – Censos Nacionales de Población y Vivienda 1993, 2007 y 2017.

Por otra parte, de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), el último censo realizado en el Perú el año 2017 indica que el departamento de La Libertad cuenta con una población de 1 millón 778 mil 080 habitantes.

Poniendo énfasis en que la cantidad poblacional ha aumentado un 10.46% desde el anterior censo realizado en el año 2007, en el cual se contaba con 1 millón 617 mil 050 habitantes (Tabla 4).

Teniendo en cuenta lo descrito en los dos párrafos anteriores, si la población sigue aumentando a pasos agigantados como lo ha venido haciendo en este último periodo corto de tiempo, se puede deducir que los almacenes de data de los centros de salud se verán críticamente perjudicados al tener grandes cantidades de información física que guardar por cada uno de los pacientes registrados en dichos establecimientos.

## **1.2. Descripción del problema**

El problema está dado por la forma de registrar y almacenar los datos de cada uno de los pacientes, puesto que en la actualidad dicha tarea se realiza manualmente, generando pilas de papeles, datos erróneos y pérdidas de hojas de registro importantes.

## **1.3. Formulación del problema**

¿Cómo mejorar la monitorización y registro de los signos vitales de las personas en la ciudad de Trujillo?

## **1.4. Justificación del estudio**

Durante la atención o intervención médica se aprecia que el monitoreo y registro oportuno de los signos vitales de las personas juega un papel importante y decisivo para dicha atención o intervención. La investigación permitirá disponer de un historial digital accesible en cualquier momento para una atención o intervención médica ya sea presencial como remota. Asimismo, se reducirá la cantidad de folios que se emplean durante la toma de datos de cada uno de los pacientes en el hospital.

### **1.5. Objetivo general**

Desarrollar un sistema electrónico biomédico portátil, para el monitoreo y registro histórico de signos vitales de las personas en la ciudad de Trujillo – Perú en el año 2020.

### **1.6. Objetivos específicos**

- Caracterizar los signos vitales a ser monitoreados y registrados (Temperatura corporal, ritmo cardíaco, oximetría)
- Analizar los diferentes elementos del sistema (sensores, base de datos, modulo central de procesamiento).
- Comparar la precisión del sistema con instrumentos fiables de un centro de salud.
- Validar la portabilidad del sistema electrónico biomédico.

## CAPÍTULO II

### 2. Marco de Referencia

#### 2.1. Antecedentes del estudio

##### 2.1.1. Antecedentes Nacionales.

Flores, L. (2018), en su tesis titulada “Monitoreo y alerta en personas con problemas cardíacos utilizando wearables en la provincia de Andahuaylas” tuvo como objetivo realizar la monitorización y alerta en personas con problemas cardíacos de la provincia de Andahuaylas, para lo cual desarrolló una interfaz gráfica en Visual Studio con el patrón arquitectónico de desarrollo de software Modelo Vista Controlador (MVC) para luego poder generar archivos PHP, HTML, etc. Para la parte de hardware utilizó Arduino, una pila de 9v y un sensor de ritmo cardíaco para que con ayuda del ThinkgSpeaker (servidor de almacenamiento) poder almacenar el valor del ritmo cardíaco para su posterior visualización en un dispositivo móvil. El soporte de su prototipo fue una gorra, por las dimensiones que tenía y su fácil uso en las personas. Con respecto a las alarmas, utilizó un módulo Shield SIM900, el cual realizaba una llamada al doctor en caso se genere una alarma. Finalmente, con la realización del método heurístico del “ensayo y error” y el uso de tarjetas CRC (para adquirir ideas en cuanto a lo que quería implementar) corroboró el correcto funcionamiento de su wearable. Esta tesis nos aporta la técnica del *brainstorming* (es la generación de ideas en función a la resolución de algún problema) utilizado para cada etapa de su proyecto: captura de datos, procesamiento, envío de datos y los pasos de ejecución para cada prueba realizada.

Yasser, B. (2018), en su tesis titulada "Diseño de sistema de monitoreo de signos vitales de pacientes en emergencias de la CÍA de Bomberos Salvadora Trujillo n° 26" tuvo como objetivo diseñar un sistema de monitoreo con interfaz para la interacción con el usuario, que permita monitorear los signos vitales como: temperatura, presión arterial, oximetría y pulso; en pacientes de emergencias atendidos en condiciones de trabajos de la CIA de bomberos en Trujillo. Dio a conocer los sensores y el microcontrolador que se utilizó, para la

realización del prototipo. En la comunicación inalámbrica para el envío de los datos recopilados, se optó por emplear Bluetooth y Wifi. Adicionalmente los datos recabados son almacenados en la memoria micro SD del prototipo y en la memoria interna del dispositivo móvil; lo cual permite la visualización de los datos de los signos vitales en la interfaz gráfica. Finalmente se obtuvieron valores similares al de los equipos de medición cotidianos. De esta investigación se puede rescatar los sensores utilizados en su prototipo y los resultados que se obtuvo con ellos, así mismo mejorar el almacenamiento de información en una base de datos permanente de tipo Cloud.

### **2.1.2. Antecedentes Internacionales.**

Cruz, M. y Colín, O. (2015) en su investigación titulada "Diseño de un sistema para el registro de actividad cardiaca y temperatura corporal" se propusieron como objetivo diseñar un sistema portátil que permita mantener un seguimiento por largos periodos de tiempo el ritmo cardiaco y la temperatura corporal de un paciente diagnosticado con diabetes. Utilizaron un microcontrolador ATmega328 debido a que su función es autónoma; se controló el tiempo de muestreo de los sensores de temperatura (LM35) y pulso (HRM-2511E), así como la escritura y almacenamiento de los datos obtenidos durante su uso. Para la alimentación del sistema realizaron diferentes pruebas, seleccionando al final Baterías "AAA" recargables de Ni-MH (1.2 v -850 mAh). Del estudio pudieron concluir que los datos obtenidos con el prototipo desarrollado son similares a los datos obtenidos por los instrumentos patrón, obteniendo así un porcentaje de error mínimo, dejando en claro que el prototipo es confiable en el momento de medir los signos vitales de los pacientes. Además, realizaron el prototipo con componentes de bajo costo y muy confiables. El aporte principal al trabajo de investigación es darnos a conocer las ventajas que brinda el microcontrolador ATmega328 trabajando en conjunto con los sensores de temperatura y pulso, así mismo conocer la alimentación requerida para un funcionamiento prolongado del prototipo.



Tintín, E. (2015) en su tesis titulada “Diseño y elaboración de un Prototipo de monitoreo de signos vitales aplicando métodos no invasivos con comunicación de datos a dispositivos móviles”. Se propuso como objetivo diseñar y elaborar un prototipo que cense los signos vitales con comunicación de datos inalámbrica con métodos no invasivos. Utilizaron un ChipKit debido a su bajo costo y complejidad del diseño, para la comunicación inalámbrica utilizaron el bluetooth HC-05 y una pantalla LCD para la visualización de los datos, mientras que, para medir la temperatura corporal usaron el sensor LM35, diseñaron una placa tipo Shield y ensamblaron los dispositivos y finalmente se procedió a poner el sistema en una carcasa de protección contra caídas y polvo. Su investigación tuvo como resultado un prototipo capaz de adquirir satisfactoriamente los signos vitales con un error mínimo en las lecturas y un costo relativamente medio, así mismo, los valores máximos y mínimos que son posibles medir con el prototipo para cada signo vital, además de crear una plataforma virtual de base de datos con AppInventor para que las lecturas sean enviadas a un dispositivo móvil vía Bluetooth, pero con la desventaja de que no puede presentar gráficos. El aporte a nuestra investigación radica en conocer los componentes utilizados en su prototipo y compararlos en precisión y precio con los del mercado nacional, utilizar el método de Fotoplethismografía para obtención de la frecuencia cardiaca y además de saber que no podríamos utilizar la plataforma de AppInventor para crear nuestro aplicativo, ya que deseamos mostrar gráficos y se optará por otro método.

Ramos, M. & Monzón, C. (2014), en su investigación titulada “Plataforma móvil para tratamiento preventivo y monitoreo de pacientes con enfermedades crónicas”, se propusieron como objetivo diseñar e implementar una herramienta que permita a los médicos mejorar el diagnóstico, tratamiento, seguimiento y calidad de vida de los pacientes que padezcan Diabetes Mellitus. Su estudio desarrolló un aplicativo web utilizando un servidor Apache Tomcat debido a que está diseñado para ser contenedor de Servlets y JSPs los cuales presentan facilidad de programación, adicionalmente creó una base de datos en MySQL, luego el aplicativo web y el servidor de datos fueron alojados en un servidor virtual dedicado para que se presente la interacción: usuario – dispositivo móvil.

Además, muestra la utilización de la herramienta de mensajería de Google (GCM) para la comunicación, la cual consume bajos recursos y ofrece una buena seguridad de datos. El aporte principal al trabajo de investigación radica en la elección del servidor de aplicaciones Apache Tomcat el cual podremos utilizarlo por ser de código libre, presentar compatibilidad con el sistema operativo Linux, amplia comunidad de desarrollo, fácil manejo y poder diseñar gráficas del historial de los signos vitales.

Olvera D. y Gonzales J. (2013) en su tesis para obtener el título de ingeniero en comunicaciones y electrónica "Diseño y construcción de un sistema de monitoreo de signos vitales" tuvieron como objetivo diseñar y construir un instrumento médico que sea capaz de monitorear la presión, ritmo cardíaco y temperatura corporal; realizaron una comparación de especificaciones técnicas y precios de los productos para conocer cuáles eran los más factibles a utilizar, para la presión media y el ritmo cardíaco, utilizaron el sensor MPX5050DP, al cual se le adicionó dos etapas: amplificación y filtrado, mientras que para la temperatura, se usó el sensor LM35. Para el procesamiento digital se utilizó el PIC18F4550 el cual realizó el inflado del brazalete, la toma de muestras de voltajes de los sensores, el procesamiento de la información y el despliegue en un LCD, finalmente lo implementaron en una caja de polimetil metacrilato para la protección del equipamiento. De lo cual concluyeron que mediante el procesamiento digital de datos fue posible obtener la presión media y sus derivados, esta medición ayuda a detectar problemas graves de salud como por ejemplo la insuficiencia renal. Las mediciones entregadas por los sensores del prototipo son similares a los instrumentos patrón, dando un porcentaje de error mínimo. Además, se pudo lograr un consumo de energía no mayor al que provee la fuente de alimentación. Los aportes para rescatar de esta tesis son las comparaciones en precio y especificaciones técnicas de los materiales que utilizaron, así como el uso de un microcontrolador 18F2455 para realizar el procesamiento de datos, que en conjunto con el resto elementos utilizados del sistema son de bajo consumo y sólo ha de requerir baterías alcalinas para la alimentación.

Samsung - Simband (2013) ha lanzado al mercado la plataforma de desarrollo abierta Simband, que consiste en un reloj que ejecuta el sistema operativo Tizen. Asimismo, una de sus mayores ventajas es la de modularidad, ya que se pueden conectar fácilmente en el brazalete diferentes módulos de sensores de acuerdo a las necesidades del usuario (Fig. 1), los cuales cuentan con nuevas configuraciones y generar un flujo de datos. Cuenta con pantalla táctil para el control, retroalimentación y seguimiento por parte del usuario.

### **Figura 1**

*Smartwatch Simband Samsung (2014)*



Nota. Reloj inteligente desarrollado por Samsung para actividades físicas de personas. Tomada de Full Android Watches, Smartwach Samsung [Fotografía], 2020, <https://discourse.fullandroidwatch.org/t/smartwatch-of-the-future/55790>

El monitor de Signos Vitales Connex (2018) es un avanzado dispositivo de monitorización diseñado específicamente para usarlo en instalaciones médicas no críticas. Ayuda a mejorar el flujo de trabajo clínico drásticamente al aumentar la precisión de la documentación de los signos vitales y reducir el tiempo necesario para enviarlas a su EMR (Registro Médico Electrónico). Actúa como tres dispositivos en uno (comprobación, monitorización y tamizaje) e incorpora una interfaz de usuario optimizada para que pueda configurar el monitor rápidamente según las necesidades del personal que lo va a utilizar. Su funcionamiento sencillo e intuitivo, hace que requiera una formación mínima para poder usarse. Incluye un monitor táctil a colores diseñado sin botones ni perillas para que sea más sencillo de limpiar y minimizar la contaminación cruzada.

## **2.2. Marco teórico**

### **2.2.1. 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. Permiten calcular el valor de la temperatura corporal (TC), presión arterial (PA o TA), la frecuencia respiratoria (FR), ritmo cardiaco (FC), oximetría (OXM) y las funciones neurológicas. Lo que las hace importantes al momento de evaluar a un paciente ya que indican si está vivo y si el funcionamiento orgánico es óptimo (Villegas, Arenas & Gonzales, 2012, p. 223).

#### **2.2.1.1. Ritmo cardiaco (RC).**

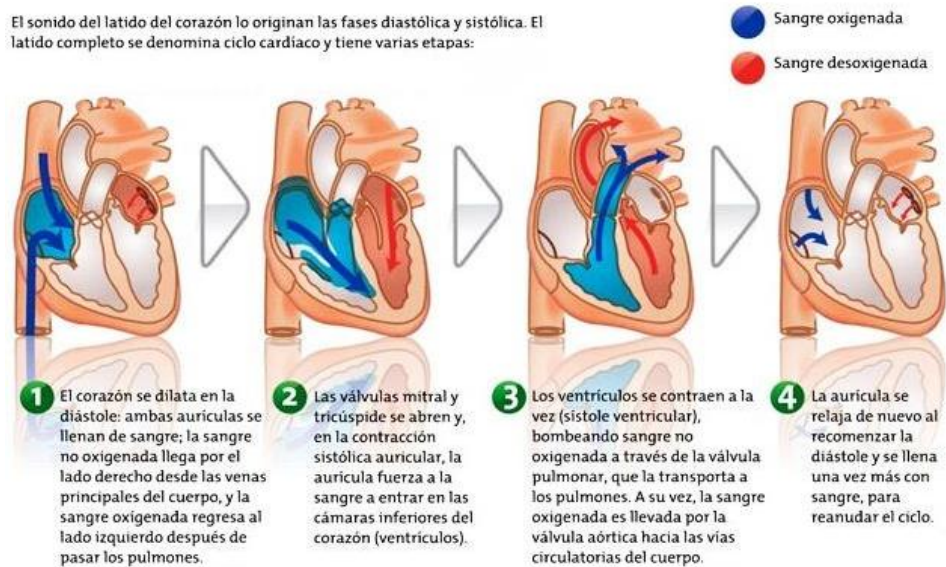
La frecuencia cardiaca o ritmo cardiaco es el número de latidos que el corazón realiza en un minuto (ppm o lat.min-1). La secuencia entre sístole y diástole componen los latidos por minuto. La contracción muscular origina una corriente eléctrica, la cual es detectada por pulsómetros y se interpreta como una pulsación. (Garatachea, 2002, p. 541)

## Figura 2

### Etapas del latido del corazón

#### Sístole y diástole

El sonido del latido del corazón lo originan las fases diastólica y sistólica. El latido completo se denomina ciclo cardíaco y tiene varias etapas:



Nota. Explicación de la función de sístole y diástole en el corazón. Tomada de Tanatopraxiainternacional Blogspot, Funciones del corazón [Fotografía], 2016, [http://tanatopraxiainternacional.blogspot.com/2016/10/conceptos-basicos-de-anatomia-capitulo\\_17.html](http://tanatopraxiainternacional.blogspot.com/2016/10/conceptos-basicos-de-anatomia-capitulo_17.html)

Según The Society of Thoracic Surgeons (2018) Al medir la cantidad de latidos por minuto en situación de relajación permite conocer si el corazón mantiene una actividad acelerada o pausada, factores importantes para tomar medidas de prevención. En un adulto en estado normal, los latidos por minuto (LPM) suelen encontrarse entre 60 y 100 LPM (ritmo sinusoidal). Se le denomina Bradicardia cuando el individuo no llega a las 60 LPM, por otro lado, se le llama Taquicardia cuando se superan las 100 LPM.

Sin embargo, realizar ejercicio regularmente puede conseguir reducir el pulso en una pulsación por minuto cada 15 días de actividad física. Por ejemplo, una persona que entrena casi todos los días y que está en buen estado físico puede tener entre 40 y 60 LPM.

#### 2.2.1.1.1. *Alteraciones en el ritmo cardíaco.*

Según The Society of Thoracic Surgeons (2018), estas alteraciones son conocidas como arrítmicas, se dan cuando los latidos del corazón se tornan anormales o irregulares. Estas anomalías alteran las señales eléctricas del corazón ocasionando que éste lata rápido, despacio o anormalmente.

El corazón posee su propio sistema de conducción eléctrica que se encarga de coordinar las contracciones de las cámaras del corazón y también de determinar qué tan rápido o despacio late el corazón.

#### 2.2.1.1.2. *Tipos de trastornos del ritmo cardíaco.*

Los tipos más importantes incluyen:

- Taquicardia: ritmo cardíaco que superan los 100 LPM.
- Bradicardia: ritmo cardíaco inferior a los 60 LPM.
- Arritmias supra ventriculares: Ritmos anormales que se originan en las cámaras superiores del corazón (aurículas).
- Arritmias ventriculares: Arritmias que se originan en las cámaras inferiores del corazón (ventrículos).
- Bradiarritmias: Ritmos lentos del corazón que generalmente están causados por una enfermedad en el sistema de conducción del corazón.

#### 2.2.1.1.3. *Instrumento para medir el ritmo cardíaco.*

- Pulsómetro

De acuerdo con LBDC (2019), es un dispositivo bastante sencillo que sirve para medir de manera muy precisa, la cantidad de pulsaciones por minuto.

El principio de funcionamiento del sensor óptico se basa en la pletismografía, que es aquella técnica que mide cambios de volumen

como consecuencia de variaciones del flujo sanguíneo (Puras & Luján, 2006).

Está compuesto por un fotosensor (receptora de luz), varios emisores de luz a una determinada longitud de onda, los cuales pueden ser fotodiodos o leds; y el algoritmo de procesamiento de datos.

El haz de luz emitido por el led incide y atraviesa la piel del paciente, sin embargo, la mayor cantidad de luz es absorbida por los tejidos y otra porción muy pequeña llega a los capilares del tejido subcutáneo en donde la variación de la sangre es proporcional al ritmo cardiaco, de esta forma la luz reflejada varía y es capturada por el foto-receptor, obteniendo los datos requeridos. A continuación, amplifica la señal, la modula y la filtra.

### **Figura 3**

*Pulsómetro*



Nota. Dispositivo de medición de Oxigenación y frecuencia respiratoria. Tomada de Bidcom, Oxímetro Saturómetro [Fotografía],2018, <https://www.bidcom.com.ar/oximetros/oximetro-saturometro-digital-yuwell-yx300>

Al momento de desarrollar un pulsómetro se debe tener en cuenta lo siguiente:

- El color de piel y la cantidad de vello, puesto que las pieles oscuras y con mucho vello absorben mayor cantidad de luz que las pieles claras.
- Temperatura, algunos sensores exigen cierto rango de temperatura para poder trabajar óptimamente.
- Emisor del haz de luz, la gran mayoría de pulsómetros hacen uso de un haz luz de color verde como es el caso de los relojes Garmin (Garmin, 2011); ya que, durante la sístole, la densidad de la hemoglobina aumenta y la sangre absorbe más cantidad de luz de color verde. No obstante, hay dispositivos que emplean la luz roja.

#### **2.2.1.2. *Temperatura Corporal (TC).***

La temperatura corporal es la diferencia entre la termogénesis y la termólisis (Villegas et al, 2012 p.228), es decir, un equilibrio entre la producción de calor corporal y su pérdida. La temperatura corporal no es constante en todo el cuerpo, varía según la zona del organismo, siendo la más apreciable la esofágica (Maté, Mora, Boscá & Aguado, s.f.).

##### **2.2.1.2.1. *Medición de la Temperatura.***

Según Espinoza (2006), existen 3 maneras para tomar la temperatura humana:

- Oral / sublingual: Tomando en consideración la última ingesta del paciente y realizar la medición 15 minutos después de ésta. Se puede medir la temperatura oral en cualquier paciente en estado consciente con excepción de los que sufren de confusión mental, afecciones y convulsiones.
- Rectal: Debido a la intimidad del paciente, es recomendable lubricar el termómetro antes de la medición. Los resultados suelen ser



0,5 a 0,7°C mayor que la temperatura oral y su aplicación es recomendable para pacientes menores de 6 años.

- Axilar: Recomendable en niños mayores de 6 años y adultos, la medición toma un lapso de 5-6 minutos y su resultado es 0,5 °C menos que la rectal.

#### 2.2.1.2.2. Clasificación de la fiebre.

Según la intensidad de la temperatura se clasifican:

**Tabla 2**

*Clasificación de la fiebre*

<b>Tipos de Fiebre</b>	<b>Valor en °C</b>
<b>Fiebre alta</b>	39 – 41
<b>Fiebre moderada</b>	38,5 – 39
<b>Fiebre Leve</b>	38 – 38.4
<b>Febrícula</b>	37,1 - 37,9
<b>Temperatura Normal</b>	36 – 37
<b>Hipotermia</b>	< 36

Fuente: Salvador Espinoza, “Atención Sanitaria inicial en situaciones de emergencia”

#### 2.2.1.2.3. Instrumentos de medición de la temperatura humana.

- Termómetro de mercurio: El funcionamiento del termómetro de mercurio se basa en la dilatación del mercurio por efecto del calor corporal que éste percibe y ello permite medir la variación en una escala numérica.



- **Termómetro digital:** Los termómetros digitales se basan en dispositivos transductores, que posteriormente convierten en números las variaciones de tensión que obtiene al tomar la medida de la temperatura corporal, para luego mostrarlo en una pantalla digital.
- **Termómetro infrarrojo corporal:** Este tipo de termómetro a veces se llama incorrectamente termómetro láser porque a menudo usa asistencia láser, aunque solo es para apuntar mejor al lugar de medición.

El método consiste en medir la energía luminosa (que se encuentra en la banda infrarroja) con un detector, que la convierte en una señal eléctrica. A diferencia de otros tipos de termómetros (como los termopares) que requieren contacto con el elemento para medir la temperatura, este método le permite medir la temperatura de forma remota. Por tanto, es posible medir si el objeto se está moviendo, rodeado de campos electromagnéticos, y si se encuentra a una temperatura intermedia de vacío.

### **2.2.1.3. Oximetría.**

De acuerdo con M. Rivera, M. Herrera & Jalil (2005) indica que la oximetría es un término general relativo o aplicable a las diferentes tecnologías capaces de medir la saturación de la hemoglobina (HB) por el oxígeno.

De manera general, las técnicas oximétricas se pueden dividir en:

- Espectrofotometría para el análisis de la Hemoglobina invitro.
- Oximetría de pulso (SpO<sub>2</sub>) para medición no invasiva de la saturación de la HB.
- Oximetría fibra óptica para medición invasiva de la saturación de la oxihemoglobina invitro. Todas estas técnicas de oximetría se basan en principios espectrofotométricos que miden las porciones de luz transmitida y/o absorbida por parte de la HB.

## Figura 6

### *Oxímetro Mindray*

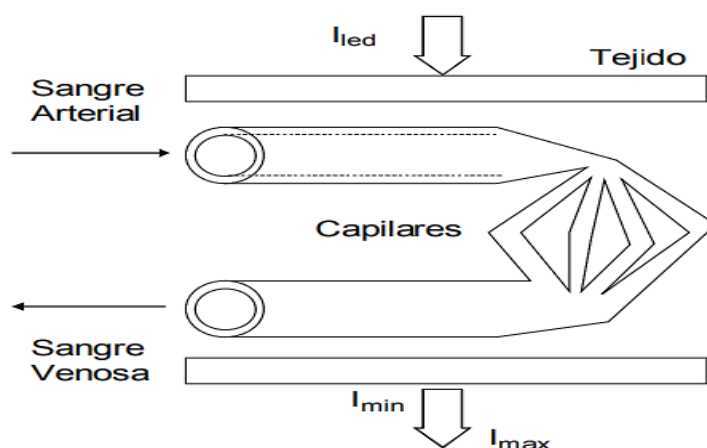


Nota. Dispositivo medidor de oxigenación de la sangre. Tomada de JGElectromedicina, Oxímetro de pulso [Fotografía], 2018, <https://www.jgelectromedicina.com.ar/galeria.php?IdSeccion=13>

La oximetría básicamente es la interpretación de la coloración sanguínea que depende de la SaO<sub>2</sub>. El cambio de color de la sangre al saturarse de oxígeno, se debe a las propiedades Ópticas de la molécula de HB. A medida que la sangre se desoxigena se vuelve menos permeable a la luz roja, el tejido pierde entonces su apariencia rosada, tomando un tinte azulado; de manera que, visto de una manera simplista, el oxímetro sólo tiene que medirlo rojo de la sangre arterial e interpretarlo en términos de saturación, pudiendo entonces establecer que el oxímetro de pulso mide la absorción de luz de longitudes de onda específicas que depender de la proporción existente entre HB oxigenada y HB des-oxigenada.

## Figura 7

### Modelo del punto de prueba para medición de SaO<sub>2</sub>

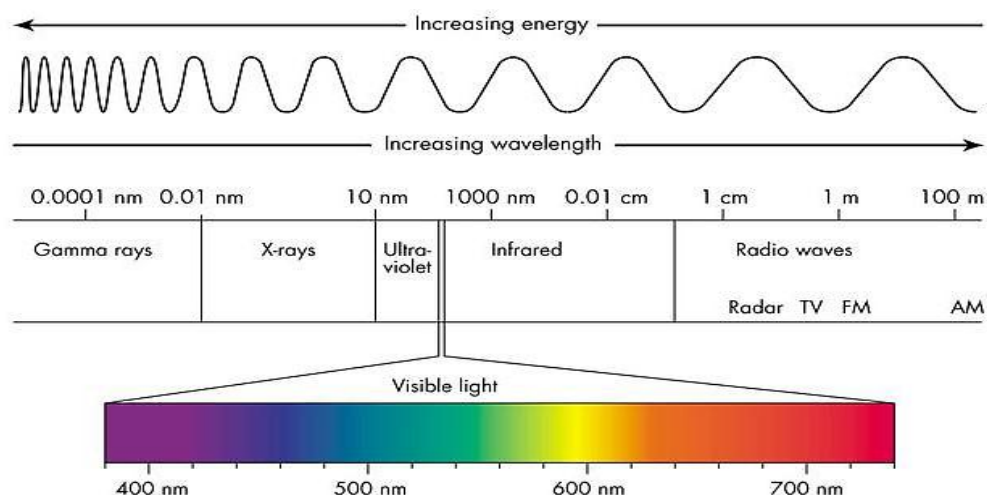


Nota. Tomado de Scielo, Revista chilena de enfermedades respiratorias [Fotografía], 2010, [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-73482010000100010](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-73482010000100010)

En un estudio reciente realizado por Noguero C., Seco González A. (2014) se indica que el principio de la oximetría de pulso se basa en las características de absorción de luz roja e infrarroja de la hemoglobina oxigenada y desoxigenada. La hemoglobina oxigenada absorbe más luz infrarroja y permite que pase más luz roja. La hemoglobina desoxigenada (o reducida) absorbe más luz roja y permite que pase más luz infrarroja. La luz roja está en la banda de luz de longitud de onda de 600-750nm. La luz infrarroja está en la banda de luz de longitud de onda de 850-1000nm.

## Figura 8

### Espectro de Luz



Nota. Clasificación del espectro según su longitud de onda. Tomado de Uobabylon, Introduction To Pharmaceutical Analysis [Fotografía], 2013, [http://www.uobabylon.edu.iq/eprints/publication\\_3\\_2677\\_1587.pdf](http://www.uobabylon.edu.iq/eprints/publication_3_2677_1587.pdf)

### 2.2.2. Cifras normales de los signos vitales.

Villegas (2012) expone en un estudio reciente, que el Instituto Nacional del Corazón, el Pulmón y la Sangre en el año 2003 realizó una tabla para la presión de la sangre normal en la cual da a conocer las diferentes cifras normales de los signos vitales según la edad, esta tabla se muestra a continuación:

## Figura 9

### *Cifras normales de signos vitales según edad*

Edad	Temperatura	Respiración	Pulso	Tensión arterial
Recién nacido	36.6° C a 37.8° C	30 a 40/ min	120-160/min	70/50
Primer año	36.6° C a 37.8° C	26 a 30/ min	120-130/ min	90/50
Segundo año	36.6° C a 37.8° C	25/ min	100-120/min	De 2 a 10 años: Sistólica: # años x 2 + 80. Diastólica: mitad de la sistólica + 10
Tercer año	36.6° C a 37.8° C	25/ min	90-100/min	
4 a 8 años	36.5° C a 37° C	20 a 25/ min	86-90/min	
8 a 15 años	36.5° C a 37° C	18 a 20/ min	80-86/min	De 10 a 14 años: Sistólica: # de años + 100. Diastólica: mitad de sistólica + 10
Edad adulta	36.5° C	16 a 20/ min	60-80/min	120/ 80 +ó- 10
Vejez	36.0 C ó menos	14 a 16/ min	60 ó menos	

Nota. Tomado de MásFacilMedicina Blogspot, Cifras normales de signos vitales [Fotografía], 2018, <http://masfacilmedicina.blogspot.com/2018/08/que-son-los-signos-vitales-consideramos.html>

### **2.2.3. Computadora de placa única (SBC).**

Según Amador (2015), un ordenador de placa única es una computadora completa en un solo circuito. Generalmente, este tipo de computadoras se utilizan en entornos industriales o en sistemas embebidos, los cuales sirven como controladores e interfaces de control para su uso conjunto con controladores lógicos programables (PLC).

Entre sus principales características está que son de un tamaño reducido y su precio de adquisición es menor en comparación a los ordenadores cotidianos.

Algunos ejemplos de este tipo de placas son las siguientes:

- Raspberry Pi
- OrangePi
- BeagleBone
- PcDuino
- Pandaboard
- ESP32

#### **2.2.3.1. Raspberry Pi.**

Es una computadora de placa única (SBC) con un costo reducido, desarrollado en Reino Unido en el año 2011, con la finalidad de mejorar y estimular la enseñanza en los colegios, por lo cual su comercialización recién se llevó a cabo en el 2012.

Además de un ordenador, la Raspberry Pi incorpora funciones de electrónica como pines GPIO (General Purpose Input/Output), y de comunicación como UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter), SPI (Serial Peripheral Interface) e I<sup>2</sup>C (Inter-Integrated Circuit).

En esencia, el Raspberry Pi es una placa de tamaño pequeño (cercano al de una tarjeta de crédito). No obstante, a pesar de su tamaño reducido, posee un micro procesador ARM con potencia de hasta 1GHz, integrado en un chip Broadcom BCM2835. Además, cuenta con 512 MB de RAM, un GPU Videocore IV; asimismo, posee todo lo necesario para poder ejecutar programas básicos, navegar por internet entre otras funciones.



**Tabla 3***Especificaciones técnicas de la Raspberry-Pi*

<b>Componente</b>	<b>Descripción</b>
<b>Procesador</b>	Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 64-Bit SoC @ 1.4GHz
<b>Conectividad</b>	2.4GHz y 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac wireless LAN, Bluetooth 4.2, BLE Gigabit Ethernet con USB 2.0 (velocidad máxima 300Mbps) 4 x entradas USB 2.0
<b>Acceso</b>	GPIO de 40 pines
<b>Video y Sonido</b>	MIPI, HDMI, video compuesto, MicroSDHC, jack 3.5mm
<b>Multimedia</b>	Códec de video H.264, MPEG-4 (1080p30), OpenGL ES 1.1, 2.0

Fuente: Datasheet de Raspberry Pi

### **2.2.3.2. ESP32.**

El fabricante “Espressif” años atrás fabricó un modelo que era la ESP8266, sin embargo, esta no tenía una memoria flash, hasta la llegada del ESP8285 con la que se dio comienzo al desarrollo de la actual ESP32 que además de contar con memoria flash cuenta con funcionalidades como Wifi y Bluetooth.

Obviamente es un dispositivo mucho más potente que los predecesores y su desarrollo está enfocado al internet de las cosas, ya que cuenta con un procesador adicional y pines de salida Digital a Analógica, DAC. Su tamaño reducido lo hace idóneo para pequeños gadgets electrónicos además de las características mostradas en la siguiente tabla.

**Tabla 4***Especificaciones técnicas del ESP32*

<b>Componente</b>	<b>Descripción</b>
<b>Procesador</b>	Tensilica Xtensa Dual-Core LX
<b>RAM</b>	520 Kbps
<b>Flash</b>	16 MB
<b>ROM</b>	448 Kbps
<b>Voltaje de Operación</b>	2.2 -3.6 V
<b>Rango de Temp</b>	-40°C – 125°C
<b>Pines GPIO</b>	11
<b>Pines ADC</b>	18
<b>Pines DAC</b>	2

---

Fuente: Datasheet de ESP32

### **2.2.3.3. Orange Pi.**

Ríos (2017), define a los sistemas de Orange Pi como minicomputadoras SBC (Single Board Computer) al igual que las Raspberry Pi (RPi), las cuales son desarrolladas en China por la empresa Shenzhen Xunlong Software.

Estas SBC tienen unas prestaciones de Hardware superiores a las RPi pero con un precio inferior. Sin embargo, su punto débil es el soporte técnico debido a que la comunidad de usuarios que desarrollan aplicaciones con las diversas placas de Orange Pi, es muy reducida en comparación con la comunidad de RPi, lo que complica la búsqueda y obtención de información acerca de cómo usarla.

Adicionalmente, Ríos la denomina como un ordenador personal de baja gama, servidor Web, nube de almacenamiento privada o pública, nodo de una red, entre otras definiciones.

**Tabla 5**

Especificaciones técnicas de la Orange Pi

<b>Componente</b>	<b>Descripción</b>
<b>Procesador</b>	Procesador Cortex-A7 de 4 núcleos @ 1.6GHz.
<b>Conectividad</b>	WiFi + Bluetooth 2 x entradas USB 2.0
<b>Pines</b>	GPIO de 40 pines
<b>Video y Sonido</b>	Salida AV y HDMI, tanto para vídeo como para audio. Calidad 1080p Salida de Jack 3.5mm
<b>Sistemas Operativos Soportados</b>	Android, Ubuntu, Debian, Rasbian

Fuente: Datasheet de Orange Pi

#### **2.2.4. Base de datos.**

Es un almacén de datos relacionados con diferentes modos de organización. Una base de datos representa algunos aspectos del mundo real, aquellos que son de interés para el usuario, y que almacena datos con propósitos específicos. Cuando se menciona la palabra “datos” se hace referencia a hechos conocidos que pueden registrarse, estos pueden ser números, textos, etc.

Los Data Base Management System (DBMS) son programas denominados Sistemas Gestores de Base de Datos (SGBD), los cuales permiten almacenar y posteriormente acceder a los datos de forma rápida y estructurada.

En otras palabras, una base de datos es un conjunto estructurado de datos que representa a las entidades y sus interrelaciones. La representación de esta Base de Datos será una sola e integrada, a pesar de que su administración sea múltiple y simultánea (Campos et al., 2005, p. 3).

### **2.2.5. Desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles.**

Brazuelo y Gallego (2014), establecen que, gracias al SDK de Android es posible realizar numerosos proyectos, debido a que esta cuenta con API's completas y numerosas, algunas de sus características más relevantes son:

- Licencias y desarrollo gratuitos.
- Acceso al hardware de Wifi, GPS, Bluetooth y telefonía, permitiendo realizar y recibir llamadas y SMS.
- Control completo de multimedia, incluyendo la cámara y el micrófono.
- APIs para los sensores: acelerómetros y brújula.
- Almacenes de datos compartidos, SQLite, acceso a SD Card.
- Aplicaciones y procesos en segundo plano.
- Uso de mapas y sus controles desde las aplicaciones.

#### **2.2.5.1. Android Studio.**

Aunque inicialmente, Eclipse (denominado ADT – Android Development Tools) fue el entorno de desarrollo software (IDE - Integrated development environment), Google ha migrado hacia el entorno de Android Studio y se ha convertido en la herramienta oficial para crear aplicaciones para Android. Android Studio está basado en IntelliJIDEA. Este IDE es multiplataforma permitiendo su instalación de forma sencilla tanto en Windows como en Linux o Mac. (Robledo, 2014, p. 9)

### **2.2.6. Convertidores de modo de conmutación CC-CC.**

Los convertidores de CC-CC (Corriente continua a Corriente continua) se usan muy ampliamente en sistemas de suministro de energía CC regulados en modo de conmutación. Los convertidores de este tipo se utilizan para convertir la entrada de CC no regulada a una salida de CC controlada en el nivel de voltaje requerido.

### 2.2.6.1. Convertidor Elevador (Boost).

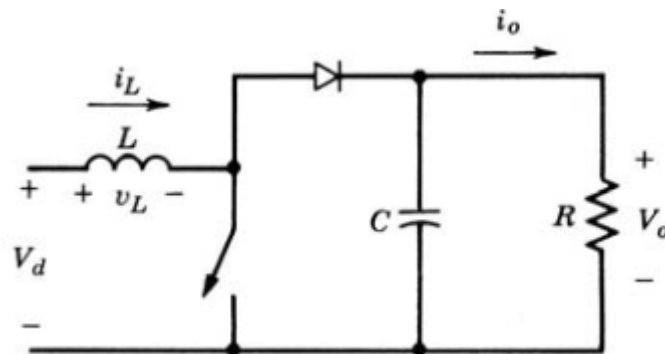
De acuerdo con Mohan N., Undeland T. & Robbins W. (2009) La aplicación principal de este convertidor radica en fuentes de energía de CC regulada y en el frenado regenerativo de motores CC. El voltaje de salida siempre será mayor al de entrada.

#### 2.2.6.1.1. Modo de trabajo.

Cuando el interruptor está encendido, el diodo es de polarización inversa, lo que aísla la etapa de salida. La entrada suministra energía al inductor. Cuando el interruptor está apagado, la etapa de salida recibe energía tanto del inductor como de la entrada. En el análisis del estado permanente que se presenta aquí, se supone que el condensador de filtrado de salida es muy grande, a fin de asegurar un voltaje de salida constante.

### Figura 10

Convertidor elevador de CC-CC



Nota. Esquema eléctrico de conversión de CC-CC. Tomado de iJraset, Design of an optimal tip speed ratio control MPPT Algorithm for standalone WECS [Fotografía],2015, <https://www.ijraset.com/files/serve.php?FID=2435>

### 2.2.7. Protocolo de comunicación I2C.

Según ToBem (2018) el protocolo I2C, significa Inter-Integrated Circuit, por sus siglas en inglés. Es un protocolo de comunicación serial desarrollado por

Phillips Semiconductors aproximadamente en el año 1980. Se creó con el objetivo de poder comunicar varios chips al mismo tiempo dentro de los televisores.

El protocolo I2C toma e integra lo mejor de los protocolos SPI y UART. Gracias a este protocolo se pueden conectar al maestro controlando uno o múltiples esclavos. Esto puede ser de gran ayuda cuando se van a utilizar diversos microcontroladores para almacenar un registro de datos hacia una sola memoria o cuando se va a mostrar información en una sola pantalla.

El protocolo I2C utiliza sólo dos vías de comunicación, así como también lo hace el protocolo UART, que son el SDA y el SCL.

- SDA: Serial Data. Es la vía de comunicación entre el maestro y el esclavo para enviarse información.
- SCL: Serial Clock. Es la vía por donde viaja la señal de reloj.

De acuerdo con EPA (2018) los dispositivos en el I<sup>2</sup>C bus son maestros o esclavos. El maestro, es siempre el dispositivo que maneja la línea de reloj SCL. Los esclavos, son los dispositivos que responden al maestro. Un esclavo no puede iniciar una transferencia a través del I<sup>2</sup>C bus, sólo un maestro puede hacer esa función. Generalmente son, varios esclavos en el I<sup>2</sup>C bus, sin embargo, normalmente hay un solo maestro. Es posible tener varios maestros, pero es inusual y no se comentará aquí. Los esclavos, nunca inician una transferencia. Tanto el maestro, como el esclavo puede transferir datos a través del I<sup>2</sup>C bus, pero la transferencia siempre es controlada por el maestro.

**Tabla 6***Características técnicas del protocolo I2C*

<b>Característica</b>	<b>Descripción</b>
<b>Número de vías o cables</b>	2
<b>Velocidad máxima</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Modo estándar (Sm) = 100kbps</li> <li>✓ Modo rápido (Fm) = 400kbps</li> <li>✓ Modo High Speed (Fm+) = 3.4Mbps</li> <li>✓ Modo Ultra Fast (Hs-mode) = 5Mbps</li> </ul>
<b>Síncrono o Asíncrono</b>	Síncrono
<b>Número máximo de Maestros</b>	Ilimitado
<b>Número máximo de Esclavos</b>	1008
<b>Bit de direccionamiento</b>	7 u 8

Fuente: Los Investigadores

**2.2.7.1. Medios de transmisión de datos.**

Según Fernández (2008, p.1) es un medio físico que transporta información en forma de señales electromagnéticas, entre transmisor y receptor. El cual, para su selección va a depender de varios factores.

*2.2.7.1.1. Principales medios guiados de transmisión de información.*

En los cuales las ondas se transmiten a través de un medio físico. Se emplean: cobre y fibra óptica. Los principales medios guiados son:

- El par trenzado
- El cable coaxial
- El cable de fibra óptica

#### 2.2.7.1.2. Transmisión no guiada (inalámbrica).

Las ondas se transmiten a través del aire, el mar o el espacio. La opción inalámbrica es una solución cuando se requiere "movilidad". En medios no guiados, tanto la transmisión como la recepción se llevan a cabo mediante antenas. En la transmisión, la antena emite energía electromagnética en el medio, y en la recepción la antena capta la energía emitida por el transmisor (Fernández, 2008, p. 28) (Tabla 8).

Los principales medios de transmisión no guiada son: Bluetooth y Wifi, por lo cual se hace una comparación en la siguiente tabla:

**Tabla 7**

*Comparación entre Wifi y Bluetooth*

<b>Característica</b>	<b>Bluetooth</b>	<b>WiFi</b>
<b>Frecuencia</b>	2.4 Ghz	2.4/3.6 75 Ghz
<b>Ancho de Banda</b>	32 Mbit/s	80 MHz (160 MHz de canal contiguo)
<b>Seguridad</b>	Baja	Moderada
<b>Rango</b>	Hasta 30 metros	Hasta 300 metros
<b>Consumo</b>	Reducido	Elevado

Fuente: Los Investigadores



## **2.3. Marco conceptual**

### **2.3.1. Signos vitales.**

Gandelman (2019) menciona que los signos vitales son medidas de las funciones más básicas del cuerpo. Los 4 signos vitales principales que los doctores revisan habitualmente son: Temperatura Corporal, frecuencia de pulso, frecuencia respiratoria y presión sanguínea. Estos signos vitales ayudan a detectar o controlar problemas médicos.

### **2.3.2. Monitorización.**

En 2009, Gallego, Soliveres, Carrera y Solaz, definen la monitorización como: Observar mediante aparatos especiales el curso de uno o varios parámetros fisiológicos o de otra naturaleza para detectar posibles anomalías; es decir, es la utilización de los monitores para la vigilancia de diferentes tipos de señales o situaciones.

Es muy importante tomar consciencia de que la monitorización no consiste solamente en la vigilancia de pantallas, sino que en realidad es la integración de la información recibida por parte del personal médico y de enfermería de las señales recibidas desde el paciente.

Pero no sólo se monitoriza a los pacientes mediante aparatos, sino que también la exploración física no instrumental o el contacto verbal o visual del propio paciente son formas de monitorización.

### **2.3.3. Registro de datos de pacientes.**

Según el Hospital Sant Joan de Déu Barcelona (2013), un registro de pacientes es un fichero, documento o conjunto organizado de datos de salud; el cual contiene información uniforme acerca de personas individuales, recogida de forma sistemática e integral, para que sirva a unos objetivos previamente establecidos científicos, clínicos o de política sanitaria.

#### **2.3.4. Sensor digital.**

De acuerdo con Otalvaro (2013), son dispositivos que dan como salida una señal codificada en forma de pulsos o en forma de palabra digital en cualquier tipo de sistema, codificación binaria, BCD, entre otros. Además, poseen la capacidad de detectar el alcance, la proximidad y el contacto de las diversas variables físicas de los objetos como energía, velocidad, aceleración, tamaño y cantidad, con el fin de enviar el dato obtenido de la medición a un módulo central de procesos.

#### **2.3.5. Módulo central de procesos.**

Acorde con Rebollo (2011), es conocido como CPU (Central Processing Unit). Es el componente encargado de interpretar las instrucciones de los programas y procesar los datos. Así mismo, es una pieza fundamental en un ordenador y ha estado presente desde sus inicios. También se le conoce como procesador o microprocesador.

#### **2.3.6. Procesamiento digital de señales.**

Conforme con Platero, C. (2001), el Procesamiento de señales trata de la representación, transformación y manipulación de señales y de la importancia que contienen. Cuando se refiere al procesado digital de señales, se refiere a la representación mediante secuencias de números de precisión finita y el procesado se realiza utilizando un computador digital.

#### **2.3.7. Plataforma móvil.**

Baz, Ferreira y Álvarez (2011), plantean que un dispositivo móvil se puede definir como un artilugio de diseño y tamaño pequeño, que cuenta con:

- Capacidades de procesamiento de audio, video y sonido; en general posee la cualidad de tratar señales ya sean digitales o analógicas.
- Conexión permanente o intermitente a una red.
- Memoria limitada y/o expansible.
- Baterías recargables, lo que le da la característica de portabilidad, sin tener que depender de un cable permanente enchufado a la energía eléctrica.

### **2.3.8. Espectroscopía.**

De acuerdo con González y Montaña (2015), el término espectroscopia hace referencia a la observación y al estudio del espectro, y se basa en la interacción de la energía radiante con la materia. Esta interacción es tan específica que nos permite identificar el tipo y la cantidad de materia que interactuó. Es decir, permiten realizar análisis cualitativos y cuantitativos. Además, sirve para identificar y medir constituyentes (elementales, orgánicos e inorgánicos) en diversas y variadas muestras. La espectroscopia es la herramienta más utilizada en investigación, análisis, control y diagnóstico en muchos ámbitos relacionados con la física, la química, las ciencias biológicas y las ciencias médicas. Nuevas tecnologías surgen constantemente gracias a los avances en el diseño de fuentes de radiación y detectores, así como dispositivos y sistemas electrónicos cada vez más compactos, rápidos y eficientes.

### **2.3.9. Espectrofotometría.**

Conforme a Atkins, W. (2006), se basa en el hecho de que, los enlaces de las sustancias tienen frecuencias de vibración específicas. A partir de la energía emitida por las vibraciones de estos enlaces, se determina el o los elementos contenidos en las muestras.

### **2.3.10. Internet.**

En consonancia con Cisco (2016), Internet es una colección global de redes interconectadas (internetworks o internet para abreviar). Existen varias formas diferentes de conectar a usuarios y organizaciones a Internet. Generalmente, los usuarios domésticos, los trabajadores remotos y las oficinas pequeñas requieren una conexión a un proveedor de servicios de Internet (ISP) para acceder a Internet. Las opciones de conexión varían considerablemente según los ISP y la ubicación geográfica. Sin embargo, las opciones más utilizadas incluyen banda ancha por cable, banda ancha por línea de suscriptor digital (DSL), redes WAN inalámbrica y servicios móviles.

### **2.3.11. Base de datos.**

Camps et al. (2005), establece que una base de datos de un Sistema informático (SI) es la representación integrada de los conjuntos de entidades instancia correspondientes a las diferentes entidades tipo del SI y de sus interrelaciones. Esta representación informática (o conjunto estructurado de datos) debe poder ser utilizada de forma compartida por muchos usuarios de distintos.

### **2.3.12. Sincronización de datos.**

Según con A. Laganà (2004), la sincronización de información permite a los datos replicados ser coherentes entre sí y permanecer actualizados, de esta manera se resuelven las inconsistencias, se garantiza la integridad, y se mantiene la misma versión de los datos entre múltiples dispositivos cliente, para una o varias bases de datos centrales, de acuerdo con M.S. Choi y Young-Guk Kim (s.f.).

### **2.3.13. Filtrado de señal.**

Siguiendo a Ocampo (2014), es el proceso por el que la parte esencial o útil de una señal se separa de otras componentes extrañas o indeseadas que se denominan generalmente ruido.

## **2.4. Hipótesis**

Mediante el desarrollo de un sistema electrónico biomédico portátil, se mejorará la forma de monitoreo y registro de los signos vitales de las personas de la ciudad de Trujillo – Perú en el año 2020.

## 2.5. Operacionalización de variables

**Tabla 8**

*Operacionalización de Variables*

<b>VARIABLES</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	<b>INSTRUMENTO</b>
Sistema electrónico biomédico portátil	Es un sistema electrónico integrado por un módulo central de procesos y transductores, los cuales permiten el sensado de signos vitales.	Velocidad de procesamiento.	Microsegundos	Hoja técnica de microprocesador
		Tiempo de autonomía	Minutos u horas	Guía de Observación
		Usabilidad del prototipo	Calificaciones	Encuesta
Monitoreo y registro de los signos vitales	Acción de monitoreo y registro continuos de los signos vitales con almacenamiento en la nube y visualización de los datos recabados en la interfaz gráfica y en los dispositivos móviles.	Confidencialidad de información	-	Guía de observación
		Visualización de datos	-	Hoja de registro con tiempos de espera
		Tiempo de Registro	Segundos	Guía de observación
		Exactitud del registro	-	Hoja de Registro

Fuente. Los investigadores

## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGIA EMPLEADA

#### 3.1. Tipo y Nivel de investigación

- De acuerdo a la orientación o finalidad: Aplicada

#### 3.2. Población y muestra de estudio

- Población: Signos vitales de las personas de la ciudad de Trujillo Perú
- Muestra: Temperatura, oximetría y ritmo cardíaco

#### 3.3. Diseño de investigación

El diseño de contrastación es descriptivo, el cual se basará en especificar las propiedades, características y rasgos funcionales del prototipo.

$O \rightarrow G$

Donde:

O: Monitoreo portátil de signos vitales.

G: Visualización del historial en dispositivos electrónicos y el análisis de los resultados de los signos vitales.

#### 3.4. Técnicas e instrumentos de investigación

- Fichas técnicas de sensores y módulo central de procesos:
- Ficha de especificaciones técnicas de módulo central de procesos (Véase Anexos del N°11- N°19).
- Fichas de especificaciones técnicas de sensores de temperatura (véase Anexo del N°2 - N°8).
- Ficha de especificaciones técnicas del sensor de frecuencia cardíaca (véase Anexo N°9).
- Ficha de especificaciones técnicas del sensor de Oximetría (véase Anexo N°10).

- Toma de resultados de temperatura, pulso cardíaco y oximetría brindados por la plataforma electrónica mediante hojas de registro.
- Tabla de Especificaciones técnicas requeridas por el MINSA para monitor de funciones vitales de 5 variables (véase Anexo N° 20).
- Investigación bibliográfica y linkográfica.
- Investigación sobre los diferentes lenguajes de programación a usar en el desarrollo de la tesis.

### **3.5. Procesamiento y análisis de datos**

Se realizaron pruebas de adquisición de los signos vitales con el prototipo y se contrastó con instrumentos fiables utilizados comúnmente en establecimientos de salud, con esto se realizaron cuadros comparativos entre ambos resultados y se calculó los errores relativos, absolutos y desviación estándar.

Se realizaron pruebas de envío de datos de los signos vitales al servidor en la nube y se obtuvo el tiempo promedio de visualización de los datos en la plataforma de monitorización.

Se calculó el tiempo de operación de trabajo de las baterías que se implementaron en el prototipo.

## CAPÍTULO IV

### 4. PRESENTACION DE RESULTADOS

#### 4.1. Propuesta de investigación

##### ***4.1.1. Caracterización de los signos vitales a ser monitoreados.***

Con el apoyo de un especialista en el rubro de salud con especialidad de Cirujano Médico, se logró obtener una recopilación de resultados de signos vitales (Frecuencia Cardíaca, SpO2 y Temperatura) en una etapa coyuntural muy marcada para el Perú como lo es la pandemia del COVID 19. Se le brindó fichas elaboradas por los autores de la tesis en la cual mantenemos con anonimato a los pacientes ya que por motivos de confidencialidad de la información la data original es sensible y privada. Se presenta el formato original de la ficha de triaje elaborado por el hospital.

La ficha cuenta con información sobre los valores normales que se manejan en los establecimientos de salud y los instrumentos que se utilizaron para obtener los resultados mostrados.



**Figura 11***Ficha de Registro de Signos Vitales – Parte 1*

Registro de Signos Vitales

Responsable de la Atención	Especialidad	Establecimiento	Área en la que laboró	Fecha de Recopilación de Datos
Neil Juárez Villavicencio	Cirujano Médico	Hospital Belén	Prevención COVID	14/08/2020

N° Paciente	Edad	Temperatura (°C)	SpO2 (%)	Frecuencia Cardíaca (lpm)
1	31	36.5	98	85
2	25	36.3	99	78
3	45	36.4	97	68
4	54	35.1	98	75
5	26	35.4	97	78
6	27	35.5	97	82
7	36	36.2	98	80
8	40	36.5	96	77
9	51	36.7	97	71
10	71	36.3	97	68
11	52	35.4	98	90
12	39	36.3	99	88
13	64	36.6	97	93
14	51	36.8	98	72
15	47	36.9	98	73
16	21	37	96	78
17	23	36	97	79
18	25	35.2	99	81
19	21	36.2	98	83
20	21	36.4	98	79
21	36	36.3	97	86
22	34	36.6	96	89
23	73	36.8	97	91
24	39	35.1	98	88
25	26	35.3	97	78
26	65	35.5	98	92
27	34	35	98	80
28	26	36.1	98	87
29	52	36.1	98	95
30	51	36.0	98	95
31	38	37.0	99	83
32	21	35.9	98	80
33	24	36.4	98	84
34	37	36.3	99	80

Nota. Ficha de registro de signos vitales realizada en una jornada de prevención Covid por personal de salud, Elaboración de los investigadores.

## Figura 12

### Ficha de Registro de Signos Vitales – Parte 2

35	43	35.8	98	70
36	31	36.7	97	76
37	65	36.4	98	69
38	39	36.2	97	77
39	61	35.9	99	70
40	24	36.5	98	87
41	36	37	99	83
42	24	35.9	98	80
43	25	36.4	98	84
44	31	36.4	98	80
45	21	36.3	99	80
46	43	36.7	98	92

**Valores Normales considerados en el establecimiento de salud:**

- Temperatura: 35.0 – 37.4 °C
- SpO2: 95 – 99 %
- Frecuencia Cardíaca: 60 a 95 lpm

**Instrumentos de Medición Utilizados:**

- Temperatura: Digital Infrared Thermometer ST 8806S
- SpO2: Oxímetro Choicemmed MD300C1
- Frecuencia Cardíaca: Oxímetro Choicemmed MD300C1

Nota: Estos valores corresponden a personas adultas.



Neif Juárez Villavicencio  
DNI: 45646118

Nota. Ficha de registro de signos vitales realizada en una jornada de prevención Covid por personal de salud, Elaboración de los investigadores.

#### 4.1.2. Análisis de los diferentes elementos del sistema.

Luego de seleccionar la muestra de estudio con la cual se trabajó, se procedió a revisar las características técnicas de los sensores que se encontraban en el mercado, sobre temperatura, pulso y oximetría. Para hallar los sensores que mejor se adaptaban a los requisitos técnicos de la plataforma biomédica móvil, se realizó una comparativa entre éstos, teniendo en cuenta: el voltaje de alimentación, salidas digitales y análogas, precisión en las mediciones, corriente de consumo, rango de medición y si era adecuado o no para el uso médico.

##### 4.1.2.1. Sensores de Temperatura con los cuales se trabajó.

Se realizaron varias pruebas con los diferentes sensores de temperatura, llegando a la conclusión que los sensores LM35 y el DS18B20 se tomaban mucho tiempo hasta llegar a la temperatura correcta del paciente, aproximadamente entre 5 a 10 minutos en alcanzar la estabilidad. Mientras que los sensores MLX90614 y TC74 no eran adecuados para el uso médico en personas (con estos últimos no se llegaron a realizar pruebas puesto que estaban dirigidos a un diferente uso).

**Figura 13**

*Sensores de temperatura*



Nota. Comparación de sensores de temperatura, Adaptado de Naylamp, Temperatura y humedad [Fotografías], 2020, <https://www.naylampmechatronics.com/37-sensores-temperatura-y-humedad>

**Tabla 9***Características técnicas de los sensores de temperatura*

Característica	Sensor de Temperatura				
	MLX90614	DS18B20	LM35	TC74	SHT21
<b>Voltaje de Alimentación</b>	5	3 – 5	4 – 30	6	2.4 – 5.5
<b>Salida</b>	10 bit (Pwm)	12 bits	10 mV/°C	Digital 8 bit	Digital 8 a 14 bits
<b>Precisión</b>	± 0.5 °C	± 0.5 °C	± 0.5 °C	± 2 °C	±0.3 ° C
<b>Corriente de consumo</b>	1 mA	4 mA	60 µA	350 µA	300 µA
<b>Rango de medición (°C)</b>	- 40 a +125	-10 y +85	-55 a +150	-40 a +125	-40°C a 125°C
<b>Adecuado para uso en personas</b>	No	Si	No	No	Sí
<b>Acondicionamiento Adicional</b>	No	Si	Si	Si	Sí
<b>Precio (Soles)</b>	35.00	12.00	6.00	5.00	12.00

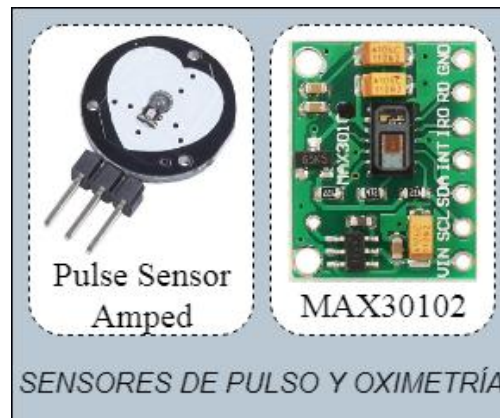
Fuente: Los investigadores.

#### ***4.1.2.2. Sensores de Pulso y Oximetría con los cuales se realizaron las pruebas.***

Primero se llevó a cabo el estudio haciendo uso del sensor ADA1093 al estar a nuestro alcance (a la venta en la ciudad de Trujillo). Este sensor cumplía con lo requerido sin embargo sólo medía el pulso y el equipo investigador requería que además del pulso también midiera la oximetría, por tal motivo se cambió por el sensor MAX30102, que sí gozaba de las características necesarias para el sistema biomédico, caso contrario al sensor ADA1093.

**Figura 14**

*Sensores de pulso y oximetría*



Nota. Comparación de sensores de SpO2 y RC, Adaptado de Naylamp, Biomédico [Fotografías], 2020, <https://www.naylampmechatronics.com/biomedico/>

**Tabla 10**

*Características técnicas de los sensores de Pulso y SpO2*

Característica	Sensor de Pulso y SpO2	
	ADA1093	MAX30102
<b>Voltaje de Alimentación</b>	3 – 5	3.3
<b>Salida</b>	Señal análoga	18 bit
<b>Protocolo de comunicación</b>	-	I <sup>2</sup> C
<b>Longitud de onda emitida</b>	Led Verde: 609nm	Led Rojo: 660nm Led Infrarrojo: 880nm
<b>Corriente de consumo</b>	20 mA	50 µA
<b>Adecuado para uso en personas</b>	Sí	Sí
<b>Acondicionamiento Adicional</b>	No	Sí
<b>Precio (Soles)</b>	25	34

Fuente: Los investigadores.

#### **4.1.2.3. Placas de desarrollo electrónico.**

Después de realizar una pesquisa sobre las diferentes placas de desarrollo electrónico, se llevó a cabo un cuadro comparativo con las características técnicas, para así tener una vista más amplia de beneficios y desventajas.

En un inicio se iba a trabajar con la Raspberry Pi 3 B (RPi) al poseer las características más resaltantes y dirigidas a las necesidades el prototipo, debido a su disponibilidad local (Trujillo), tamaño mediano (lo que facilitaba su manipulación) y su velocidad de procesamiento de datos superior en relación con los otros microprocesadores comparados. Sin embargo, no poseía la cantidad suficiente de pines como para trabajar tanto con la pantalla (interfaz gráfica) como con los sensores, al mismo tiempo.

Al poseer algunos perjuicios que iban en contra del desarrollo del sistema biomédico, se procedió a buscar otra placa de desarrollo electrónico que concuerde a lo que se deseaba hacer.

Seguidamente se adquirió la Orange Pi 3G IoT B, ya que contaba con mejores características que la Raspberry Pi 3 B según se puede ver en la tabla 11. Según la hoja técnica, esta placa de desarrollo electrónico sí contaba con todo lo necesario, inclusive con una pantalla táctil, slot para tarjeta SIM (lo que en su momento fue una gran ventaja sobre las otras tarjetas, puesto que nuestra idea era colocarle una tarjeta SIM para que el usuario no se vea limitado a estar en zona con cobertura Wifi), entre otras prestaciones que hacían de ella la tarjeta ideal. No obstante, al ser prácticamente nueva en el mercado, no contaba con algunas aplicaciones necesarias (PlayStore y el APK de Android) para poder ejecutar nuestra App sobre el monitoreo de los signos vitales. Asimismo, el manual de uso sólo tenía datos básicos de la tarjeta, más no, cómo poder ejecutar ciertas funciones. Por estas y entre otras razones se optó por hacer uso de nuestra segunda opción: la tarjeta ESP32.

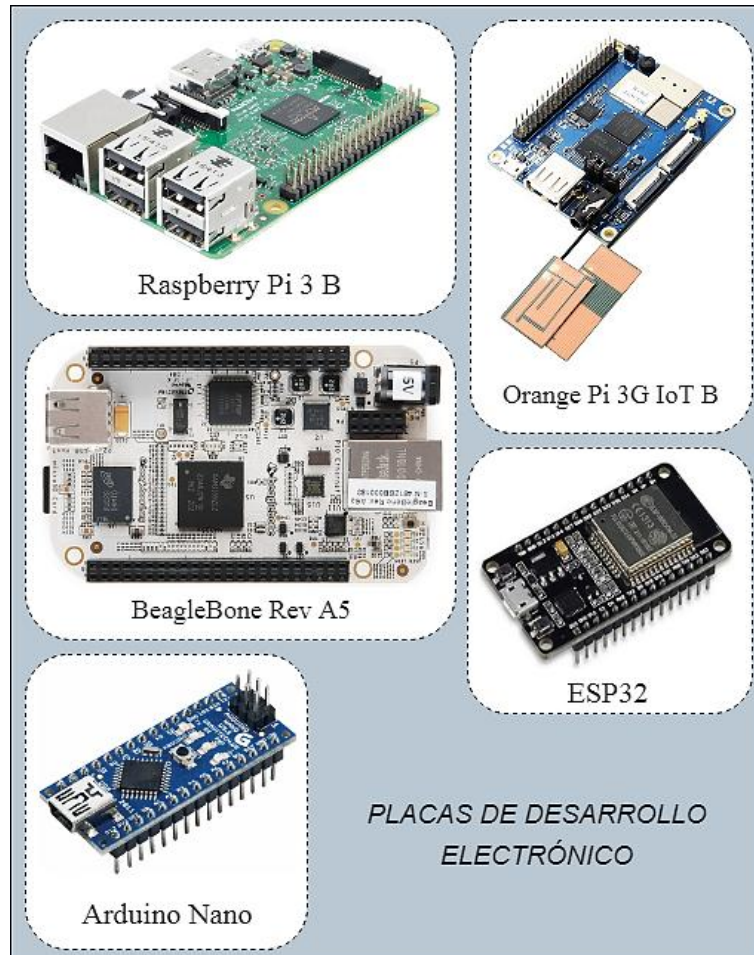
**Tabla 11***Características técnicas de las Placas de desarrollo electrónico*

Características	Placas de desarrollo electrónico				
	BeagleBone	Raspberry Pi	Arduino	ESP	Orange Pi
<b>Modelo</b>	Rev A5	3 B	Nano	ESP32-NODEMCU-32	3G IoT B
<b>Procesador</b>	ARM Cortex – A8	ARM 11	ATmega328	Xtensa® Dual-Core 32-bit	Dual Core ARM® Cortex-A7
<b>Velocidad</b>	1GHz	1.2Ghz	16MHz	240Mhz	1.2GHz
<b>Entrada Analógicas</b>	7-12 canales	0	6 – 10 canales	18 canales	0
<b>RAM</b>	256 MB	256 MB expandible	2Kb	520 KByte	512 MB
<b>Min Potencia</b>	170 mA (0.85 W)	700 mA (3.5 W)	42mA (0.3W)	40mA	
<b>Lenguaje de programación</b>	Phyton , Scratch	Phyton, IDLE	Arduino Tool	C++	Java, Python
<b>Voltaje de alimentación</b>	5V	5V	5V	5V	5V
<b>Salida Multimedia</b>	No	HDMI , Composite	No	No	Sí
<b>Conexión Display</b>	No	Si	No	Sí	Sí
<b>Ethernet</b>	10/100	10/100	No	No	No
<b>Wireless</b>	No	Si	No	Sí	Sí
<b>Precio (Soles)</b>	390.00	200.00	30.00	60.00	160.00

Fuente: Los Investigadores

**Figura 15**

*Placas de desarrollo electrónicas*



Nota. Comparación de placas de desarrollo, Adaptado de Interempresas, Placas de desarrollo[Fotografías],2019,<http://www.interempresas.net/Electronica/FeriaVirtual/Producto-Placas-de-desarrollo-Raspberry-Pi-CM-3-154452.html>

#### **4.1.3. Descripción del diseño y construcción del prototipo v1.0.**

Para el diseño y construcción del prototipo inicial, se hizo uso de: la placa de desarrollo electrónico Raspberry Pi 3B, el sensor de temperatura DS18B20 y el sensor de pulso ADA1093. El sensor ADA1093 fue acoplado a un módulo de comunicación I2C ADS1115 para poder convertir la señal analógica a digital y enviar los datos a la RPi, debido a la gran cantidad de módulos, esto se convirtió



en un inconveniente puesto que aumentaba el tamaño del hardware del sistema biomédico.

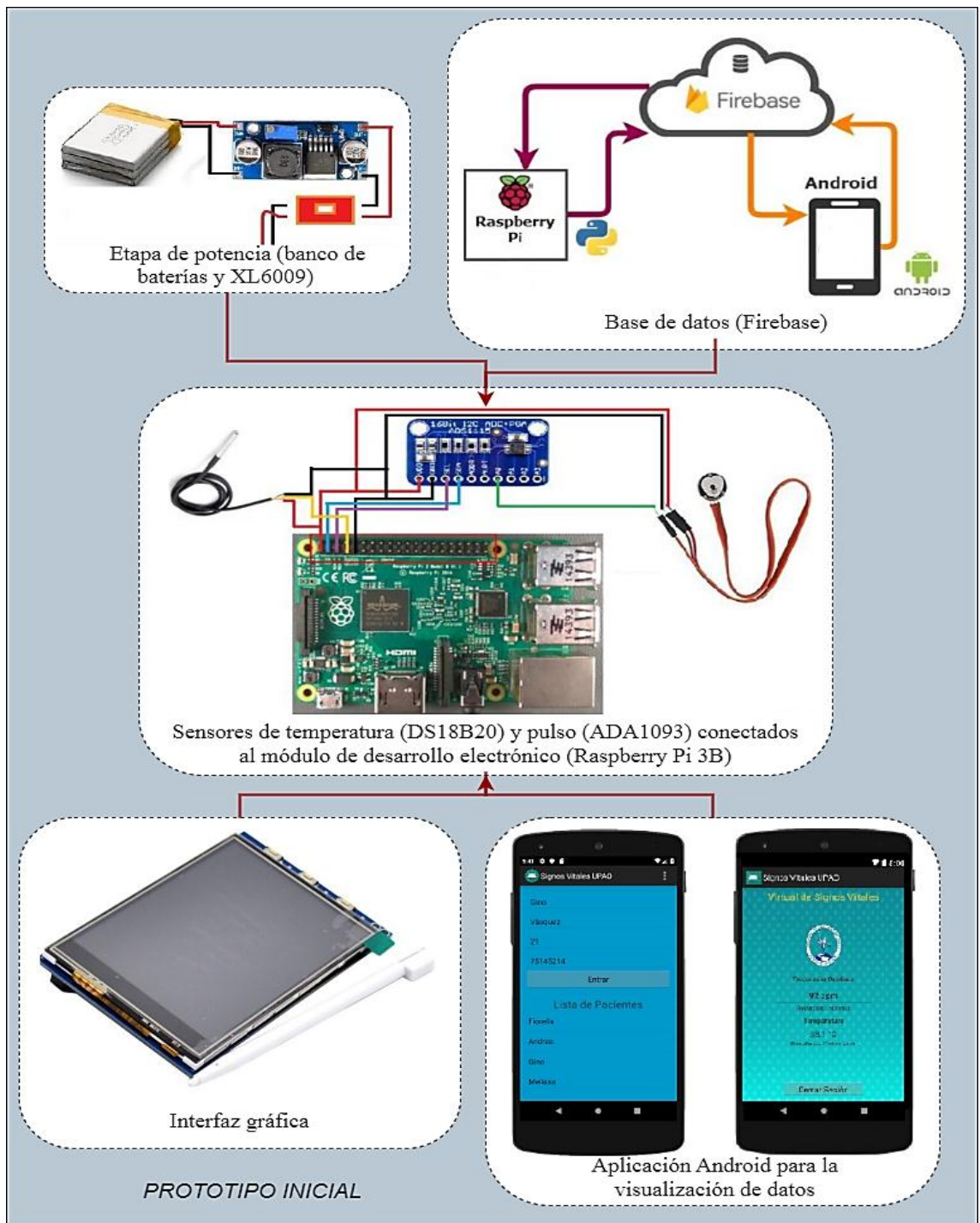
Asimismo, contaba con una pantalla táctil para la visualización de gráficas y datos del sistema biomédico, sin embargo, dicha pantalla ocupaba la mayoría de los pines de la RPi y no dejaba espacio para futuros periféricos del prototipo.

La etapa de potencia consistía en un banco de baterías de 3.3 voltios conectadas en paralelo y un Step Up XL6009 (Boost) para elevar el voltaje a 5 voltios y lograr energizar la RPi.

En lo concerniente al almacenamiento de la información en nube y su visualización se empleó la base de datos Firebase y el programa Android Studio para el desarrollo de la App en la cual se visualizarían remotamente las gráficas y datos obtenidos del usuario a través de las mediciones de los signos vitales con el sistema biomédico. La App facilitaría un mayor control sobre esta persona sin la necesidad de estar presente junto a él o ella revisando el sistema biomédico cada cierto periodo de tiempo, en vez de eso se tendría el acceso a los datos y gráficas mediante la App vinculada al sistema biomédico portátil conectado al internet.

**Figura 16**

*Diseño del prototipo V1.0*



Nota. Diseño del prototipo V 1.0 empleado en el proyecto de tesis. Elaboración de los investigadores.

#### **4.1.4. Descripción del diseño y construcción del prototipo v2.0.**

A raíz de conseguir un prototipo más pequeño y compacto, se dispuso de los siguientes componentes, para el diseño y construcción de la segunda versión del sistema biomédico:

La placa de desarrollo electrónico ESP32, con un tamaño de 5.5 cm x 2.7 cm, hace de esta placa la más adecuada para el sistema biomédico. Sumándole todas las prestaciones que posee, las cuales se ajustaban satisfactoriamente a lo requerido, detalladas en la Tabla 11.

Asimismo, se optó por cambiar de sensor temperatura que anteriormente era el DS18B20, por el sensor SHT21. Igualmente se intercambié el sensor de pulso ADA1093 por el sensor MAX30102 que además de medir el pulso también podía medir la oximetría. En consecuencia, se pudieron obtener los datos de la temperatura, pulso y oximetría en menor tiempo.

Sin embargo, esta versión del sistema biomédico no contaba con pantalla táctil para la visualización de gráficas y datos del sistema puesto que todo iba a ser dirigido a la aplicación web.

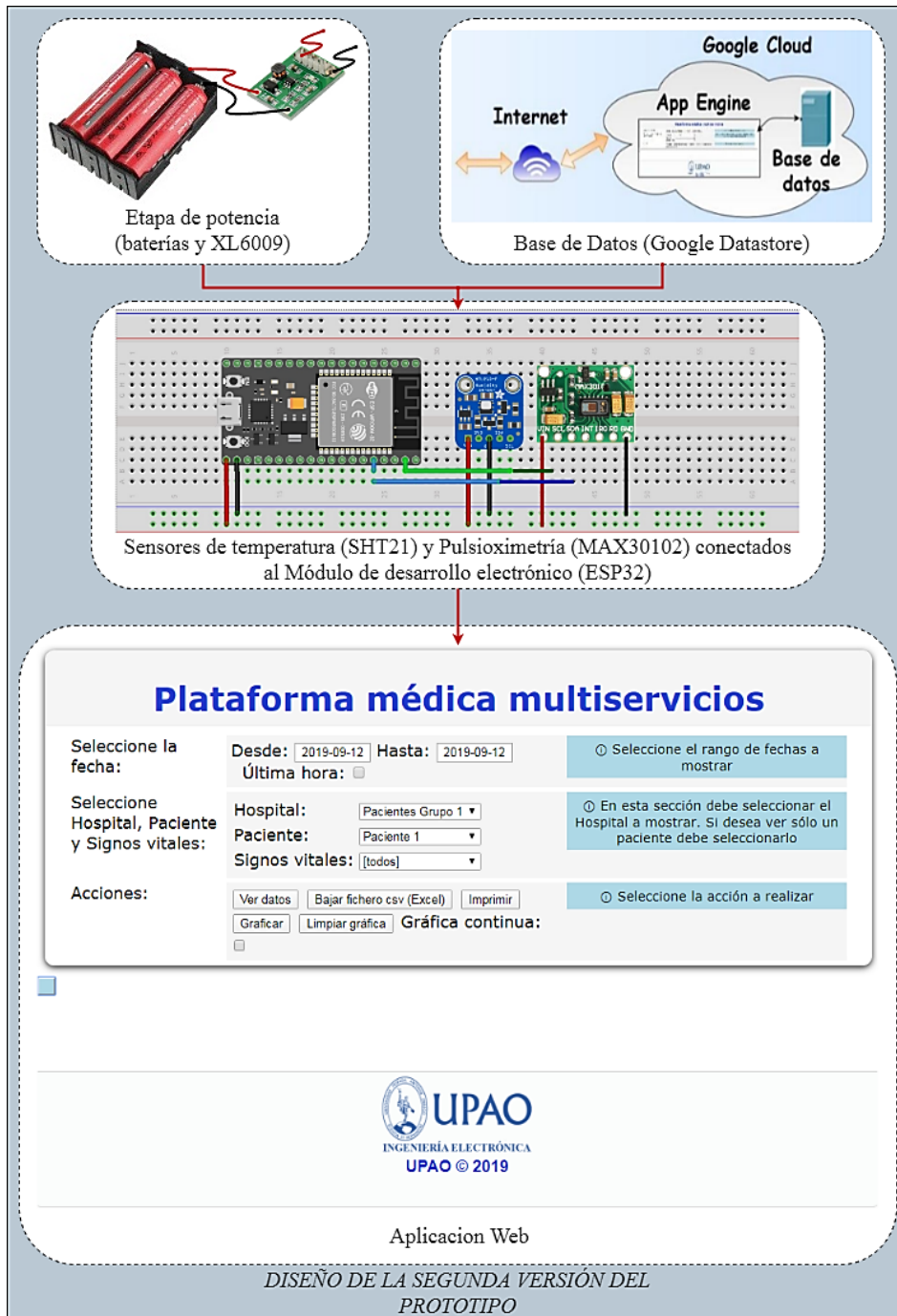
La etapa de potencia era similar a la versión anterior, con la única diferencia que el Step Up se cambió por el XL6009, que era más pequeño que el anterior y no había necesidad de calibrarlo al voltaje deseado.

Para la visualización y almacenamiento de los datos se empleó la base de datos Google Datastore, mientras que DevTools y el programa Notepad++ para el desarrollo de la App Web en la cual se visualizarían las gráficas, datos de los signos vitales, hora y fecha de las mediciones; y todo en tiempo real.

En la App Web se podía escoger el hospital en el cual se encontraba el paciente y el paciente al que se le estaba o estuvo monitoreando, registrado previamente. De igual manera, también se podía revisar el historial de datos e imprimirlos con la fecha y el nombre del doctor que estuvo a cargo.

**Figura 17**

*Diseño del prototipo V2.0*



Nota. Diseño del prototipo V 2.0 empleado en el proyecto de tesis. Elaboración de los investigadores.

#### 4.1.5. Descripción del diseño y construcción del prototipo v3.0.

En esta versión se optó por trabajar con la Orange Pi 3G IoT B, dicho módulo de desarrollo electrónico cuenta con dos núcleos de procesador, el doble de capacidad de memoria RAM que la RPi (el módulo de desarrollo electrónico con el que se trabajó anteriormente), interfaz gráfica táctil, slot para tarjeta SIM (GSM), posee una tarjeta WiFi que es útil para realizar la conectividad del prototipo con Internet (base de datos). Adicionalmente, permite programar en lenguaje Python y Java, siendo ambos de alto nivel.

Se siguió realizando el estudio con los sensores de la versión 2, mientras que para la etapa de visualización de datos se desarrolló una aplicación para móviles con sistema operativo Android.

No obstante, la Orange Pi no dispone de una gran comunidad de apoyo como la RPi, por lo que toda la programación se tuvo que hacer desde cero, empezando por las librerías para cada uno de los sensores, y no posee las subrutinas para que la App pueda ejecutarse. Por los inconvenientes encontrados esta versión de prototipo quedó descartada.

**Figura 18**

*Orange Pi*



Nota. Placa de desarrollo Orange Pi, Tomado de Roborium, ORANGE PI 3G-IOT-A 256MB, 2019, <https://roborium.com/orangepi-3g-iot-a-256mb>

#### **4.1.6. Descripción del diseño y construcción del prototipo v4.0.**

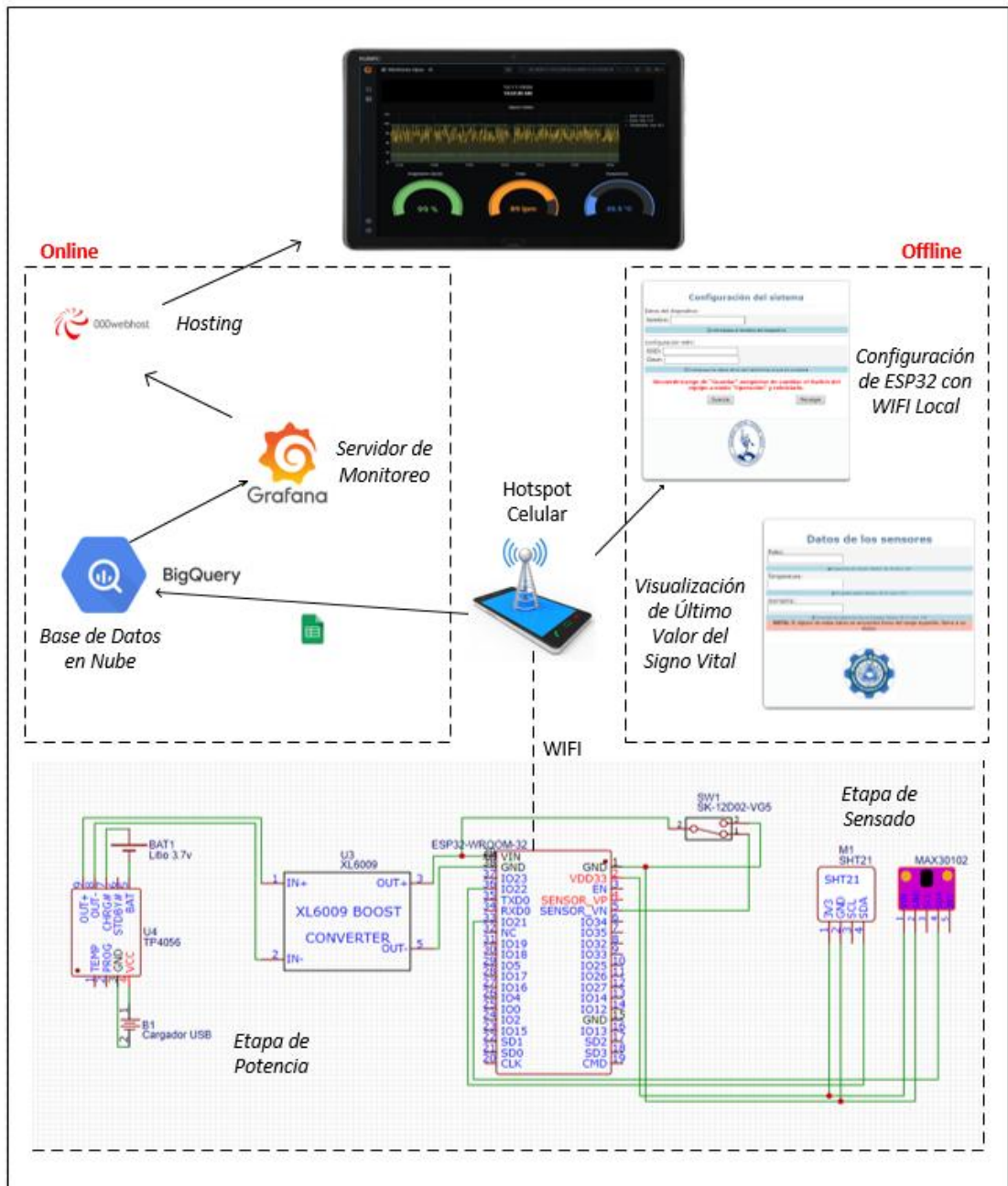
En esta versión del prototipo se rediseñó la visualización de los datos Online y Offline, añadiendo un panel para la configuración WIFI del ESP32 en su primer encendido o cambio de lugar de operación y manteniendo panel de último valor de signo vital.

En la tapa de visualización Online se está utilizando BigQuery el cual trabaja en conjunto con Grafana (Monitor de Datos) en el cual se configuró de tal manera que sea amigable con el usuario y permita un análisis eficiente.

Para un fácil acceso a la información se ha montado un servidor web en el cual los usuarios registrados y aprobados podrán hacer uso de esta herramienta.

**Figura 19**

*Diseño del prototipo V 4.0*



Nota. Diseño del prototipo V 4.0 empleado en el proyecto de tesis. Elaboración de los investigadores.

## **4.2. Elección final de los sensores, módulo, base de datos y servidor de monitoreo**

En base a las pruebas descritas en los apartados anteriores se detallará la elección de los componentes para el diseño y construcción de la última versión del prototipo.

### **4.2.1. Etapa de sensado.**

Para obtener el valor de la temperatura se escogió el sensor SHT21 por las siguientes razones:

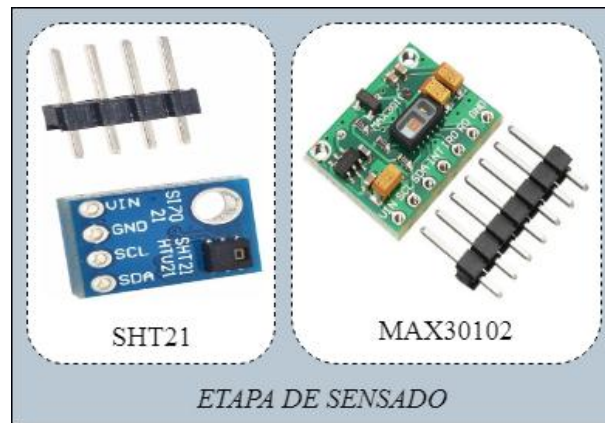
- Su precisión,  $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ ;
- Lectura y envío veloz de los datos, tarda menos de 5 minutos en alcanzar el valor de la temperatura.
- De salida digital, no hay necesidad de hacer el escalamiento que toda señal analógica requiere.
- Protocolo de comunicación I2C, lo que facilita la lectura de la señal, además, permite colocar en paralelo otros sensores y leer los datos sin ningún tipo de interferencia.
- Ligero y de pequeñas dimensiones, ideal para un dispositivo portable
- Bajo consumo de corriente
- Y sobre todo ser apropiado para el uso médico.

Mientras que, para el pulso y la oximetría, se eligió el sensor MAX30102, el cual posee una salida digital, emplea el protocolo de comunicación I2C, es capaz de sensar el pulso y la oximetría casi a la misma vez (una medida a continuación de la otra determinada por el código de programación).



## Figura 20

*Sensores seleccionados para el proyecto*



Nota. Sensores utilizados en el proyecto para el sensado de temperatura, oxigenación y FR, Adaptado de Naylamp, Biomédico [Fotografías], 2020, <https://www.naylampmechatronics.com/biomedico/>

### **4.2.2. Etapa de análisis y procesamiento de datos.**

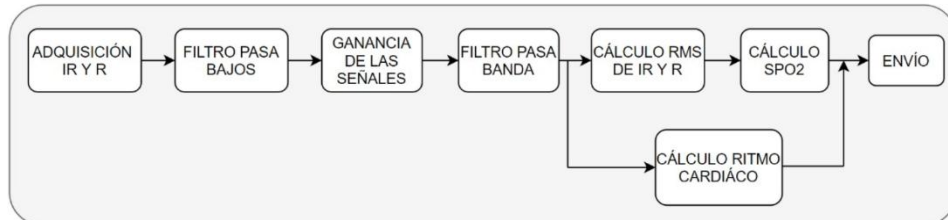
Se eligió a la placa de desarrollo electrónico ESP32, debido a:

- Sus dimensiones pequeñas
- Entradas y salidas analógicas y digitales.
- Velocidad de procesamiento (capaz de procesar operaciones matemáticas muy rápidamente y sin ningún problema).
- Memoria interna para el almacenamiento de data,
- Conexión a internet mediante Wifi puesto que está diseñado para que sea un controlador dirigido al IoT.
- Posee un procesador Xtensa Dual-Core LX6 de 32 bits, de dos núcleos. Lo que le permite hacer uso exclusivo de uno para el Wifi y el otro núcleo para el procesamiento de la data.
- Bajo consumo energético.

#### 4.2.2.1. Diagrama de bloques sobre la obtención del SpO2 y el ritmo cardiaco.

Figura 21

Diagrama de bloques del proceso SpO2 y RC.



Nota. Proceso de adquisición del SpO2 y RC. Elaboración de los investigadores.

#### 4.2.2.2. Cálculos para la obtención de la frecuencia cardiaca o pulso y de la oximetría.

Adquiridas las señales de IR y R, se procede a calcular el valor eficaz o tensión rms de la tensión:

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} v^2(t) dt}$$

Adaptando la fórmula clásica del valor rms al lenguaje C ++, la fórmula pasaría a ser:

- Valor rms para la señal Roja:

$$R_{rms} = pow\left(\frac{Value_{rmsR} + Value_{rmsR1}}{2}\right) + R_{rms}$$

$$R_{rms} = sqrt\frac{R_{rms}}{Samples_{rms}}$$

- Valor rms para la señal Infrarroja:

$$IR_{rms} = pow\left(\frac{Value_{rmsIr} + Value_{rmsIR1}}{2}\right) + IR_{rms}$$

$$IR_{rms} = \text{sqrt} \frac{IR_{rms}}{\text{Samples}_{rms}}$$

Donde:

- ✓  $R_{rms}$  = Valor rms del haz de luz rojo.
- ✓  $IR_{rms}$  = Valor rms del haz de luz infrarrojo.
- ✓ Pow = función en lenguaje C ++. Calcula el valor de un número elevado a una potencia.
- ✓ Sqrt = función en lenguaje C ++. Calcula la raíz cuadrada de un número.
- ✓  $\text{Value}_{rmsR}$  = Valor anterior del haz de luz rojo
- ✓  $\text{Value}_{rmsR1}$  = Valor actual del haz de luz rojo.
- ✓  $\text{Value}_{rmsIR}$  = Valor anterior del haz de luz infrarrojo.
- ✓  $\text{Value}_{rmsIR1}$  = Valor actual del haz de luz infrarrojo.
- ✓  $\text{Samples}_{rms}$  = número de muestras = 100.

Teniendo los valores RMS de cada señal, se realiza la siguiente operación matemática:

$$SpO_2 = \frac{(IR_{RMS} * E1 - R_{RMS} * E3) * 100}{(IR_{RMS} * E1 + R_{RMS} * E4) - (IR_{RMS} * E2 + R_{RMS} * E3)}$$

Donde:

- ✓ IR = 880  $\lambda$ ; Longitud de onda del haz de luz infrarrojo.
- ✓ R = 660  $\lambda$ ; Longitud de onda del haz de luz rojo.
- ✓ E1 = 726.44; Coeficiente de extinción de la sangre no oxigenada (Hb) para la longitud del haz de luz infrarroja (IR).
- ✓ E2 = 1154; Coeficiente de extinción de la sangre oxigenada (HbO<sub>2</sub>) para la longitud del haz de luz infrarroja.
- ✓ E3 = 3226.56; Coeficiente de extinción de la sangre no oxigenada (Hb) para la longitud del haz de luz roja (R).
- ✓ E4 = 319.6; Coeficiente de extinción de la sangre no oxigenada (HbO<sub>2</sub>) para la longitud del haz de luz roja (R).

### 4.2.3. Etapa de almacenamiento de datos en Nube.

**Tabla 12**

*Comparativa de Base de datos en Nube*

Característica	Base de Datos en Nube		
	Amazon Redshift	Google BigQuery	Snowflake
<b>Tipo de utilidad</b>	Servicio de Almacenamiento de datos a gran escala con herramientas IA	Servicio de Almacenamiento de datos a gran escala con tablas anexadas	Servicio de almacenamiento de datos basado en la nube para datos estructurados y semiestructurados
<b>Licencia</b>	Comercial	Comercial	Comercial
<b>API y métodos de acceso</b>	JDBC / ODBC	API RESTful HTTP JSON .NET	Cliente CLI JDBC ODBC
<b>Lenguaje de programación compatibles</b>	Todos los idiomas con JDBC / ODBC	Java Objective-C PHP Phyton Ruby	Javascript Phyton
<b>Información soportada/compatible a guardar</b>	JSON	JSON XML	JSON XML Avro Parquet
<b>Almacenamiento soportado</b>	0.16 TB SSD	1 TB HDD	1 TB HDD
<b>Precio (Dólares)</b>	182.50 USD/mensual (*)	Gratuito	23 USD/mensual

(\*) Plan dc2.large

Fuente: Los Investigadores

Para el almacenamiento de la información en la nube se analizaron tres opciones: Amazon Redshift, Google BigQuery y Snowflake, teniendo en consideración como principales características la información soportada o compatible a almacenar, su almacenamiento y el costo de operación.

Si bien es cierto, como los datos de los signos son caracteres y no ocupan mucho espacio, se ha pensado seleccionar mínimamente un valor que a largo

plazo pueda brindar características adicionales a las de los valores del signo vital.

Google BigQuery a comparación de Amazon Redshift ofrece compatibilidad de información XML, al igual que Snowflake, pero con la diferencia de que este soporta API Restful, una característica muy importante en el mundo IoT, ya que permite conectar servicios entre sí, uno de estos servicios podría ser un sistema de monitoreo, en el próximo punto se detallará más a fondo.

Otro punto importante a resaltar es el tema del costo de operación por el servidor web en nube, las 3 plataformas ofrecen un servicio gratis por un periodo de tiempo entre 1-3 meses, a excepción de Google BigQuery que permite utilizar máx. 1 TB de almacenamiento de información mensual sin costo adicional, cantidad más que suficiente para la información que se recopilaría.

#### **4.2.4. Etapa de Monitoreo de datos.**

En esta etapa es muy importante que los datos que constantemente se envían a la base de datos se muestren con la misma rapidez en el servidor de visualización, Grafana es justamente ese servidor que permite hacer un refresco rápido de la información (Mín. cada 5 segundos), trabaja perfectamente con métricas de tiempo, así mismo se puede diseñar a libertad del usuario lo cual permite una visualización “pulcra”. Además de contar con establecimiento de thresholds y notificaciones/alarmas en caso se incurra en dichos límites.

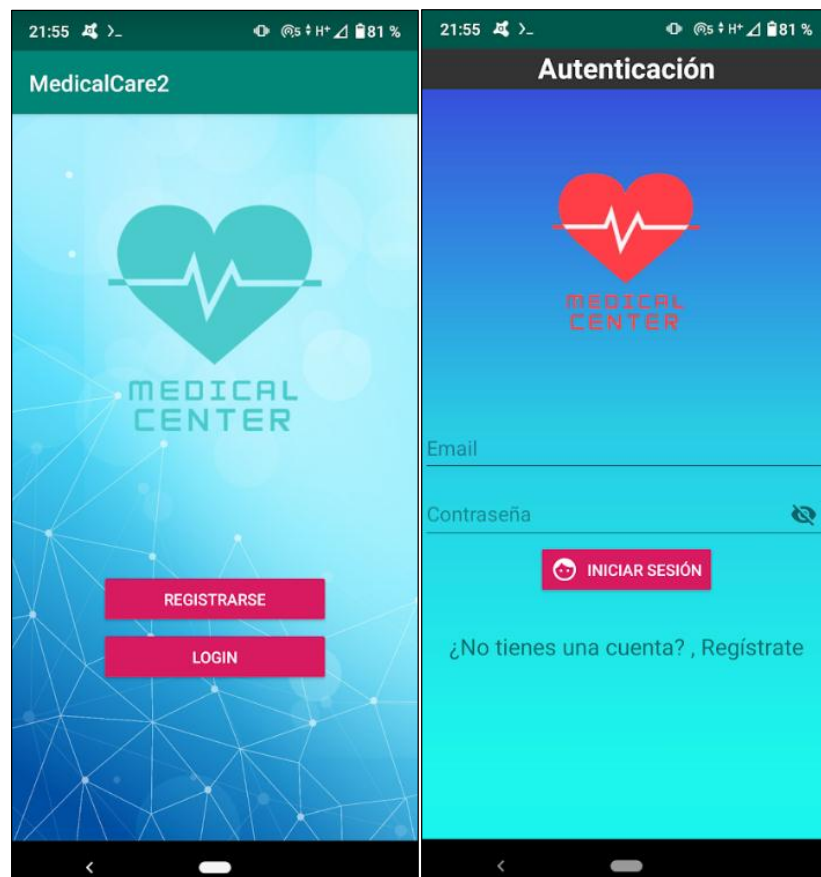
##### **4.2.4.1. Visualización Offline.**

Para la etapa de visualización de la información se desarrolló una App en la cual nos permitirá acceder en primera instancia a ver los datos que está recopilando el prototipo con un intervalo de 5 segundos en refresco (Botón “Offline”), así mismo desde este apartado nos será permitido el inicio / detención de la medición de los signos vitales, todo esto previo registro para identificar al usuario.

La app cuenta con la funcionalidad de permitir editar la configuración de Red del ESP32 (Botón “Config”), si se requiere cambiar de punto de Hotspot a otro móvil o en su defecto a un router.

## Figura 22

### *Apartado de Registro – Login de la APP*



Nota. Ventanas de registro y login de la aplicación médica. Elaboración de los investigadores.

**Figura 23**

*Visualización Offline de los signos vitales*



Nota. Ventanas de configuración del ESP32 y visualización de los valores sensados de manera Offline en aplicación médica. Elaboración de los investigadores.

#### 4.2.4.2. Visualización Online.

**Tabla 13**

*Comparativa de Herramientas de Monitoreo Online*

Característica	Herramienta de Monitoreo Online	
	Grafana	Prometheus
<b>Métricas Clave de Rendimiento</b>	Sólo presentan datos de acuerdo a resolución indicada y tamaño de panel de gráfico	Optimizan el uso de memoria
<b>Visualización</b>	Cuenta con funciones relacionadas a la visualización de métricas de series de tiempo AWS Azure	Depende de plantillas, es dependiente de otros softwares de monitorización
<b>Datos Compatibles</b>	Elasticsearch Google Stackdriver Grafito InfluxDB Google BigQuery	Targets con HTTP
<b>Refresh Data</b>	Min 5s	Min 10s
<b>Alarmas y Seguimiento</b>	Es posible la configuración de alarmas de acuerdo a parámetros establecidos notificando a los usuarios	Es posible la configuración de alarmas de acuerdo a parámetros establecidos notificando sólo al administrador
<b>Precio</b>	Gratuito	Gratuito

Fuente: Los Investigadores



Para la etapa de visualización de datos online se utiliza como herramienta de monitoreo a Grafana por su bajo tiempo de refresco de información, contar con zona de configuración de alarmas y compatibilidad con Google Bigquery, sin embargo, el embebido de la misma en la app no resultó siendo funcional, razón por la cual se migra a un hosting web gratuito (000webhost.com) con dominio en “freedomain” el cual permite la visualización de la información recopilada en la siguiente ruta: “<https://medicalcareupao.tk/>”

La siguiente imagen (Figura 24) muestra el inicio de la web, la cual es “responsive design” o adaptada a cualquier dispositivo móvil, sin embargo, se recomienda habilitar el modo escritorio en celulares o en su defecto utilizar el modo horizontal para una mejor visualización de la gráfica; por medio del botón “Visualizar Monitoreo de Datos” se podrá acceder a ella.

Para proteger la información de los datos se ha creído conveniente realizar un formulario previo a la visualización de la información, de esta forma nos aseguramos que sólo los usuarios aprobados por el administrador sean los que puedan ver la información.

## Figura 24

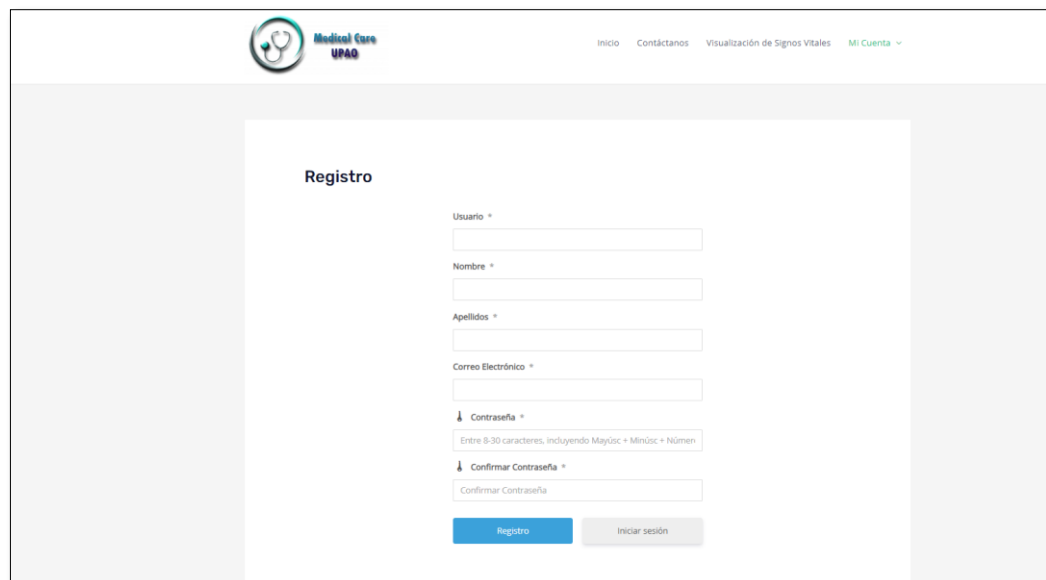
### *Página de Inicio de la Web*



Nota. Elaboración de los investigadores.

## Figura 25

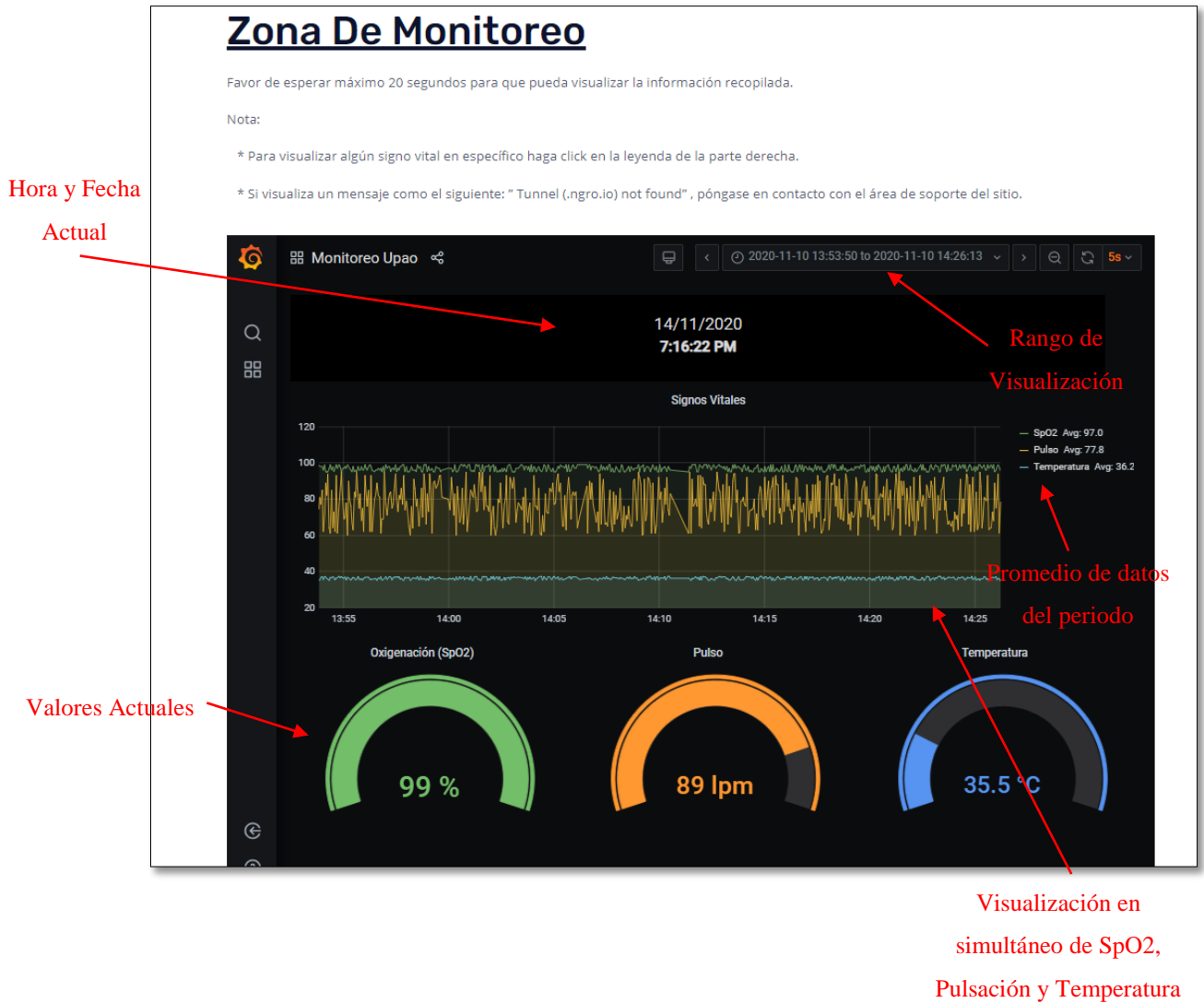
### *Página de Registro en la Web*



Nota. Apartado de registro para poder visualizar los datos adquiridos por el prototipo de manera gráfica. Elaboración de los investigadores.

**Figura 26**

*Página de Monitoreo de Signos Vitales*



Nota. Apartado de visualización gráfico de los signos vitales sentidos por el prototipo. Elaboración de los investigadores.

Mediante la siguiente guía de observación se determina el grado de confidencialidad de la información almacenada en la nube.

## Figura 27

### Hoja de Guía de Observación N°1

<b>Guía de Observación N° 01</b>				
<b>Investigadores:</b>				
Alcorta Santisteban, Fiorella				
Pinedo Quezada, Felix				
<b>Instrucciones:</b> Observar el cumplimiento de las siguientes actividades marcando con una X en la escala establecida.				
<b>Objetivo:</b> Determinar la confidencialidad de la información sensada.				
<b>Actividad</b>	<b>Aspecto a Evaluar</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Observaciones</b>
1	Cualquier Usuario tiene acceso a la información		X	Se requiere aprobación de administrador Web
2	Los servidores de almacenamiento cuentan con certificado SSL / TLS	X		Todas las instancias por las que pasa la información cuenta con certificado SSL /TLS
3	La información cuenta con seguridad DDOS	X		Se habilitó la protección en el servidor de almacenamiento de datos y web.
4	Se realiza automáticamente las copias de seguridad de información	X		-

Nota. Elaboración de los investigadores.

#### 4.2.5. Etapa de potencia.

El Módulo ESP32 consta de varios modos de operación, sin embargo, para temas de cálculo en funcionamiento se ha visto conveniente utilizar los consumos provistos por el fabricante para su modo de operación “activo”, siendo los mostrados las siguientes tablas 13 y 14. El ESP32 es capaz de operar con alimentación de 3.3 V y 5 V, según lo indicado por el fabricante.

**Tabla 14**

*Consumos del modo operación del ESP32*

<b>Modo de Operación</b>	<b>Descripción</b>	<b>Consumo</b>
<b>Activo (RF-Working)</b>	Transmit 802.11g, OFDM 54 Mbps, POUT = +16 dBm	190 mA
	Receive 802.11b/g/n	95 – 100 mA

Fuente: Datasheet – ESP32

**Tabla 15**

*Consumos del sistema Wifi del ESP32 y sensores*

<b>Sensor</b>	<b>Descripción</b>	<b>Consumo</b>
<b>SHT21</b>	Sensor de Temperatura	190 mA
<b>MAX3012</b>	Sensor de Oximetría	95 – 100 mA

Fuente: Datasheet - SHT21 y MAX3012

Con estos valores tendríamos el siguiente consumo típico de operación:

**Tabla 16**

*Consolidado de Consumos*

<b>Descripción</b>	<b>Consumo</b>
ESP32 Modo Activo	290 mA
SHT21	0.3 mA
MAX3012	0.05 mA
<b>Total</b>	<b>290.35 mA</b>

Fuente: Los investigadores

De acuerdo a la Tabla 19, la autonomía a lograr debería ser de mínimo 2 horas continuas, por lo que se calculará la capacidad que debe tener la batería a utilizar.

$$C = x \cdot t$$

- X= Amperaje Total de consumo
- t = tiempo de operación (horas)

$$C = 0.290 A \cdot 2 h = 0.58 Ah$$

Debemos tener en consideración que las descargas completas, hasta llegar a cero, no son recomendables por lo que siempre se debe contemplar quede un 50 % de la carga en la batería. De esta manera la batería se degrada menos y se alarga su vida útil.

$$C^* = \frac{C}{0.5} Ah$$

$$C^* = \frac{0.58 \text{ Ah}}{0.5} = 1.16 \text{ Ah}$$

Con estos valores la batería que necesitemos utilizar debe proporcionar una capacidad mayor a 1.16 Ah.

Dentro de las opciones de las opciones probadas en el dispositivo se listan las siguientes:

**Tabla 17**

*Comparación de las fuentes de alimentación*

Fuente de alimentación	Corriente (*)	Comentario
Pilas Ni-MH	2500 mAh	El ESP32 en WiFi necesita impulsos de 400 mA a corto plazo, la tensión de las pilas normales se desploma y el ESP32 se reinicia.
Pilas de Litio	2300 mAh	Las baterías de litio proporcionan los altos requerimientos de energía a corto plazo de la operación WiFi sin ningún problema. Son recargables, tienen una autodescarga muy baja y también funcionan bien a diferentes temperaturas.
Banco de energía	2600 mAh	El banco de energía utiliza internamente una batería de litio de 3,7 V, luego transforma este voltaje a 5 voltios con pérdida con lo cual no se tendría una eficiencia energética.

(\*) El valor de las corrientes mostradas fueron en la Tabla 16 son referenciales.

Fuente: Los investigadores

**Autonomía teórica de la batería de litio aplicada al prototipo:**

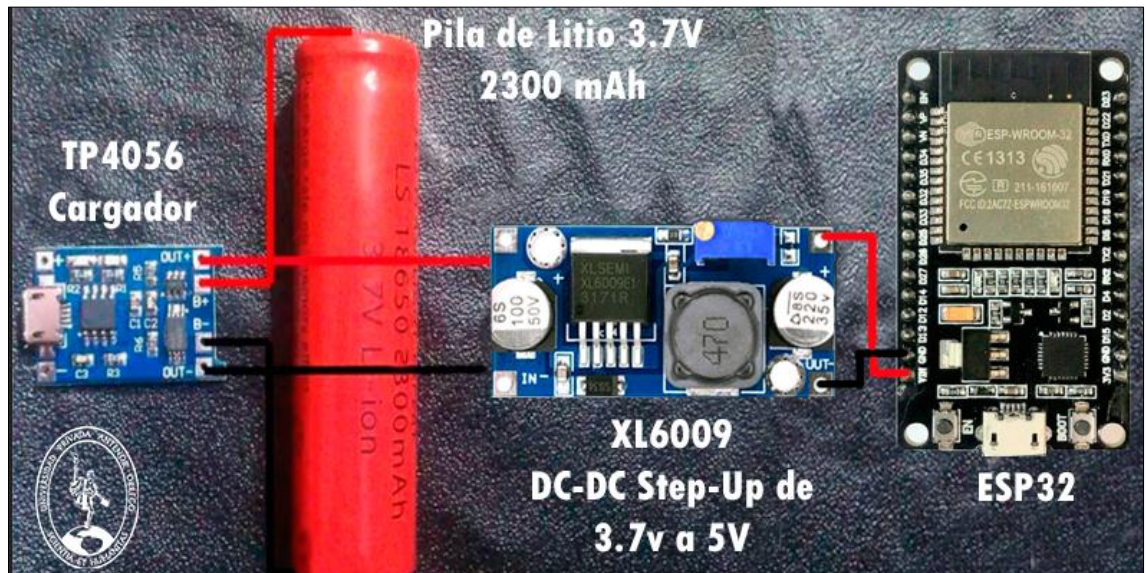
$$H = \frac{W_b}{W_c} = \frac{V_b \times I_b}{V_c \times I_c} = \frac{2.3 \text{ Ah}}{0.290 \text{ A}} = 7.9 \text{ Horas}$$

- H = Autonomía (horas).
- W<sub>b</sub> = Potencia de la batería.
- W<sub>c</sub> = Potencia consumida.
- I<sub>b</sub>: Corriente de la batería
- I<sub>c</sub>: Corriente del prototipo

**Autonomía experimental de la batería de litio aplicada al prototipo:**

**Figura 28**

*Diseño de la etapa de potencia*



Nota. Elaboración de los investigadores.

Para la etapa de energización del prototipo se ha utilizado una pila de Litio de 3.7V – 2300 mAh con un STEP Up a 5v conectado dicho modo de operación en el ESP32, para la parte de recarga de batería se está utilizando el dispositivo TP4056 el cual cuenta con un módulo de tensión constante que se adecua al voltaje de la pila utilizada, además de contar con un sistema de protección anti sobre descargas. Su puerto de entrada es de tipo Micro USB.

Se realizaron pruebas en el prototipo operando en condiciones normales y manteniendo un monitoreo constante de los signos vitales, los resultados se muestran en la siguiente guía de observación.



**Figura 29**

*Hoja de Guía de Observación N°02*

<b><u>Guía de Observación N° 02</u></b>				
Instrucciones: Observar el cumplimiento de las actividades marcando una X si cumple con la escala establecida				
Objetivo: Determinar la funcionalidad de las baterías instaladas en el prototipo				
N°	ASPECTO A EVALUAR	SI	NO	OBSERVACIONES
1	El prototipo funciona sin complicaciones con las baterías	X		Ninguna
2	La autonomía del prototipo supera las 2 horas de operación	X		La autonomía fue de aproximadamente 7 horas 30 minutos. (*)
3	Las baterías se sobrecalientan	X		La temperatura no sobrepasa los 30°C
4	El prototipo carga sin complicaciones	X		Ninguna
5	Las baterías presentan desgaste energético		X	Ninguna

(\*) Se realizaron 03 pruebas de descarga hasta el 10% de batería por motivos de seguridad.

Nota. Elaboración de los investigadores.

#### 4.2.6. Tiempo de Registro de datos.

Figura 30

#### Guía de Observación N°03

Guía de Observación N° 03				
<b>Investigadores:</b>				
Alcorta Santisteban, Fiorella				
Pinedo Quezada, Felix				
<b>Instrucciones: Observar el cumplimiento de las siguientes actividades marcando con una X en la escala establecida.</b>				
<b>Objetivo:</b> Determinar la mejora en el tiempo de registro de los signos vitales				
Actividad	Aspecto a Evaluar	Si	No	Comentarios
1	Los tiempos de registro de los signos vitales con el prototipo toma menor tiempo que la forma de adquisición manual	X		Los tiempos de registro de datos con el prototipo una vez colocado en el paciente tienden a cero. (*)
2	Se requiere estar pendiente del resultado		X	El resultado puede ser visualizado vía web
3	Se requiere realizar el proceso de colocación de instrumentos en el paciente para realizar otra medición		X	Basta con una sola vez para que se quede monitoreando los signos vitales

(\*) Los datos se empiezan a adquirir desde que el personal a cargo habilita la opción de medición en la App móvil, estos datos se recopilan en intervalos de 5 segundos (configurado en código del prototipo)

Nota:

Según Alberto J. y Rodríguez S. (2005) los tiempos promedios que se toman para realizar las mediciones de signos vitales son las siguientes, cabe indicar que no se consideran los tiempos de anotación en los formatos de hojas establecidos por los centros de salud.

Tiempo de medición de temperatura en axila:

- Termómetro Digital: 5 segundos
- Termómetro de Mercurio: <5 minutos

Tiempo de medición de pulso:

- 15 segundos

Tiempo de medición de SpO2

- 1 – 2 Minutos

Nota. Elaboración de los investigadores.

#### 4.2.7. Usabilidad del prototipo.

Por medio de la siguiente encuesta se obtuvo un resultado preliminar en cuanto a la usabilidad del prototipo.

**Figura 31**

*Hoja de Encuesta de Usabilidad del Prototipo*

Encuesta de Usabilidad

Nombre: Neil Aniv Suarez

Indicaciones: Lea detenidamente las métricas y responda marcando una X en la casilla que corresponda con su grado de satisfacción.

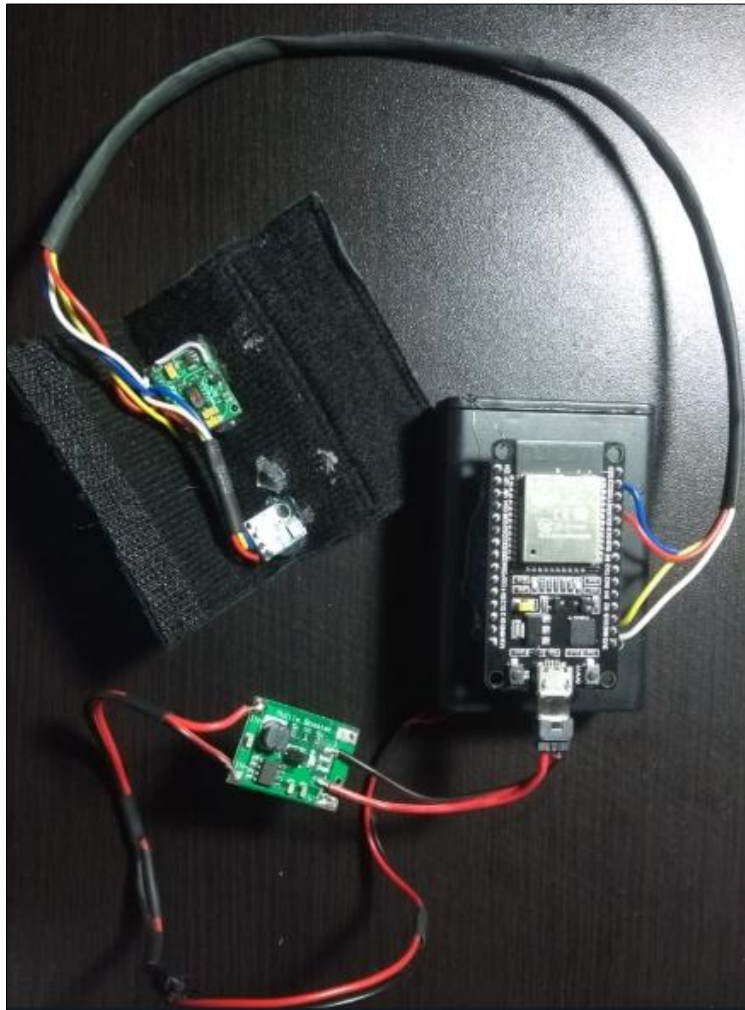
Métrica	Totalmente de Acuerdo	De Acuerdo	Indiferente	En Desacuerdo	Totalmente en Desacuerdo
El sistema es complejo de utilizar		X			
La mayoría de personas aprenderían a utilizar el prototipo rápidamente		X			
El prototipo permite realizar las tareas solicitadas de forma fácil		X			
La parte de visualización gráfica es mejor que la utilizada en los hospitales	X				
Me gustaría utilizar el producto a menudo		X			
Lo recomendaría con mis colegas		X			
La información mostrada en la aplicación es suficiente			X		
Me gustaría aportar mi conocimiento para el desarrollo		X			

Nota. Elaboración de los investigadores.

#### 4.2.8. Evidencias.

**Figura 32**

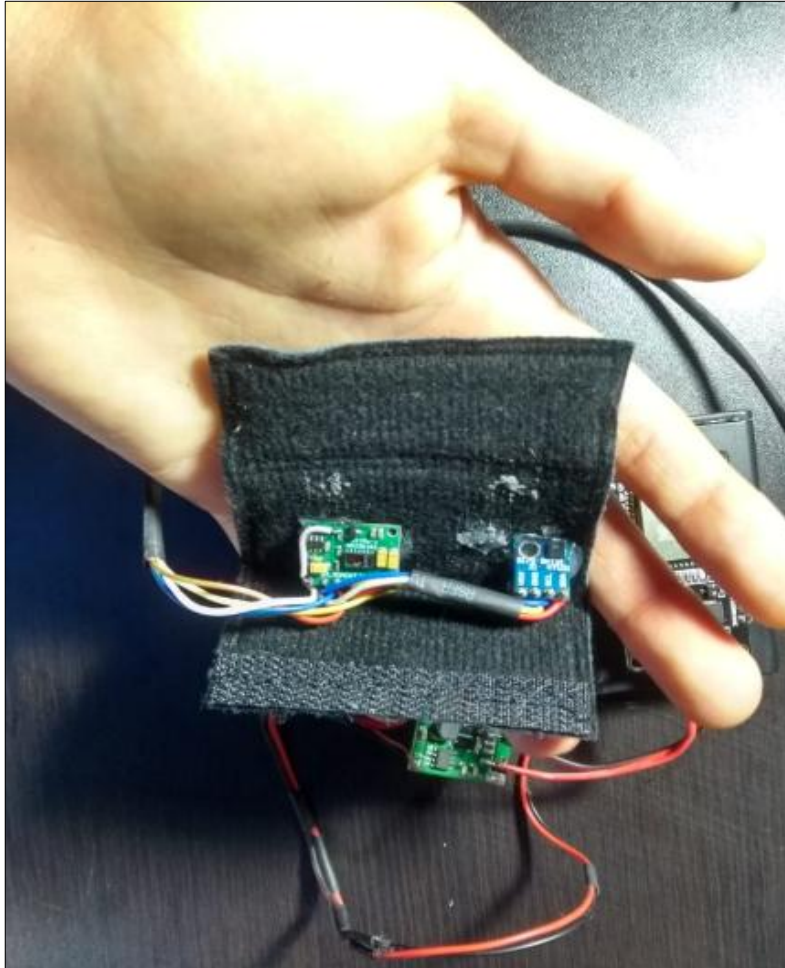
*Prototipo - Foto 01*



Nota. Elaboración de los investigadores.

### Figura 33

*Prototipo - Foto 02*



Nota. Elaboración de los investigadores.

## Figura 34

*Prototipo - Foto 03*



Nota. Elaboración de los investigadores.

### 4.3. Análisis e interpretación de resultados

#### 4.3.1. Resultados obtenidos con el prototipo final

En base a una muestra de 50 pruebas, se comparó los resultados entre los signos vitales obtenidos por el prototipo e instrumentos médicos utilizados por un centro de salud, los cuales tomaremos como valores referenciales aceptados, por la aprobación para el uso médico por parte de DIGEMIN.

Nota: La adquisición de datos se realizó en intervalos de 10 segundos.

**Tabla 18**

*Comparación de Temperatura entre prototipo e instrumento validado*

<b>Signo Vital - Temperatura</b>				
<b>N°</b>	<b>Prototipo</b>	<b>Termómetro</b>	<b>Error</b>	<b>Error</b>
<b>Muestra</b>	<b>(°C)</b>	<b>ST 8806S (°C)</b>	<b>Absoluto</b>	<b>Relativo</b>
1	36.0	36.0	0.0	0.0%
2	35.9	36.0	0.1	0.3%
3	35.9	36.1	0.2	0.6%
4	35.9	36.0	0.1	0.3%
5	36.2	36.0	0.2	0.6%
6	36.4	36.1	0.3	0.8%
7	36.2	36.1	0.1	0.3%
8	36.1	35.9	0.2	0.6%
9	36.0	35.9	0.1	0.3%
10	36.2	35.9	0.3	0.8%
11	36.4	35.9	0.5	1.4%
12	35.9	35.9	0.0	0.0%

13	36.0	36.0	0.0	0.0%
14	36.1	36.1	0.0	0.0%
15	35.7	35.9	0.2	0.6%
16	36.3	36.1	0.2	0.6%
17	36.0	35.9	0.1	0.3%
18	36.2	35.9	0.3	0.8%
19	35.9	35.9	0.0	0.0%
20	36.4	36.0	0.4	1.1%
21	36.4	35.9	0.5	1.4%
22	36.2	36.1	0.1	0.3%
23	35.8	36.0	0.2	0.6%
24	36.3	36.1	0.2	0.6%
25	36.0	36.0	0.0	0.0%
26	36.1	35.9	0.2	0.6%
27	36.1	35.9	0.2	0.6%
28	35.6	35.9	0.3	0.8%
29	36.2	36.1	0.1	0.3%
30	35.8	35.9	0.1	0.3%
31	35.9	36.0	0.1	0.3%
32	35.6	36.0	0.4	1.1%
33	36.4	35.9	0.5	1.4%
34	36.2	35.9	0.3	0.8%
35	36.3	35.9	0.4	1.1%
36	35.6	36.1	0.5	1.4%
37	36.3	35.9	0.4	1.1%



38	35.9	36.0	0.1	0.3%
39	36.3	36.1	0.2	0.6%
40	36.0	35.9	0.1	0.3%
41	36.0	36.1	0.1	0.3%
42	36.3	36.1	0.2	0.6%
43	35.8	36.1	0.3	0.8%
44	36.4	36.1	0.3	0.8%
45	35.6	35.9	0.3	0.8%
46	36.3	36.1	0.2	0.6%
47	35.6	35.9	0.3	0.8%
48	36.3	36.0	0.3	0.8%
49	36.0	35.9	0.1	0.3%
50	36.3	35.9	0.4	1.1%

---

Fuente: Los investigadores

$$\bar{X}_{PROTOTIPO} = 36.1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\bar{X}_{ST\ 8806S} = 36.0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N-1} = \frac{\sum_{i=1}^{50} (X_i - 36.1)^2}{49} = \frac{3.01}{49} = 0.061$$

$$\sigma_{PROTOTIPO} = \sqrt{s^2} = 0.247 \text{ } ^\circ\text{C} \cong 0.2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- $\bar{X}$  = Media
- $s^2$  = Varianza
- $\sigma$  = Desviación Estándar

**Tabla 19***Comparación de SpO2 entre prototipo e instrumento validado*

<b>Signo Vital – SpO2</b>				
<b>N° Muestra</b>	<b>Prototipo (%)</b>	<b>Choicemmed MD300C1 (%)</b>	<b>Error Absoluto</b>	<b>Error Relativo</b>
1	95	96	1	1%
2	96	97	1	1%
3	97	96	1	1%
4	97	97	0	0%
5	95	96	1	1%
6	97	96	1	1%
7	96	97	1	1%
8	95	96	1	1%
9	95	97	2	2%
10	95	97	2	2%
11	97	96	1	1%
12	97	97	0	0%
13	96	97	1	1%
14	97	96	1	1%
15	96	96	0	0%
16	96	96	0	0%
17	95	96	1	1%
18	96	96	0	0%

19	95	97	2	2%
20	95	96	1	1%
21	97	97	0	0%
22	95	96	1	1%
23	96	97	1	1%
24	97	97	0	0%
25	96	96	0	0%
26	95	97	2	2%
27	95	97	2	2%
28	96	96	0	0%
29	97	96	1	1%
30	95	98	3	3%
31	96	97	1	1%
32	98	96	2	2%
33	96	97	1	1%
34	96	97	1	1%
35	97	96	1	1%
36	97	96	1	1%
37	96	97	1	1%
38	97	97	0	0%
39	95	96	1	1%
40	97	96	1	1%
41	96	96	0	0%

42	97	96	1	1%
43	96	98	2	2%
44	95	96	1	1%
45	98	96	2	2%
46	95	97	2	2%
47	97	96	1	1%
48	96	96	0	0%
49	96	96	0	0%
50	97	98	1	1%

---

Fuente: Los investigadores

$$\bar{X}_{PROTOTIPO} = 96\%$$

$$\bar{X}_{MD300C1} = 97\%$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N - 1} = \frac{\sum_{i=1}^{50} (X_i - 96)^2}{49} = \frac{36}{49} = 0.79$$

$$6_{PROTOTIPO} = \sqrt{s^2} = 0.89\% \cong 1\%$$

- $\bar{X}$  = Media
- $s^2$  = Varianza
- $6$  = Desviación Estándar

**Tabla 20***Comparación de FC entre prototipo e instrumento validado*

<b>Signo Vital - Frecuencia Cardiaca (lpm)</b>				
<b>N° Muestra</b>	<b>Prototipo (lpm)</b>	<b>Choicemmed MD300C1 (lpm)</b>	<b>Error Absoluto</b>	<b>Error Relativo</b>
1	82	82	0	0%
2	83	84	1	1%
3	82	84	2	2%
4	81	84	3	4%
5	80	82	2	2%
6	81	84	3	4%
7	81	83	2	2%
8	80	82	2	2%
9	80	83	3	4%
10	83	84	1	1%
11	81	83	2	2%
12	80	82	2	2%
13	81	83	2	2%
14	81	83	2	2%
15	81	83	2	2%
16	80	84	4	5%
17	82	83	1	1%
18	83	82	1	1%

19	80	83	3	4%
20	82	84	2	2%
21	83	83	0	0%
22	80	84	4	5%
23	81	82	1	1%
24	83	84	1	1%
25	83	83	0	0%
26	83	84	1	1%
27	82	84	2	2%
28	80	84	4	5%
29	80	82	2	2%
30	83	82	1	1%
31	80	82	2	2%
32	80	84	4	5%
33	83	82	1	1%
34	81	84	3	4%
35	80	83	3	4%
36	80	83	3	4%
37	83	82	1	1%
38	81	82	1	1%
39	82	83	1	1%
40	81	83	2	2%
41	81	83	2	2%

42	83	83	0	0%
43	83	83	0	0%
44	82	84	2	2%
45	83	82	1	1%
46	82	82	0	0%
47	82	84	2	2%
48	80	84	4	5%
49	82	83	1	1%
50	80	83	3	4%

---

Fuente: Los investigadores

$$\bar{X}_{PROTOTIPO} = 81 \text{ lpm}$$

$$\bar{X}_{MD300C1} = 83 \text{ lpm}$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N - 1} = \frac{\sum_{i=1}^{50} (X_i - 81)^2}{49} = \frac{77}{49} = 1.57$$

$$6_{PROTOTIPO} = \sqrt{s^2} = 1.25 \text{ lpm} \cong 1 \text{ lpm}$$

- $\bar{X}$  = Media
- $s^2$  = Varianza
- $6$  = Desviación Estándar

## Visualización de datos de manera local (Offline)

Figura 35

Visualización de datos locales

The screenshot shows a mobile application interface titled "Sensado de Signos Vitales" (Vital Signs Monitoring). At the top, there is a status bar with the time 21:52, signal strength, Wi-Fi, and battery level at 81%. Below the title, there are two tabs: "Config" and "Offline", with "Offline" selected. The main heading is "Datos de los sensores" (Sensor Data). The interface displays four sensor readings, each with a text input field and a corresponding range or instruction:

- Nombre:** Jimena. Instruction: "Ingrese nombre del paciente" (Enter patient name).
- Pulso:** 94. Instruction: "Pulsaciones por minuto. Mínimo: 60 - Máximo: 95" (Pulsations per minute. Minimum: 60 - Maximum: 95).
- Temperatura:** 36. Instruction: "En °C. Mínimo: 35 - Máximo: 37.4" (In °C. Minimum: 35 - Maximum: 37.4).
- Oximetría:** 98. Instruction: "Porcentaje de oxígeno que hay en la sangre. Mínimo: 95 - Máximo: 99" (Percentage of oxygen in the blood. Minimum: 95 - Maximum: 99).

Below the readings, there is a red warning box with the text: "NOTA: Si alguno de estos datos se encuentra fuera del rango sugerido, llame a su doctor." (NOTE: If any of these data is outside the suggested range, call your doctor.). At the bottom of the main content area, there is a circular logo for "INGENIERÍA ELECTRÓNICA" (Electronics Engineering) with a central emblem. At the very bottom, there is a large blue button labeled "VISUALIZAR MONITOREO DE DATOS" (VIEW DATA MONITORING).

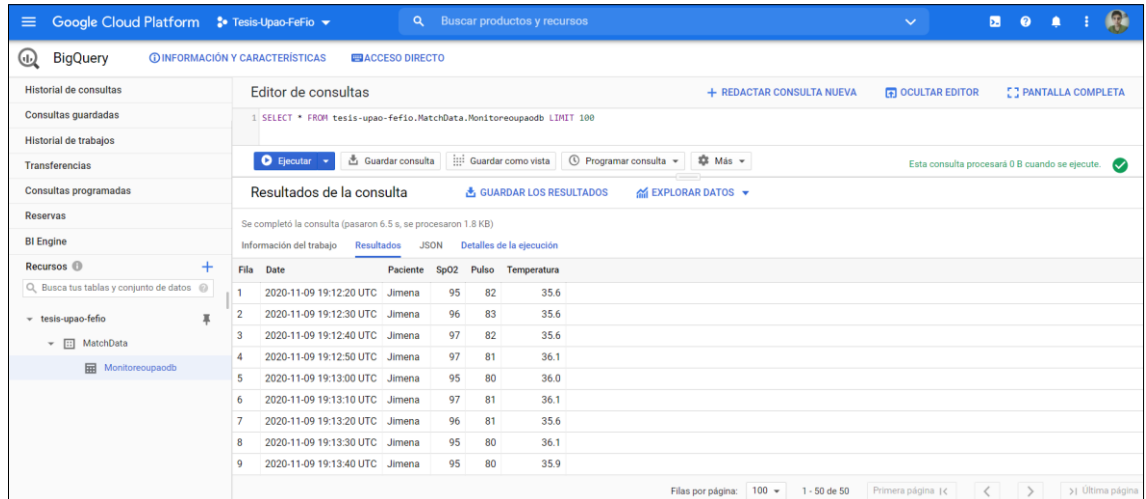
Nota. Elaboración de los investigadores.



## Almacenamiento de la información en Google BigQuery

Figura 36

*Datos en BigQuery*



Google Cloud Platform | tesis-upao-febio | Buscar productos y recursos

BigQuery | INFORMACIÓN Y CARACTERÍSTICAS | ACCESO DIRECTO

Historial de consultas | Consultas guardadas | Historial de trabajos | Transferencias | Consultas programadas | Reservas | BI Engine | Recursos

Editor de consultas | + REDACTAR CONSULTA NUEVA | OCULTAR EDITOR | PANTALLA COMPLETA

```
1 SELECT * FROM tesis-upao-febio.MatchData.Monitoroeupaodb LIMIT 100
```

Ejecutar | Guardar consulta | Guardar como vista | Programar consulta | Más | Esta consulta procesará 0 B cuando se ejecute. ✓

Resultados de la consulta | GUARDAR LOS RESULTADOS | EXPLORAR DATOS

Se completó la consulta (pasaron 6.5 s, se procesaron 1.8 KB)

Información del trabajo | Resultados | JSON | Detalles de la ejecución

Fila	Date	Paciente	SpO2	Pulso	Temperatura
1	2020-11-09 19:12:20 UTC	Jimena	95	82	35.6
2	2020-11-09 19:12:30 UTC	Jimena	96	83	35.6
3	2020-11-09 19:12:40 UTC	Jimena	97	82	35.6
4	2020-11-09 19:12:50 UTC	Jimena	97	81	36.1
5	2020-11-09 19:13:00 UTC	Jimena	95	80	36.0
6	2020-11-09 19:13:10 UTC	Jimena	97	81	36.1
7	2020-11-09 19:13:20 UTC	Jimena	96	81	35.6
8	2020-11-09 19:13:30 UTC	Jimena	95	80	36.1
9	2020-11-09 19:13:40 UTC	Jimena	95	80	35.9

Filas por página: 100 | 1 - 50 de 50 | Primera página | < > | Última página

Nota. Elaboración de los investigadores.

### Visualización de datos en página Web:

De los 50 datos registrados, en 10 se realizó un registro para identificar el tiempo de desfase entre la adquisición del dato localmente y el de visualización en el servidor Web, la Tabla 20 muestra que éste se encontraría en un intervalo de 4 a 6 desde que éste es sensado. Este tiempo es debido al procesamiento de la información por parte del servidor de monitoreo y factores de índole de conectividad inalámbrica. Así mismo se pueden apreciar varias líneas rojas horizontales las cuales representan a los thresholds asignados para cada signo vital.

**Figura 37**

*Monitoreo de Signos Vitales desde Dispositivo Móvil*



Nota. Elaboración de los investigadores.

De los 50 datos registrados, se realizó un muestreo para evaluar la cantidad de desfases de tiempo entre la adquisición del dato de manera local

y la visualización remota, con el cual se quiere obtener un 95% de confianza, con un error de 10%.

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

$$n = \frac{50 * 1.96 * 0.5 * 0.5}{0.1^2 * (49) + 1.96 * 0.5 * 0.5} = 33$$

**Tabla 21**

*Registro de tiempos de visualización en Web*

<b>Tiempo de Visualización de datos en Web</b>			
<b>N° Intento</b>	<b><i>Hora de adquisición de dato Localmente</i></b>	<b><i>Hora de visualización en Web</i></b>	<b><i>Desfase</i></b>
1	19:13:10	19:13:14	4 segundos
2	19:13:20	19:13:24	4 segundos
3	19:13:30	19:13:36	6 segundos
4	19:13:40	19:13:45	5 segundos
5	19:13:50	19:13:56	6 segundos
6	19:14:00	19:14:04	4 segundos
7	19:14:10	19:14:14	4 segundos
8	19:14:20	19:14:25	5 segundos
9	19:14:30	19:14:34	4 segundos
10	19:14:40	19:14:44	4 segundos
11	19:14:40	19:14:43	3 segundos

12	19:14:50	19:14:54	4 segundos
13	19:15:00	19:15:04	4 segundos
14	19:15:10	19:15:14	4 segundos
15	19:15:20	19:15:25	5 segundos
16	19:15:30	19:15:36	6 segundos
17	19:15:40	19:15:46	6 segundos
18	19:15:50	19:15:56	6 segundos
19	19:16:00	19:16:02	2 segundos
20	19:16:10	19:16:15	5 segundos
21	19:16:20	19:16:22	2 segundos
22	19:16:30	19:16:33	3 segundos
23	19:16:40	19:16:45	5 segundos
24	19:16:50	19:16:55	5 segundos
25	19:17:00	19:17:05	5 segundos
26	19:17:10	19:17:14	4 segundos
27	19:17:20	19:17:26	6 segundos
28	19:17:30	19:17:35	5 segundos
29	19:17:40	19:17:43	3 segundos
30	19:17:50	19:17:56	6 segundos
31	19:18:00	19:18:06	6 segundos
32	19:18:10	19:18:15	5 segundos
33	19:18:20	19:18:25	5 segundos
26	19:18:30	19:18:35	5 segundos

27	19:18:40	19:18:43	3 segundos
28	19:18:50	19:18:56	6 segundos
29	19:19:00	19:19:04	4 segundos
30	19:19:10	19:19:14	4 segundos
31	19:19:20	19:19:26	6 segundos
32	19:19:30	19:19:35	5 segundos
33	19:19:40	19:19:45	5 segundos

---

MEDIA

4.6 segundos

---

Fuente: Los Investigadores

### **Sistema de Alarma en superación de Threshold establecidos.**

Debido al difícil acceso a una persona que presente valores de sus signos vitales fuera de los normales se realizó una prueba utilizando un encendedor cerca al sensor de temperatura con lo cual se logró superar el threshold y realizar la prueba de alerta instantánea. Para dicho caso se realizó la configuración correspondiente para que la notificación sea enviada mediante correo electrónico, esta puede admitir varios correos o utilizar otros métodos de notificación.

**Figura 38**

*Superación de Thresholds*



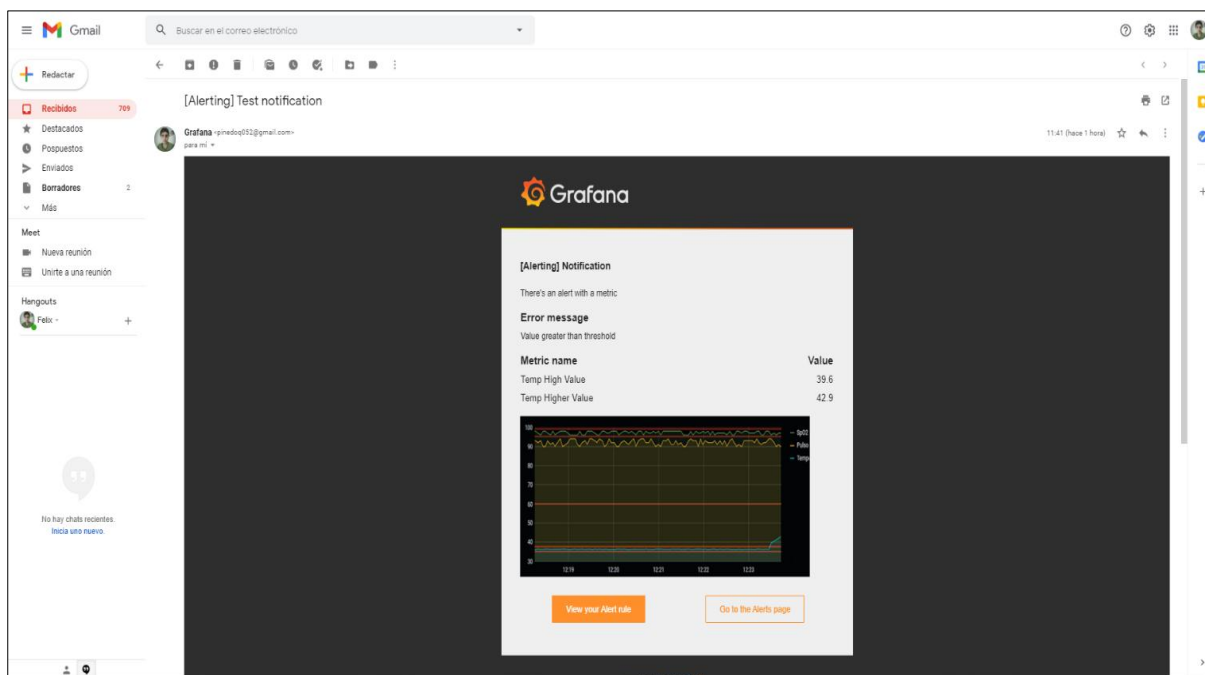
Nota. Elaboración de los investigadores.

Tal como se puede apreciar en la Figura 24, la temperatura superó el threshold establecido de 37.4°C con lo cual activó dos tipos de alerta.

1. Alerta Visual: La gráfica se torna de color roja indicando “advertencia” para la/las personas que se encuentren visualizando constantemente los datos.
2. Alerta Remota: Mediante correo electrónico se verifica la notificación por parte del servidor en el cual se indica cuál de todos los signo fue el que se superó, hasta qué nivel llegó y una gráfica del comportamiento anterior.

## Figura 39

### Notificación de alarma vía correo electrónico



Nota. Elaboración de los investigadores.

#### 4.4. Prueba de hipótesis

Este trabajo ha mostrado el desarrollo de un sistema biomédico portátil, cuyas características se resumen a continuación:

- La toma de datos está dentro del rango sugerido por el MINSA.
- La precisión del prototipo para SpO2 y Pulso está dentro de los rangos sugeridos por el MINSA
- Es capaz de tomar datos de los siguientes signos vitales: temperatura, pulso y oximetría.

Además, este prototipo posee características que lo hacen resaltar sobre los sistemas de toma de datos de signos vitales tradicionales, como son:

- Ya no es necesario llenar una ficha con la información personal de los pacientes, puesto que el sistema tiene una interfaz gráfica que permite ingresar la información personal del paciente, ya sea: Nombre, apellido, etc,

- Muestra un histórico de los datos del paciente en formato digital, de esta manera ya no es necesario el uso de folios para su almacenamiento.
- La información del paciente, tanto personal como los históricos de datos, puede ser consultada en cualquier lugar y momento.
- El sistema transmite la información directamente desde los sensores hasta la base de datos, evitando la intervención humana, así se reduce tiempos y posibles errores humanos (véase Tabla 19 - 22).
- El prototipo posee una subrutina que permite detectar anomalías (valores fuera del rango permitido) y avisar al médico.

Las características descritas en líneas anteriores, demuestran que, mediante el desarrollo de un sistema electrónico biomédico portátil, es posible mejorar la forma de monitoreo y registro de los signos vitales de personas.



## CAPÍTULO V

### DISCUSION DE RESULTADOS

1. En la Tabla 18 se observa que la media de temperatura medida por el prototipo es de 36.1 °C, mientras que la media de temperatura medida por ST 8806S es de 36.0 °C, consiguiendo una desviación estándar aproximada de 0.2 °C. De esta manera, el sensor de temperatura utilizado en el prototipo logra obtener resultados con gran precisión según lo esperado.
2. En la Tabla 19 se observa que la media de SpO2 (%) medida por el prototipo es de 96 %, mientras que la media de SpO2 (%) medida por MD 300C1 es de 97 %, consiguiendo una desviación estándar aproximada de 1 %. De esta manera, el sensor de SpO2 (%) utilizado en el prototipo logra obtener resultados con gran precisión según lo esperado.
3. En la Tabla 20 se observa que la media de frecuencia cardiaca medida por el prototipo es de 81 lpm, mientras que la media de frecuencia cardiaca medida por MD 300C1 es de 83 lpm, consiguiendo una desviación estándar aproximada de 1 lpm. De esta manera, el sensor de frecuencia cardiaca utilizado en el prototipo logra obtener resultados con gran precisión según lo esperado.
4. El tiempo de desfase entre la adquisición del signo vital y la visualización gráfica en el servidor web, observado en la Tabla 23 es en promedio 4.6 segundos, tiempo que se encuentra dentro del rango que se planteó al inicio del desarrollo del prototipo. Este tiempo es en gran tiempo debido al tiempo necesario propio del sensor, la comunicación inalámbrica y el procesamiento de la información.
5. El resultado de la encuesta de usabilidad (que se puede observar en el apartado “Usabilidad del prototipo”) nos muestra que el prototipo no es complejo de utilizar, las personas pueden aprender rápidamente a utilizarlo,

el prototipo permite realizar las tareas solicitadas de forma fácil, es aceptado e incluso recomendado.

6. La guía de observación N° 01 indica que los datos sólo pueden ser visualizados por personal autorizado, así mismo, los medios por los cuales se envía/recibe la información cuentan con sistemas de seguridad (Certificados SSL) ante algún ataque por internet, demostrando que los datos son confidenciales.
7. La interfaz gráfica que se muestra al operario, permite introducir y modificar fácilmente los datos del paciente.
8. El prototipo cuenta con un histórico de datos basado en un software de código libre, que tiene características adicionales como la de buscar un dato en una fecha específica, hacer zoom a la gráfica de los datos, entre otros.
9. Al tener un sistema integrado de medida de datos se pueden incorporar funcionalidades que le otorguen un valor agregado, en este caso se le ha añadido la capacidad de detección de valores fuera de rango, así el médico podrá saber cuándo exista una alarma.
10. La guía de observación N° 03 brinda como resultado un prototipo que disminuye el tiempo empleado por el personal de salud en sus actividades de recolección de información de signos vitales, siendo una de las características más relevantes la de no tener la necesidad de esperar el resultado, en su defecto, lo puede visualizar en su dispositivo móvil.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES

- **Caracterizar los signos vitales a ser monitoreados y registrados (Temperatura corporal, ritmo cardíaco, oximetría)**

Se obtuvo mediante una ficha de registro proporcionada por un personal de salud que los rangos de valores normales de los signos vitales de un paciente adulto oscilan entre los siguientes rangos: Temperatura: 35.0 – 37.4, Oxigenación: 95 -99% y Pulso Cardíaco: 60 - 95 lpm

- **Analizar de los diferentes elementos del sistema (sensores, base de datos, modulo central de procesamiento)**

El módulo ESP32 en conjunto con los sensores MAX30102 y SHT21 fueron los más idóneos para la elaboración del prototipo final debido a sus características tales como: Precisión, baja dimensión, bajo consumo energético, servicios inalámbricos, entre otros.

- **Comparar la precisión del sistema con instrumentos fiables de un centro de salud.**

Se logró tener exactitud en los valores recopilados por el prototipo, siendo estos  $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$  para temperatura,  $\pm 1\%$  para oximetría y  $\pm 1$  lpm para pulso, en comparación con instrumentos médicos aprobados por el DIGEMIN.

- **Validar la portabilidad del sistema electrónico biomédico.**

Se validó satisfactoriamente la portabilidad del sistema, con la etapa de alimentación implementada. Se verificó que la autonomía del prototipo es en promedio 7 horas con 30 minutos, superando las 2 horas que se tenía como referencia.

## CAPÍTULO VII

### RECOMENDACIONES

- Debido a que los signos vitales varían dependiendo al ambiente en la que se realice el registro, se recomienda que las pruebas se lleven a cabo en las diferentes regiones del Perú.
- Esta plataforma permite obtener una gran cantidad de datos de los pacientes por lo que serviría como base para futuros proyectos en los que se pueda aplicar inteligencia artificial para apoyar las decisiones de los médicos.
- Se ha observado que muchos estudiantes están interesando en desarrollar proyectos que van dirigidos hacia la parte de ingeniería médica, por dicho motivo se recomienda que en la carrera de Ingeniería Electrónica se cree una línea de investigación de ingeniería biomédica.
- Realizar pruebas a futuro con la red 5G a implementarse en Perú, con la finalidad de disminuir los tiempos de desfase de información.
- Ampliar el diseño del prototipo realizando estudios para la inclusión en visualización de ondas de electrocardiogramas.

## CAPÍTULO VIII

### REFERENCIAS

- A. Laganà (2004) Computational science and its applications: ICCSA 2004, International Conference, Assisi, Italy, May 14-17, 2004: proceedings. Springer.
- Atkins, W. (2006). Principios de química: Los caminos del descubrimiento. Editorial Médica Panamericana, Buenos Aires.
- Baz, A., Ferreira, I., & Álvarez, M. (2011). Dispositivos móviles. Recuperado de [http://isa.uniovi.es/docencia/SIGC/pdf/telefonía\\_movil.pdf](http://isa.uniovi.es/docencia/SIGC/pdf/telefonía_movil.pdf)
- Betancur, L. (2011). Redes de área corporal. Una perspectiva al futuro desde la investigación. Revista Sistemas y Telemática, 9(16), 11–13. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/50875054\\_Red\\_de\\_area\\_corporal\\_Una\\_perspectiva\\_al\\_futuro\\_desde\\_la\\_investigacion](https://www.researchgate.net/publication/50875054_Red_de_area_corporal_Una_perspectiva_al_futuro_desde_la_investigacion)
- Bidcom. (2018 de Julio de 2018). Oxímetro Saturómetro [Fotografía]. Obtenido de Bidcom: <https://www.bidcom.com.ar/oximetros/oximetro-saturometro-digital-yuwell-yx300>
- Brazuelo, F., & Gallego, D. (2014). Estado del Mobile Learning en España. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/er/nspe4/0101-4358-er-esp-04-00099.pdf>
- Camps, R., Casillas, L., Costal, D., Gibert, M., Martín, C., & Pérez, O. (2005). Bases de datos. Recuperado de <https://www.uoc.edu/masters/oficiales/img/913.pdf>
- Cisco. (2016). CCNA Routing and Switching: Introducción a las redes. Recuperado 12 junio, 2019, de <https://1349146.netacad.com/login/saml>
- Costa, J. A., & Cuimbra, S. R. (2005). Signos Vitales. Córdoba: Cátedra Medicina I
- C., B. (03 de Mayo de 2015). Design of an Optimal Tip Speed Ratio Control [Fotografía]. Obtenido de [ijraset: https://www.ijraset.com/files/serve.php?FID=2435](https://www.ijraset.com/files/serve.php?FID=2435)

- Cherry, R. (17 de Mayo de 2020). Smartwach Samsung [Fotografía]. Obtenido de Full Android Watches : <https://discourse.fullandroidwatch.org/t/smartwatch-of-the-future/55790>
- Cruz, M. & Colín, O. (2015). Diseño de un sistema para el registro de actividad cardiaca y temperatura corporal (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México.
- El Comercio. (2016, 20 diciembre). ¿Cómo cerrará el mercado de los smartwatches y otros wearables? Recuperado 20 junio, 2019, de <https://elcomercio.pe/economia/peru/cerrara-mercado-smartwatches-otros-wearables-230519>
- EPA (2018) Introducción al i2c bus. Recuperado de <https://www.diarioelectronicohoy.com/blog/introduccion-al-i2c-bus>
- Espinoza, R. (2006). Atención sanitaria inicial en situaciones de emergencia. España:Madrid Arán.
- Fernández. M. (2008). Redes de Datos: Medios de transmisión. Recuperado de: [http://www.mfbarcell.es/redes\\_de\\_datos/tema\\_08/tema08\\_medios.pdf](http://www.mfbarcell.es/redes_de_datos/tema_08/tema08_medios.pdf)
- Flores, E. (2018). Monitoreo y alerta en personas con problemas cardiacos utilizando wearable en la provincia de Andahuaylas. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional José María Arguedas.
- Gallego, J., Soliveres, J., Carrera, J. A., & Solaz, C. (2009). Monitorización Clínica. Recuperado de [http://www.bibliotecadigitalcecova.com/contenido/revistas/cat6/pdf/libro\\_61.pdf](http://www.bibliotecadigitalcecova.com/contenido/revistas/cat6/pdf/libro_61.pdf)
- Gandelman, G. (2019). Enciclopedia de salud de la Universidad de Rochester. New York: Enciclopedia Británica, <https://www.urmc.rochester.edu/encyclopedia/content.aspx?ContentTypeID=85&ContentID=P00866>

- Garatachea, N. (2002). Monitorización de la frecuencia cardíaca para la cuantificación de los requerimientos energéticos de la actividad física. (Tesis de Pregrado). Universidad de León, España.
- González, M., & Montaña, L. (2015). La espectroscopia y su tecnología: Un repaso histórico y su importancia para el siglo XXI. Recuperado de [http://www.lajpe.org/dec15/4602\\_Gonzalez.pdf](http://www.lajpe.org/dec15/4602_Gonzalez.pdf)
- Hospital Sant Joan de Déu Barcelona. (2013, 7 mayo). Los registros de pacientes son una herramienta importante para la investigación. Recuperado 27 octubre, 2019, de <https://metabolicas.sjdhospitalbarcelona.org/noticia/registros-pacientes-herramienta-importante-investigacion>
- Inacal. (05 de 01 de 2019). Termómetro de tira plástica [Fotografía]. Obtenido de Inacal: <https://www.inacal.gob.pe/repositorioaps/data/1/1/5/jer/boletinmetrologia/files/Recomendaciones%20para%20el%20uso%20de%20Termometros%20Cilindricos.pdf>
- Insusalud. (05 de Enero de 2019). Termómetro de Mercurio [Fotografía]. Obtenido de Insusalud: <https://insusalud.cl/producto/termometro-de-mercurio/>
- Interempresas. (2019). Placas de desarrollo [Fotografías]. Obtenido de Interempresas: <http://www.interempresas.net/Electronica/FeriaVirtual/Producto-Placas-de-desarrollo-Raspberry-Pi-CM-3-154452.html>
- J., V. (04 de Agosto de 2018). Cifras normales de signos vitales [Fotografía]. Obtenido de MásFacilMedicina Blogspot: <http://masfacilmedicina.blogspot.com/2018/08/que-son-los-signos-vitales-consideramos.html>
- La Bolsa del Corredor - LBDC. (2019, 22 mayo). Pulsómetros de muñeca: funcionamiento y Top 10 relojes y pulseras. Recuperado 11 junio, 2019, de <https://www.sport.es/labolsadelcorredor/pulsometros-opticos-de-muneca-funcionamiento-y-top-10/>



- M.S. Choi y Young-Guk Kim (s.f.), Introduction of mobile database and research status, *Journal of Database Research*, vol. 17, n° 3, pp. 3-16.
- Maté, M., Mora, J., Boscá, A., & Aguado, F. (2002). Transtornos de la regulación de la temperatura. Recuperado de <http://www.medynet.com/usuarios/jraguilar/Manual%20de%20urgencias%20y%20Emergencias/temp.pdf>
- Mohan N., Undeland T. & Robbins W. (2009) “Electrónica de potencia, convertidores, aplicaciones y diseño.” Tercera edición. México: McGraw-Hill/INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
- Naylamp. (2020). Temperatura y Humedad [Fotografías]. Obtenido de Naylamp: <https://www.naylampmechatronics.com/37-sensores-temperatura-y-humedad>
- Noguerol, M. J., & Seco, A. (2014, 22 abril). Pulsioximetría. Recuperado 25 marzo, 2019, de <https://www.fisterra.com/material/tecnicas/pulsioximetria/pulsioximetria.pdf>
- Olvera, D. & Gonzales, J. (2013). Diseño y construcción de un sistema de monitoreo de signos vitales. (Tesis de Pregrado). Instituto Politécnico Nacional. México.
- Orange Pi. (2019). Orange Pi 3G-IOT-A 256 Mb [Fotografía]. Obtenido de Roborium: <https://roborium.com/orangepi-3g-iot-a-256mb>
- Otalvaro, A. (2013). Sensores. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/144300879/SENSORES-digitales>
- Oxímetro de Pulso [Fotografía]. (25 de Marzo de 2018). Obtenido de JG Electromedicina: <https://www.jgelectromedicina.com.ar/galeria.php?IdSeccion=13>
- Platero, C. (2001). Introducción al Procesamiento digital de Señales. Recuperado de [http://www.elai.upm.es/webantigua/spain/Publicaciones/pub01/intro\\_procsdig.pdf](http://www.elai.upm.es/webantigua/spain/Publicaciones/pub01/intro_procsdig.pdf)

- Puras, E., & Luján, S. (2006). Pletismografía. Presiones segmentarias. Recuperado de <http://www.cdvni.org/certificacion/guia5pletismografia.pdf>
- Quevedo, G. (2017). Evaluación de calidad de los registros de enfermería en el área de Trauma Shock del servicio de emergencia. Hospital Regional de Lambayeque. (Tesis de Postgrado). Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Ramos, M. & Monzón, C. (2014). Plataforma móvil para tratamiento preventivo y monitoreo de pacientes con enfermedades crónicas. (Tesis de Pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima.
- Rebollo, M. (2011). El procesador. Recuperado de [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/10673/El\\_procesador.pdf](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/10673/El_procesador.pdf)
- Reyes, B. (2018). Diseño de sistema de Monitoreo de signos vitales de pacientes en emergencias de la CIA de bomberos Salvadora Trujillo N°26. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Trujillo.
- Rios, Jose. (2017). La Orange Pi. Recuperado 9 noviembre, 2019, de <https://descubriendolaorangeipi.wordpress.com/2017/01/01/introduccion-orange/>
- Rivera, I., Herrera, J., & Jalil, V. (2005). Oxímetro de Pulso Basado en una Palm. Parte II: Diseño del Hardware. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/4026/402640445003.pdf>
- Robledo, D. (2014). Desarrollo de Aplicaciones para Android I. Mentor, Volumen 1. (pp. 1-21)
- SaluDigital.es. (2018). ¿Conoces los distintos tipos de wearables y sus aplicaciones en la salud? Recuperado 20 junio, 2019, de [https://www.consalud.es/saludigital/104/conoces-los-distintos-tipos-de-wearables-y-sus-aplicaciones-en-la-salud\\_48485\\_102.html](https://www.consalud.es/saludigital/104/conoces-los-distintos-tipos-de-wearables-y-sus-aplicaciones-en-la-salud_48485_102.html)
- Samsung - Simband. (2013). Simband. Recuperado 20 junio, 2019, de <https://www.simband.io/documentation/simband-documentation/>

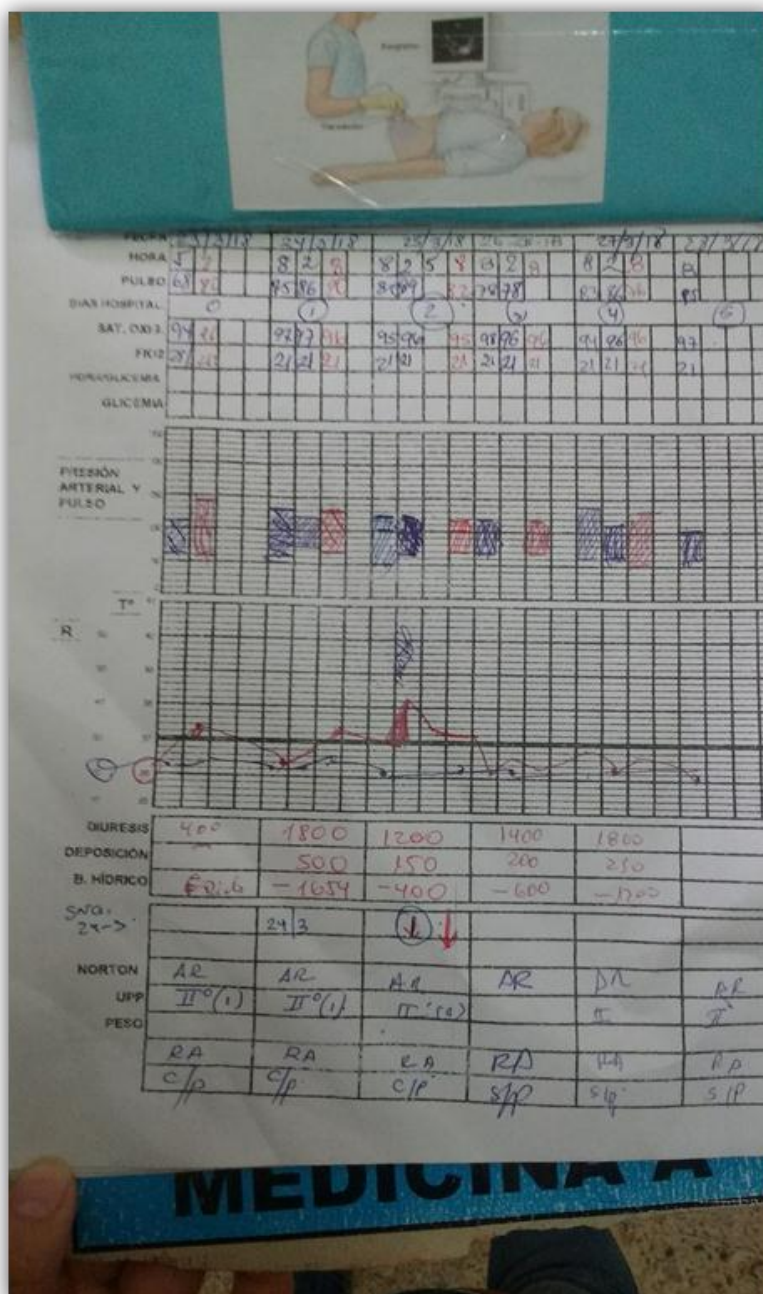
- Scielo. (26 de Marzo de 2010). Guía para realizar oximetría de pulso en la práctica clínica [Fotografía]. Obtenido de Scielo: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-73482010000100010](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-73482010000100010)
- The Society of Thoracic Surgeons (2018) Trastornos del Ritmo Cardíaco. Recuperado de <https://ctsurgerypatients.org/es/enfermedades-del-corazón-en-adultos/trastornos-del-ritmo-cardíaco>
- 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. (Tesis de Bachillerato). Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca - Ecuador.
- ToBem (2018) Fundamentos del Protocolo I2C – Aprende. Recuperado de <https://teslabem.com/learn/fundamentos-del-protocolo-i2c-aprende/>
- Uobabylon. (15 de Mayo de 2013). Uobabylon. Obtenido de Introduction To Pharmaceutical [Fotografía]: [http://www.uobabylon.edu.iq/eprints/publication\\_3\\_2677\\_1587.pdf](http://www.uobabylon.edu.iq/eprints/publication_3_2677_1587.pdf)
- Villamil, H., & Pinto, M. (2009). Módulo de Microprocesadores & Microcontroladores. Recuperado de [https://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/6933/1/M\\_309696\\_Microp%20%26%20Microc\\_Ing%20Elect](https://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/6933/1/M_309696_Microp%20%26%20Microc_Ing%20Elect)
- Villegas, J., Villegas, O., & Villegas, V. (2012). Semiología de los signos vitales: Una mirada novedosa a un problema vigente. Recuperado de <https://www.redalyc.org/html/2738/273825390009/>
- Welch Allyn. (2018). Monitor de signos vitales Connex. Recuperado de: [https://www.welchallyn.com/content/dam/welchallyn/documents/upload-docs/International\\_Marketing\\_Literature/LATIN\\_AMERICA/Cat%C3%A1logo%20Monitor%20de%20Signos%20Vitales%20Connex%C2%AE.pdf](https://www.welchallyn.com/content/dam/welchallyn/documents/upload-docs/International_Marketing_Literature/LATIN_AMERICA/Cat%C3%A1logo%20Monitor%20de%20Signos%20Vitales%20Connex%C2%AE.pdf)

## CAPÍTULO VI

### ANEXOS

#### Anexo 1

*Toma de datos diarios en un hospital de La Libertad.*



Fuente: Los Investigadores

## Anexo 2

### Sensor de temperatura DS18B20 – Descripción general

#### DS18B20

#### Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer

##### General Description

The DS18B20 digital thermometer provides 9-bit to 12-bit Celsius temperature measurements and has an alarm function with nonvolatile user-programmable upper and lower trigger points. The DS18B20 communicates over a 1-Wire bus that by definition requires only one data line (and ground) for communication with a central microprocessor. In addition, the DS18B20 can derive power directly from the data line ("parasite power"), eliminating the need for an external power supply.

Each DS18B20 has a unique 64-bit serial code, which allows multiple DS18B20s to function on the same 1-Wire bus. Thus, it is simple to use one microprocessor to control many DS18B20s distributed over a large area. Applications that can benefit from this feature include HVAC environmental controls, temperature monitoring systems inside buildings, equipment, or machinery, and process monitoring and control systems.

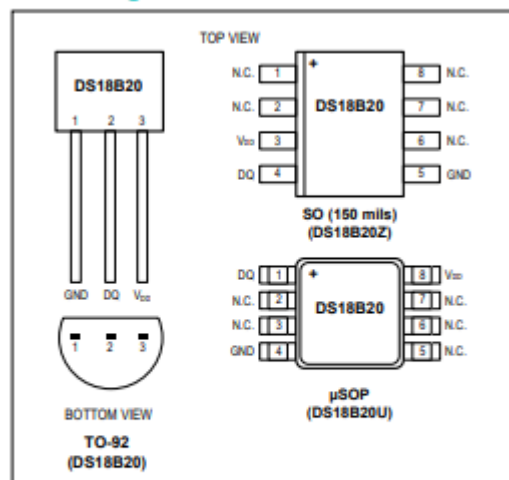
##### Applications

- Thermostatic Controls
- Industrial Systems
- Consumer Products
- Thermometers
- Thermally Sensitive Systems

##### Benefits and Features

- Unique 1-Wire<sup>®</sup> Interface Requires Only One Port Pin for Communication
- Reduce Component Count with Integrated Temperature Sensor and EEPROM
  - Measures Temperatures from -55°C to +125°C (-67°F to +257°F)
  - ±0.5°C Accuracy from -10°C to +85°C
  - Programmable Resolution from 9 Bits to 12 Bits
  - No External Components Required
- Parasitic Power Mode Requires Only 2 Pins for Operation (DQ and GND)
- Simplifies Distributed Temperature-Sensing Applications with Multidrop Capability
  - Each Device Has a Unique 64-Bit Serial Code Stored in On-Board ROM
- Flexible User-Definable Nonvolatile (NV) Alarm Settings with Alarm Search Command Identifies Devices with Temperatures Outside Programmed Limits
- Available in 8-Pin SO (150 mils), 8-Pin  $\mu$ SOP, and 3-Pin TO-92 Packages

##### Pin Configurations



[Ordering Information](#) appears at end of data sheet.

1-Wire is a registered trademark of Maxim Integrated Products, Inc.

19-7487; Rev 6; 7/19



Fuente: Maxim Integrated

## Anexo 3

### Sensor de temperatura DS18B20 - Características eléctricas

DS18B20		Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer				
<b>Absolute Maximum Ratings</b>						
Voltage Range on Any Pin Relative to Ground.....-0.5V to +6.0V		Storage Temperature Range..... -55°C to +125°C				
Operating Temperature Range.....-55°C to +125°C		Solder Temperature..... Refer to the IPC/JEDEC J-STD-020 Specification.				
<small>These are stress ratings only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods of time may affect reliability.</small>						
<b>DC Electrical Characteristics</b>						
(-55°C to +125°C; V <sub>DD</sub> = 3.0V to 5.5V)						
PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage	V <sub>DD</sub>	Local power (Note 1)	+3.0		+5.5	V
Pullup Supply Voltage	V <sub>PU</sub>	Parasite power	+3.0		+5.5	V
		Local power	+3.0		V <sub>DD</sub>	
Thermometer Error	t <sub>ERR</sub>	-10°C to +85°C			±0.5	°C
		-30°C to +100°C			±1	
		-55°C to +125°C			±2	
Input Logic-Low	V <sub>IL</sub>	(Notes 1, 4, 5)	-0.3		+0.8	V
Input Logic-High	V <sub>IH</sub>	Local power	+2.2		The lower of 5.5 or V <sub>DD</sub> + 0.3	V
		Parasite power	+3.0			
Sink Current	I <sub>L</sub>	V <sub>I/O</sub> = 0.4V	4.0			mA
Standby Current	I <sub>DDS</sub>	(Notes 7, 8)		750	1000	nA
Active Current	I <sub>DD</sub>	V <sub>DD</sub> = 5V (Note 9)		1	1.5	mA
DQ Input Current	I <sub>DQ</sub>	(Note 10)		5		µA
Drift		(Note 11)		±0.2		°C
<p><b>Note 1:</b> All voltages are referenced to ground.</p> <p><b>Note 2:</b> The Pullup Supply Voltage specification assumes that the pullup device is ideal, and therefore the high level of the pullup is equal to V<sub>PU</sub>. In order to meet the V<sub>IH</sub> spec of the DS18B20, the actual supply rail for the strong pullup transistor must include margin for the voltage drop across the transistor when it is turned on; thus: V<sub>PU_ACTUAL</sub> = V<sub>PU_IDEAL</sub> + V<sub>TRANSISTOR</sub>.</p> <p><b>Note 3:</b> See typical performance curve in Figure 1. Thermometer Error limits are 3-sigma values.</p> <p><b>Note 4:</b> Logic-low voltages are specified at a sink current of 4mA.</p> <p><b>Note 5:</b> To guarantee a presence pulse under low voltage parasite power conditions, V<sub>ILMAX</sub> may have to be reduced to as low as 0.5V.</p> <p><b>Note 6:</b> Logic-high voltages are specified at a source current of 1mA.</p> <p><b>Note 7:</b> Standby current specified up to +70°C. Standby current typically is 3µA at +125°C.</p> <p><b>Note 8:</b> To minimize I<sub>DDs</sub>, DQ should be within the following ranges: GND ≤ DQ ≤ GND + 0.3V or V<sub>DD</sub> - 0.3V ≤ DQ ≤ V<sub>DD</sub>.</p> <p><b>Note 9:</b> Active current refers to supply current during active temperature conversions or EEPROM writes.</p> <p><b>Note 10:</b> DQ line is high ("high-Z" state).</p> <p><b>Note 11:</b> Drift data is based on a 1000-hour stress test at +125°C with V<sub>DD</sub> = 5.5V.</p>						
www.maximintegrated.com						
Maxim Integrated   2						

Fuente: Maxim Integrated

## Anexo 4

### SHT21 Sensor de temperatura

#### Pinouts

The HTU21D-F is a I2C sensor. That means it uses the two I2C data/clock wires available on most microcontrollers, and can share those pins with other sensors as long as they don't have an address collision. For future reference, the default I2C address is **0x44** and you can also select address **0x45** by connecting the **ADDR** pin to a high voltage signal.



#### Power Pins:

- **Vin** - this is the power pin. The chip can use 2.5-5VDC for power. To power the board, give it the same power as the logic level of your microcontroller - e.g. for a 5V micro like Arduino, use 5V. For a 3.3V controller like a Raspberry Pi, connect to 3.3V
- **GND** - common ground for power and logic

#### I2C Logic pins:


- **SCL** - I2C clock pin, connect to your microcontrollers I2C clock line. This pin has a 10K pullup resistor to Vin
- **SDA** - I2C data pin, connect to your microcontrollers I2C data line. This pin has a 10K pullup resistor to Vin

#### Other Pins:

- **ADDR** - This is the I2C address selection pin. This pin has a 10K pull down resistor to make the default I2C address **0x44**. You can tie this pin to Vin to make the address **0x45**
- **RST** - Hardware reset pint. Has a 10K pullup on it to make the chip active by default. Connect to ground to do a hardware reset!
- **ALR** - Alert/Interrupt output. You can set up the sensor to alert you when an event has occurred. Check the datasheet for how you can set up the alerts

## Anexo 5

### Sensor térmico digital TC74



# TC74

---

## Tiny Serial Digital Thermal Sensor

---

### Features

- Digital Temperature Sensing in SOT-23-5 or TO-220 Packages
- Outputs Temperature as an 8-Bit Digital Word
- Simple SMBus/I<sup>2</sup>C™ Serial Port Interface
- Solid-State Temperature Sensing:
  - ±2°C (max.) Accuracy from +25°C to +85°C
  - ±3°C (max.) Accuracy from 0°C to +125°C
- Supply Voltage of 2.7V to 5.5V
- Low Power:
  - 200 µA (typ.) Operating Current
  - 5 µA (typ.) Standby Mode Current

### General Description

The TC74 is a serially accessible, digital temperature sensor particularly suited for low cost and small form-factor applications. Temperature data is converted from the onboard thermal sensing element and made available as an 8-bit digital word.

Communication with the TC74 is accomplished via a 2-wire SMBus/I<sup>2</sup>C compatible serial port. This bus also can be used to implement multi-drop/multi-zone monitoring. The SHDN bit in the CONFIG register can be used to activate the low power Standby mode.

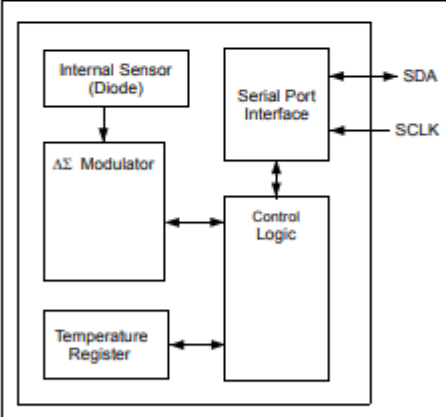
Temperature resolution is 1°C. Conversion rate is a nominal 8 samples/sec. During normal operation, the quiescent current is 200 µA (typ). During standby operation, the quiescent current is 5 µA (typ).

Small size, low installed cost and ease of use make the TC74 an ideal choice for implementing thermal management in a variety of systems.

### Applications

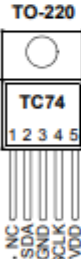
- Thermal Protection for Hard Disk Drives and other PC Peripherals
- PC Card Devices for Notebook Computers
- Low Cost Thermostat Controls
- Power Supplies
- Thermistor Replacement

### Functional Block Diagram



The diagram shows the internal components of the TC74: an Internal Sensor (Diode) connected to an  $\Delta\Sigma$  Modulator, which is connected to Control Logic. The Control Logic is also connected to a Temperature Register. The Control Logic is connected to a Serial Port Interface, which has SDA and SCLK pins. The Serial Port Interface is also connected to the Control Logic.

### Package Types

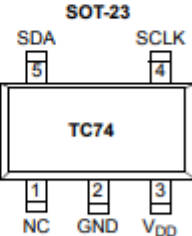


TO-220

TC74

1 2 3 4 5

NC SDA SCLK GND VDD



SOT-23

TC74

5 4 3 2 1

NC GND VDD

**Note: The TO-220 tab is connected to pin 3 (GND)**

© 2001-2012 Microchip Technology Inc.DS21462D-page 1

Fuente: Microchip




## Anexo 6

### Termómetro infrarrojo MLX90614

# MLX90614 family

Datasheet Single and Dual Zone  
Infra Red Thermometer in TO-39



---

### Features and Benefits

- Small size, low cost
- Easy to integrate
- Factory calibrated in wide temperature range:  
-40°C...+125°C for sensor temperature and  
-70°C...+380°C for object temperature.
- High accuracy of 0.5°C in a wide temperature range (0°C...+50°C for both Ta and To)
- High (medical) accuracy calibration
- Measurement resolution of 0.02°C
- Single and dual zone versions
- SMBus compatible digital interface
- Customizable PWM output for continuous reading
- Available in 3V and 5V versions
- Simple adaptation for 8V...16V applications
- Sleep mode for reduced power consumption
- Different package options for applications and measurements versatility
- Automotive grade


### Application Examples

- High precision non-contact temperature measurements
- Thermal Comfort sensor for Mobile Air Conditioning control system
- Temperature sensing element for residential, commercial and industrial building air conditioning
- Windshield defogging
- Automotive blind angle detection
- Industrial temperature control of moving parts
- Temperature control in printers and copiers
- Home appliances with temperature control
- Healthcare
- Livestock monitoring
- Movement detection
- Multiple zone temperature control – up to 127 sensors can be read via common 2 wires
- Thermal relay / alert
- Body temperature measurement

---

### Ordering Information

Part No.	Temperature Code	Package Code	- Option Code	Standard part	Packing form
MLX90614	E (-40°C...85°C) K (-40°C...125°C)	SF (TO-39)	- X X X (1) (2) (3)	-000	-TU



(1) Supply Voltage/ Accuracy  
A - 5V  
B - 3V  
C - Reserved  
D - 3V medical accuracy

(2) Number of thermopiles:  
A – single zone  
B – dual zone  
C – gradient compensated\*

(3) Package options:  
A – Standard package  
B – Reserved  
C – 35° FOV  
D/E – Reserved  
F – 10° FOV  
G – Reserved  
H – 12° FOV (refractive lens)  
I – 5° FOV  
K – 13° FOV

**Example:**  
MLX90614ESF-BAA-000-TU \* : See page 2


REVISION 13 - 13 SEPTEMBER, 2019  
3901090614

Fuente: Melexis

129

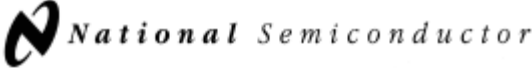
## Anexo 7

### Termómetro infrarrojo MLX90614 - Clasificación de parámetros

MLX90614 family			
Single and Dual Zone Infra Red Thermometer in TO-39			
<b>4. Glossary of Terms</b>			
PTAT	Proportional To Absolute Temperature sensor (package temperature)		
POR	Power On Reset		
HFO	High Frequency Oscillator (RC type)		
DSP	Digital Signal Processing		
FIR	Finite Impulse Response. Digital filter		
IIR	Infinite Impulse Response. Digital filter		
IR	Infra-Red		
PWM	Pulse With Modulation		
DC	Duty Cycle (of the PWM) ; Direct Current (for settled conditions specifications)		
FOV	Field Of View		
SDA,SCL	Serial DATA, Serial CLOCK – SMBus compatible communication pins		
Ta	Ambient Temperature measured from the chip – (the package temperature)		
To	Object Temperature, 'seen' from IR sensor		
ESD	Electro-Static Discharge		
EMC	Electro-Magnetic Compatibility		
ASSP	Application Specific Standard Product		
TBD	To Be Defined		
<i>Note: sometimes the MLX90614xxx is referred as "the module".</i>			
<b>5. Maximum ratings</b>			
Parameter	MLX90614ESF-Axx	MLX90614ESF-Bxx MLX90614ESF-Dxx	MLX90614KSF-Axx
Supply Voltage, V <sub>DD</sub> (over voltage)	7V	5V	7V
Supply Voltage, V <sub>DD</sub> (operating)	5.5 V	3.6V	5.5V
Reverse Voltage	0.4 V		
Operating Temperature Range, T <sub>A</sub>	-40°C...+85°C		-40°C...+125°C
Storage Temperature Range, T <sub>S</sub>	-40°C...+125°C		-40°C...+125°C
ESD Sensitivity (AEC Q100 002)	2kV		
DC current into SCL / Vz (Vz mode)	2 mA		
DC sink current, SDA / PWM pin	25 mA		
DC source current, SDA / PWM pin	25 mA		
DC clamp current, SDA / PWM pin	25 mA		
DC clamp current, SCL pin	25 mA		
<i>Table 1: Absolute maximum ratings for MLX90614</i>			
Exceeding the absolute maximum ratings may cause permanent damage. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.			
REVISION 13 - 13 SEPTEMBER 2019		Page 7 of 57	
3901090614			

## Anexo 8

### Sensor de temperatura LM35



**National Semiconductor**

November 2000

## LM35

### Precision Centigrade Temperature Sensors

#### General Description

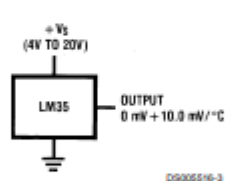
The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant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

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

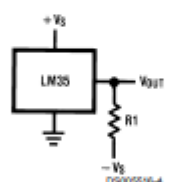
#### Features

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

#### Typical Applications



DS005516-3



DS005516-4

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

**FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor**

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


© 2000 National Semiconductor Corporation DS005516www.national.com

Fuente: National Semiconductor

## Anexo 9

### Sensor de Pulso

**Sensor de pulso amplificado****Número de parte: ADA-1093**



**Descripción:**

El sensor de pulso amplificado es una versión mejorada del original sensor de pulso. Es un sensor *plug-and-play* de frecuencia cardíaca para Arduino y sus compatibles. Puede ser utilizado por estudiantes, artistas, atletas, fabricantes, y desarrolladores de aplicaciones móviles y juegos que quieran incorporar fácilmente los datos al instante de la frecuencia cardíaca en sus proyectos.

Este sensor de pulso añade circuitos de amplificación y cancelación de ruido a su hardware. Es mucho más sencillo y rápido obtener lecturas de pulso confiables. El sensor de pulso Amped trabaja con Arduino a 3 ó 5V.

Por último, los creadores del sensor de pulso también han simplificado y mejorado el software de visualización de procesamiento y el código de Arduino que viene con el hardware.

El kit incluye:

- Un cable con código de color de 24 pulgadas con *header* macho estándar. Basta conectarlo directamente a un Arduino o a alguna placa. No se requiere soldadura.
- Un clip para el oído con el tamaño exacto para el sensor. Puede ser pegado a temperatura o con resina a la parte posterior del sensor para obtener la lectura del lóbulo del oído.
- Piezas para hacer una práctica correa de velcro para el dedo. Otra gran manera de conseguir datos de frecuencia cardíaca.
- 4 pegatinas transparentes para aislar la parte frontal del sensor de pulso de los dedos grasosos y de los lóbulos de orejas sudorosas.
- El sensor de pulso tiene 3 agujeros alrededor del borde exterior que hacen que sea fácil para coser en prácticamente cualquier cosa.
- Software de visualización para ver al instante la salida del sensor y para solucionar problemas.

Fuente: PulseSensor.com

## Anexo 10

### MAX30102 Sensor de Oximetría

#### MAX30102

#### High-Sensitivity Pulse Oximeter and Heart-Rate Sensor for Wearable Health

#### General Description

The MAX30102 is an integrated pulse oximetry and heart-rate monitor module. It includes internal LEDs, photodetectors, optical elements, and low-noise electronics with ambient light rejection. The MAX30102 provides a complete system solution to ease the design-in process for mobile and wearable devices.

The MAX30102 operates on a single 1.8V power supply and a separate 3.3V power supply for the internal LEDs. Communication is through a standard I<sup>2</sup>C-compatible interface. The module can be shut down through software with zero standby current, allowing the power rails to remain powered at all times.

#### Applications

- Wearable Devices
- Fitness Assistant Devices
- Smartphones
- Tablets

#### Benefits and Features

- Heart-Rate Monitor and Pulse Oximeter Sensor in LED Reflective Solution
- Tiny 5.6mm x 3.3mm x 1.55mm 14-Pin Optical Module
  - Integrated Cover Glass for Optimal, Robust Performance
- Ultra-Low Power Operation for Mobile Devices
  - Programmable Sample Rate and LED Current for Power Savings
  - Low-Power Heart-Rate Monitor (< 1mW)
  - Ultra-Low Shutdown Current (0.7µA, typ)
- Fast Data Output Capability
  - High Sample Rates
- Robust Motion Artifact Resilience
  - High SNR
- -40°C to +85°C Operating Temperature Range

*Ordering information appears at end of data sheet.*

#### System Diagram

19-7740; Rev 1; 10/18

Fuente: maxim integrated

## Anexo 11

### Raspberry Pi 3 Modelo B



# Raspberry Pi

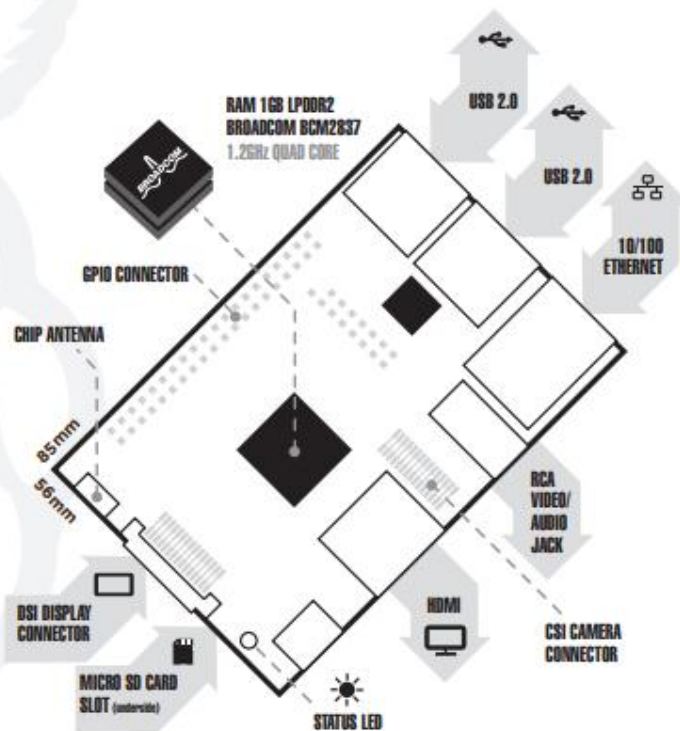


## Raspberry Pi 3 Model B

**Product Name** Raspberry Pi 3

**Product Description** The Raspberry Pi 3 Model B is the third generation Raspberry Pi. This powerful credit-card sized single board computer can be used for many applications and supersedes the original Raspberry Pi Model B+ and Raspberry Pi 2 Model B. Whilst maintaining the popular board format the Raspberry Pi 3 Model B brings you a more powerful processor, 10x faster than the first generation Raspberry Pi. Additionally it adds wireless LAN & Bluetooth connectivity making it the ideal solution for powerful connected designs.

**RS Part Number** 896-8660




[www.rs-components.com/raspberrypi](http://www.rs-components.com/raspberrypi)

Fuente: Raspberry Pi

## Anexo 12

### Especificaciones Técnicas de Raspberry Pi 3 B



# Raspberry Pi

## Raspberry Pi 3 Model B

**Specifications**

<b>Processor</b>	Broadcom BCM2387 chipset. 1.2GHz Quad-Core ARM Cortex-A53 802.11 b/g/n Wireless LAN and Bluetooth 4.1 (Bluetooth Classic and LE)
<b>GPU</b>	Dual Core VideoCore IV® Multimedia Co-Processor. Provides Open GL ES 2.0, hardware-accelerated OpenVG, and 1080p30 H.264 high-profile decode.  Capable of 1Gpixel/s, 1.5Gtexel/s or 24GFLOPs with texture filtering and DMA infrastructure 1GB LPDDR2
<b>Memory</b>	1GB LPDDR2
<b>Operating System</b>	Boots from Micro SD card, running a version of the Linux operating system or Windows 10 IoT
<b>Dimensions</b>	85 x 56 x 17mm
<b>Power</b>	Micro USB socket 5V1, 2.5A

---

**Connectors:**

<b>Ethernet</b>	10/100 BaseT Ethernet socket
<b>Video Output</b>	HDMI (rev 1.3 & 1.4) Composite RCA (PAL and NTSC)
<b>Audio Output</b>	Audio Output 3.5mm Jack, HDMI USB 4 x USB 2.0 Connector
<b>GPIO Connector</b>	40-pin 2.54 mm (100 mil) expansion header: 2x20 strip Providing 27 GPIO pins as well as +3.3 V, +5 V and GND supply lines
<b>Camera Connector</b>	15-pin MIPI Camera Serial Interface (CSI-2)
<b>Display Connector</b>	Display Serial Interface (DSI) 15 way flat flex cable connector with two data lanes and a clock lane
<b>Memory Card Slot</b>	Push/pull Micro SDIO

---


**Key Benefits**

<ul style="list-style-type: none"><li>• Low cost</li><li>• 10x faster processing</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Consistent board format</li><li>• Added connectivity</li></ul>
--	--

---

**Key Applications**

<ul style="list-style-type: none"><li>• Low cost PC/tablet/laptop</li><li>• Media centre</li><li>• Industrial/Home automation</li><li>• Print server</li><li>• Web camera</li><li>• Wireless access point</li><li>• Environmental sensing/monitoring (e.g. weather station)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• IoT applications</li><li>• Robotics</li><li>• Server/cloud server</li><li>• Security monitoring</li><li>• Gaming</li></ul>
---	--

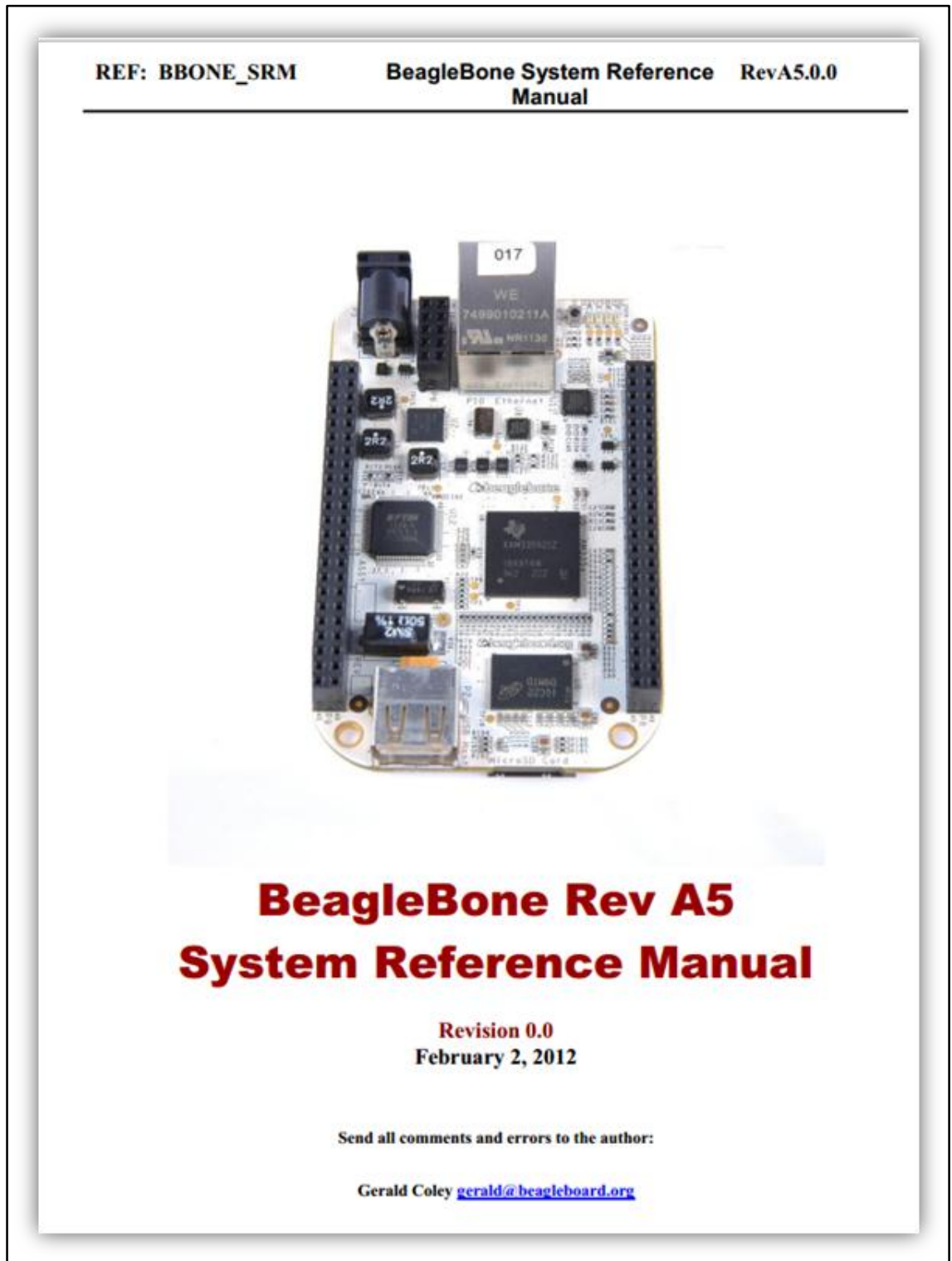


[www.rs-components.com/raspberrypi](http://www.rs-components.com/raspberrypi)

Fuente: Raspberry Pi

**Anexo 13**

*BeagleBone manual referencial del sistema*



Fuente: BeagleBoard.org



## Anexo 14

### BeagleBone especificaciones técnicas

#### 4.0 BeagleBone Features and Specification

This section covers the specifications and features of the BeagleBone and provides a high level description of the major components and interfaces that make up the BeagleBone.

Table 2 provides a list of the BeagleBone's features.

**Table 2. BeagleBone Features**

	Feature	
<b>Processor</b>	AM3359 500MHZ-USB Powered 720MHZ-DC Powered	
<b>Memory</b>	256MB DDR2 400MHZ (128MB Optional)	
<b>PMIC TPS65217B</b>	Power Regulators	
	LiION Single cell battery charger (via expansion*)	
	20mA LED Backlight driver, 39V, PWM (via expansion*)	
	*(Additional components required)	
<b>Debug Support</b>	USB to Serial Adapter	miniUSB connector
	On Board JTAG via USB	4 USER LEDs Optional 20-pin CTI JTAG
<b>Power</b>	USB	5VDC External jack
<b>PCB</b>	3.4" x 2.1"	6 layers
<b>Indicators</b>	Power	
	4-User Controllable LEDs	
<b>HS USB 2.0 Client Port</b>	Access to the USB1 Client mode	
<b>HS USB 2.0 Host Port</b>	USB Type A Socket, 500mA LS/FS/HS	
<b>Ethernet</b>	10/100, RJ45	
<b>SD/MMC Connector</b>	microSD , 3.3V	
<b>User Interface</b>	1-Reset Button	
<b>Overvoltage Protection</b>	Shutdown @ 5.6V MAX	
<b>Expansion Connectors</b>	Power 5V, 3.3V , VDD_ADC(1.8V) 3.3V I/O on all signals	
	McASP0, SPI1, I2C, GPIO(65), LCD, GPMC, MMC1, MMC2, 7 AIN(1.8V MAX), 4 Timers, 3 Serial Ports, CAN0, EHRPWM(0,2),XDMA Interrupt, Power button, Battery Charger, LED Backlight, Expansion Board ID (Up to 3 can be stacked)	
<b>5V Power</b>	USB or 5.0VDC to 5.2VDC See Table 3 for power consumption numbers.	
<b>Weight</b>	1.4 oz (39.68 grams)	

\*Board will boot to 500MHz under USB power.

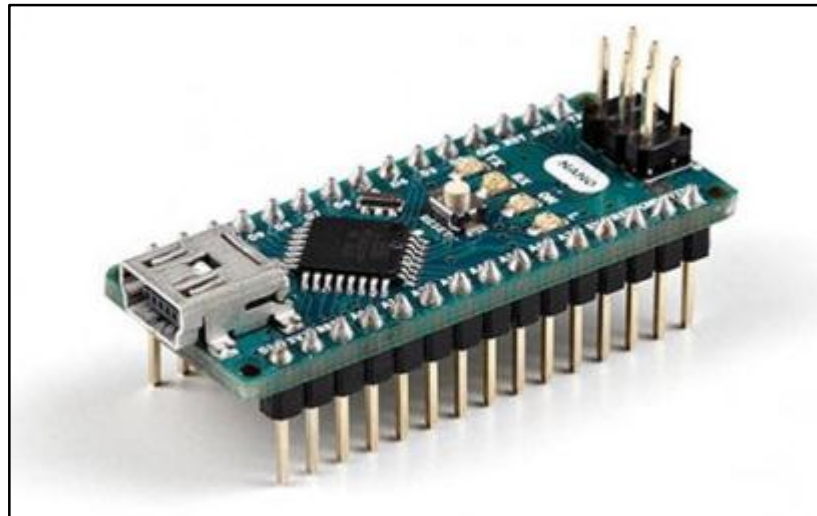
**NOTE:** DUE TO MUXING ON THE PINS OF THE PROCESSOR, ALL OF THESE EXPANSION SIGNALS CANNOT BE AVAILABLE AT THE SAME TIME.

**NOTE:** The battery configuration is not suitable to power the BeagleBone in its current configuration.

The following sections provide more detail on each feature and sections of the board.

## Anexo 15

### Arduino Nano



Microcontroller	ATmega328
Architecture	AVR
Operating Voltage	5 V
Flash Memory	32 KB of which 2 KB used by bootloader
SRAM	2 KB
Clock Speed	16 MHz
Analog IN Pins	8
EEPROM	1 KB
DC Current per I/O Pins	40 mA (I/O Pins)
Input Voltage	7-12 V
Digital I/O Pins	22 (6 of which are PWM)
PWM Output	6
Power Consumption	19 mA
PCB Size	18 x 45 mm
Weight	7 g
Product Code	A000005

Fuente: Arduino

## Anexo 16

### ESP32 - Especificaciones técnicas – Parte 1

#### 1. Overview

ESP32-WROOM-32 is a powerful, generic Wi-Fi+BT+BLE MCU module that targets a wide variety of applications, ranging from low-power sensor networks to the most demanding tasks, such as voice encoding, music streaming and MP3 decoding.

At the core of this module is the ESP32-D0WDQ6 chip\*. The chip embedded is designed to be scalable and adaptive. There are two CPU cores that can be individually controlled, and the CPU clock frequency is adjustable from 80 MHz to 240 MHz. The user may also power off the CPU and make use of the low-power co-processor to constantly monitor the peripherals for changes or crossing of thresholds. ESP32 integrates a rich set of peripherals, ranging from capacitive touch sensors, Hall sensors, SD card interface, Ethernet, high-speed SPI, UART, I<sup>2</sup>S and I<sup>2</sup>C.

**Note:**

\* For details on the part numbers of the ESP32 family of chips, please refer to the document [ESP32 Datasheet](#).

The integration of Bluetooth, Bluetooth LE and Wi-Fi ensures that a wide range of applications can be targeted, and that the module is all-around: using Wi-Fi allows a large physical range and direct connection to the Internet through a Wi-Fi router, while using Bluetooth allows the user to conveniently connect to the phone or broadcast low energy beacons for its detection. The sleep current of the ESP32 chip is less than 5  $\mu$ A, making it suitable for battery powered and wearable electronics applications. The module supports a data rate of up to 150 Mbps, and 20 dBm output power at the antenna to ensure the widest physical range. As such the module does offer industry-leading specifications and the best performance for electronic integration, range, power consumption, and connectivity.

The operating system chosen for ESP32 is freeRTOS with LwIP; TLS 1.2 with hardware acceleration is built in as well. Secure (encrypted) over the air (OTA) upgrade is also supported, so that users can upgrade their products even after their release, at minimum cost and effort.

Table 1 provides the specifications of ESP32-WROOM-32.

Table 1: ESP32-WROOM-32 Specifications

Categories	Items	Specifications
Certification	RF certification	FCC/CE-RED/IC/TELEC/KCC/SRRC/NCC
	Wi-Fi certification	Wi-Fi Alliance
	Bluetooth certification	BQB
	Green certification	RoHS/REACH
Test	Reliability	HTOL/HTSL/uHAST/TCT/ESD
Wi-Fi	Protocols	802.11 b/g/n (802.11n up to 150 Mbps) A-MPDU and A-MSDU aggregation and 0.4 $\mu$ s guard interval support
	Frequency range	2.4 GHz ~ 2.5 GHz
Bluetooth	Protocols	Bluetooth v4.2 BR/EDR and BLE specification
	Radio	NZIF receiver with -97 dBm sensitivity
		Class-1, class-2 and class-3 transmitter
	AFH	

Fuente: Espressif.com

## Anexo 17

### ESP32 - Especificaciones técnicas – Parte 2

## 3. Functional Description

This chapter describes the functions integrated in ESP32.

### 3.1 CPU and Memory

#### 3.1.1 CPU

ESP32 contains one or two low-power Xtensa® 32-bit LX6 microprocessor(s) with the following features:

- 7-stage pipeline to support the clock frequency of up to 240 MHz (160 MHz for ESP32-S0WD, ESP32-D2WD, and ESP32-U4WDH)
- 16/24-bit Instruction Set provides high code-density
- Support for Floating Point Unit
- Support for DSP instructions, such as a 32-bit multiplier, a 32-bit divider, and a 40-bit MAC
- Support for 32 interrupt vectors from about 70 interrupt sources

The single-/dual-CPU interfaces include:

- Xtensa RAM/ROM Interface for instructions and data
- Xtensa Local Memory Interface for fast peripheral register access
- External and internal interrupt sources
- JTAG for debugging

#### 3.1.2 Internal Memory

ESP32's internal memory includes:

- 448 KB of ROM for booting and core functions
- 520 KB of on-chip SRAM for data and instructions
- 8 KB of SRAM in RTC, which is called RTC FAST Memory and can be used for data storage; it is accessed by the main CPU during RTC Boot from the Deep-sleep mode.
- 8 KB of SRAM in RTC, which is called RTC SLOW Memory and can be accessed by the co-processor during the Deep-sleep mode.
- 1 Kbit of eFuse: 256 bits are used for the system (MAC address and chip configuration) and the remaining 768 bits are reserved for customer applications, including flash-encryption and chip-ID.
- Embedded flash

**Note:**

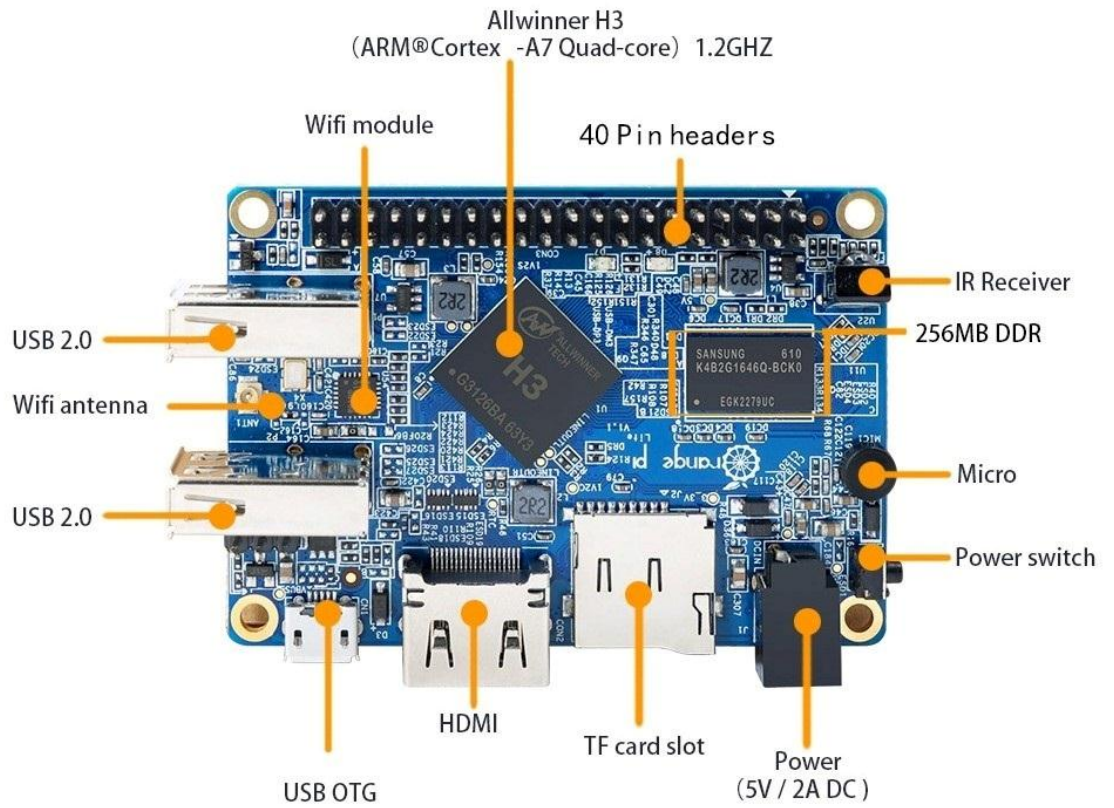
Products in the ESP32 series differ from each other, in terms of their support for embedded flash and the size of it. For details, please refer to Section 7 *Part Number and Ordering Information*.



## Anexo 19

### Orange Pi

#### Top view



Fuente. Orange Pi Oficial

## Anexo 20

Especificaciones técnicas requeridas por el MINSA para monitor de funciones vitales de 5 variables.

---

### ESPECIFICACIONES TECNICAS

---

#### *ECG*

Gama del Ritmo Cardíaco	(20-254 ± 1bpm)
Lead Selection	I,II,III, ó I, II, III, V, aVR, aVL, aVF
Alarmas	Audible y Visual 12.5 / 25 / 50mm / s
Velocidad de Barrido	x 4, x 2, x 1, x 0.5, x 0.25, Auto 1Mv
Selección de Aumento	
Calibración de ECG	

#### *NIBP*

Método	Occilometro Automática SYS / DIA / Med
Parámetros	Manual / Auto / Stat
Modo de Operación	mmHg / kPa
Escala	Adulto / Infantil: (0-300mmHg), Neonatal: (0-150mmHg)
Rango de Presión	

#### *Pulsioxímetro (SpO<sub>2</sub>)*

Rango de Saturación	0-100%
Exactitud	± 2% (70-100%), ± 3% (50-69%)
Rango de Pulso	30-254bpm
Exactitud del Pulso	± 2% (30 – 100bpm), ± 3% (>100bpm)

#### *Temperatura*

Canal	2
Rango de Medición	0 - 50°C
Tipo de Sensor	YSI ( Serie B) y Cf – FI
Resolución	0.1 °C
Exactitud	+/- 0.1°C ( 20 – 45°C) +/- 0.2°C ( 0 – 25°C, 45 – 50°C)

#### *Respiración*

Método de Impedancia entre	R-F ( RA-LL) , R –L ( RA-LA)
Medida de Rango de	Adulto: 0 rpm – 120 rpm
Respiración y Rango de Alarma	Neo/Ped: 0 rpm- 150 rpm
Resolución	1 rpm
Exactitud	+/- 2 rpm
Selección del aumento	x0.25, x0.5, x1, x2, x3, x4, x5

**Fuente de Alimentación: AC /DC**

Batería Interna Recargable	12V2.2AH Selladas
Tiempo de Operación	2 horas continuas
Entrada de Voltaje	110 – 230 VAC,50 / 60 Hz, con cable poder

***Peso y Dimensiones***

Peso Neto	3kg. Aprox.
Peso Bruto	6kg. Aprox.
Dimensiones	160 Altura x 210 ancho x 110 profundidad (mm)


---

Fuente: Portal Web MINSA




## Anexo 21

### Ficha de Triage del Hospital Belén



**GERENCIA REGIONAL  
DE SALUD**



\*DIRECTIVA DEL TRIAJE DIFERENCIADO ÁREA COVID 19-HOSPITAL BELÉN DE TRUJILLO\*

**ANEXO N° 8: FICHA DE TRIAJE**

FECHA: ...../...../.....      HORA: .....:.....      Teléfono: .....

NOMBRE: .....      DNI: .....

EDAD: ..... (A)(meses).      SEXO: (M)(F).      Dirección actual: .....

FECHA DE INICIO DE SÍNTOMAS: ...../...../.....

SÍNTOMAS	SI	NO
Fiebre		
<input checked="" type="checkbox"/> Dolor de garganta		
Tos		
Dificultad respiratoria		
Congestión nasal		

NEXO EPIDEMIOLÓGICO	SI	NO
<input checked="" type="checkbox"/> Contacto con un caso confirmado de infección por COVID-19, dentro de los 14 días previos al inicio de los síntomas		
<input type="checkbox"/> Residencia o historial de viaje, dentro de los 14 días previos al inicio de síntomas, a ciudades del Perú con transmisión comunitaria de COVID-19		
<input type="checkbox"/> Historial de viaje fuera del país, dentro de los 14 días previos al inicio de síntomas		

Signos Vitales: FR: ..... rpm. FC: ..... lpm. PA: ...../..... mmHg. SatO2: ..... %    FIO2: .....%    T°: .....°C.

CERTIFICAR QUE EL PACIENTE TENGA MASCARILLA QUIRÚRGICA:    SI ( ) NO ( )

DOS O MÁS SÍNTOMAS Y CRITERIO EPIDEMIOLÓGICO PACIENTE DEBE SER EVALUADO POR EL MÉDICO (TRIAJE 2)

( ) NO CUMPLE CON LOS CRITERIOS DE CASO SOSPECHOSO Y PRESENTA CRITERIOS DE ATENCIÓN DE EMERGENCIA DERIVAR AL SERVICIO DE EMERGENCIA DEL HBT.

( ) NO CUMPLE CON LOS CRITERIOS DE CASO SOSPECHOSO Y NO PRESENTA CRITERIOS DE ATENCIÓN DE EMERGENCIA DERIVAR A DOMICILIO CON SIGNOS DE ALERTA.

Responsable de Atención: .....

Nombres y Apellidos      firma y Sello

PÁGINA 1

Fuente: Web Hospital Belén