



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE QUITO**

**CARRERA DE BIOMEDICINA**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA E-HEALTH PARA  
UNA INCUBADORA NEONATAL COMPATIBLE CON EL PROTOCOLO HL7**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

Ingeniera Biomédica

**AUTOR: ANDREA STEFANIA GARCÍA VALLADARES**

**TUTOR: MAYERLY ELVIRA SÁENZ CASALLAS**

**Quito-Ecuador**

**2024**

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

Yo, Andrea Stefania García Valladares con documento de identificación N° 1727187179  
manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad  
Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el  
presente trabajo de titulación.

Quito, 16 de febrero del 2024

Atentamente,



Andrea Stefania García Valladares

1727187179

## **CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Andrea Stefania García Valladares con documento de identificación No.1727187179, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Trabajo experimental: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA E-HEALTH PARA UNA INCUBADORA NEONATAL COMPATIBLE CON EL PROTOCOLO HL7”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Biomédica , en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 16 de febrero del 2024

Atentamente,



Andrea Stefania García Valladares

1727187179

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Mayerly Elvira Sáenz Casallas con documento de identificación N°1758414393 docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA E-HEALTH PARA UNA INCUBADORA NEONATAL COMPATIBLE CON EL PROTOCOLO HL7” realizado por Andrea Stefania García Valladares con documento de identificación N° 1727187179, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 16 de febrero del 2024

Atentamente,



**Mayerly Elvira Sáenz Casallas**

**1758414393**

## Dedicatoria

A mi amado padre, quien siempre ha estado a mi lado de manera incondicional, demostrándome que puedo contar con él en todas las circunstancias. Su amor, cariño y apoyo han sido invaluable, y para mí, es el mejor de todos.

A mi querida madre, quien día a día se esfuerza por brindarme lo mejor. Su apoyo inquebrantable en los buenos y malos momentos ha sido mi fortaleza.

A mis adoradas hermanas, un pilar fundamental en mi vida.

Esta tesis está dedicada a ustedes, quienes han sido mi fuente de inspiración y sostén. Su amor y sacrificio han sido la luz que me ha guiado a lo largo de esta trayectoria. Gracias por ser mi fuente principal de inspiración y por compartir conmigo este logro que también es suyo.

Con amor y gratitud

Andrea Garcia

## **Resumen**

Durante este proyecto, se ha ejecutado el proceso de construcción de un prototipo de incubadora neonatal equipado con sensores para medir diversos parámetros fisiológicos. El objetivo general ha sido fortalecer la atención y el monitoreo de recién nacidos prematuros y enfermos, este dispositivo innovador permite la monitorización remota, respaldada por una interfaz de usuario intuitiva. La estructura del trabajo se compone de cinco capítulos elaborados para abordar aspectos fundamentales del proyecto. En el capítulo introductorio, se establecen las bases conceptuales que justifican la implementación del dispositivo, profundizando en la importancia y necesidad de avanzar en el cuidado neonatal mediante tecnologías avanzadas. El segundo capítulo detalla la infraestructura del prototipo, proporcionando una visión general del diseño y ensamblaje de los componentes esenciales para garantizar el rendimiento óptimo del dispositivo. El tercer capítulo se sumerge en el desarrollo del software, aspecto crucial para habilitar la monitorización remota de los parámetros fisiológicos. El cuarto capítulo se dedica a pruebas exhaustivas de usabilidad y carga del sistema, evaluando la eficacia, estabilidad y capacidad del dispositivo para gestionar diversas condiciones y demandas, asegurando su desempeño robusto en entornos clínicos.

Al finalizar, el quinto capítulo expone las conclusiones del proyecto, destacando los logros alcanzados, las experiencias adquiridas y las recomendaciones para posibles mejoras en el futuro.

**Palabras Clave:** IoT- Interoperabilidad- Smart hospital- Telemedicina-HL7

## **Abstract**

During this project, the construction process of a prototype neonatal incubator equipped with sensors to measure various physiological parameters has been executed. The overall objective has been to strengthen the care and monitoring of premature and sick newborns, this innovative device allows remote monitoring, supported by an intuitive user interface. The structure of the paper is composed of five chapters elaborated to address key aspects of the project. The introductory chapter establishes the conceptual basis that justifies the implementation of the device, delving into the importance and necessity of advancing neonatal care through advanced technologies. The second chapter details the prototype infrastructure, providing an overview of the design and assembly of the essential components to ensure optimal device performance. The third chapter dives into software development, a crucial aspect to enable remote monitoring of physiological parameters. The fourth chapter is devoted to extensive usability and system load testing, evaluating the device's efficiency, stability and ability to handle various conditions and demands, ensuring its robust performance in clinical settings.

Finally, the fifth chapter presents the conclusions of the project, highlighting the achievements, lessons learned and recommendations for the future.

**Keywords:** IoT- Interoperability- Smart hospital- Telemedicine-HL7

<b>Contenido</b>	
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>v</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>XI</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>XII</b>
<b>1. Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Capítulo 1: Base conceptual</b> .....	<b>3</b>
2.1 Definición y alcance de E-Health o E-Salud .....	3
2.2 Beneficios y desafíos en entornos clínicos .....	4
2.3 Neonatología y tecnología .....	5
2.4 Parámetros fisiológicos .....	6
2.4.1 Temperatura corporal del bebé prematuro .....	7
2.4.2 Frecuencia cardíaca .....	7
2.4.3 Nivel de oxígeno en la sangre .....	7
2.4.4 Peso Corporal .....	8
<b>3. Capítulo 2: Diseño de la infraestructura de la incubadora neonatal</b> .....	<b>9</b>
3.1 Representación del prototipo.....	9
3.2 Requisitos.....	9
3.3 Diseño simulado en proteus.....	11
3.4 Detalles técnicos de los elementos electrónicos que componen el prototipo .....	12
3.4.1 Sensor de carga hx711.....	12
3.4.2 Sensor max30102.....	12
3.4.3 Sensor mq135 .....	13
3.4.4 Sensor mlx90614.....	13
3.4.5 Pantalla lcd 4x20 .....	13
3.4.6 Raspberry pi pico w .....	13
3.4.7 Módulo relé de dos canales .....	14
3.4.8 Buzzer.....	14
3.4.9 Led RGB .....	14
<b>Elementos</b> .....	<b>15</b>
3.5 Diseño del prototipo en AutoCAD 3D.....	17
3.5.1 Detalles del habitáculo .....	17



3.5.2	Detalles de la base.....	18
3.5.3	Diseño final del prototipo.....	19
3.6	Esquema de bloques del prototipo de la incubadora neonatal .....	20
<b>4.</b>	<b>Capítulo 3: Desarrollo del software de la incubadora neonatal .....</b>	<b>21</b>
4.1	Adafruit.io .....	21
4.2	Estructura del Panel de Control para Parámetros Fisiológicos. ....	21
4.2.1	Conexión mqtt.....	22
4.2.2	Dashboard o Panel de control .....	23
4.3	Almacenamiento en la nube de adafruit.io .....	25
4.4	Protocolo HL7.....	26
4.4.1	Categorías de los estándares de HL7 .....	28
4.4.2	Estándar CDA HL7 .....	29
4.4.3	Infraestructura global y colaborativa.....	30
4.4.4	Enfoques estratégicos de HL7.....	30
4.4.5	HL7 versión V2.X.....	31
4.4.6	Mensajería HL7 versión V2.X.....	31
4.4.7	Estructura de mensajes V2.x. ....	32
4.4.8	Interfaz de Mensajería HL7 V2.X en el prototipo.....	34
<b>5.</b>	<b>Capítulo 4: Resultados .....</b>	<b>36</b>
5.1	Pruebas de calibración de sensores .....	36
5.1.1	Configuración gráfica para la calibración de sensores .....	36
5.1.2	Registro de valores reales y sensados para la calibración.....	37
5.2	Pruebas de ejecución .....	47
5.3	Análisis de resultados.....	48
<b>6.</b>	<b>Conclusiones y Recomendaciones .....</b>	<b>57</b>
6.1	Conclusiones .....	57
6.2	Recomendaciones .....	58
<b>7.</b>	<b>Referencias Bibliográficas.....</b>	<b>59</b>
<b>8.</b>	<b>Anexos.....</b>	<b>61</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Simulación en proteus .....	11
<b>Figura 2.</b> Placa PCB -Vista frontal y trasera .....	12
<b>Figura 3.</b> Base del prototipo.....	18
<b>Figura 4.</b> Diseño final del prototipo.....	19
<b>Figura 5.</b> Diagrama de bloques del prototipo .....	20
<b>Figura 6.</b> Clave generada por ADAFRUIT IO.....	23
<b>Figura 7.</b> Configuración de Conexión MQTT con Adafruit IO.....	23
<b>Figura 8.</b> Bloques de cada parámetro a visualizar .....	24
<b>Figura 9.</b> Panel de control.....	25
<b>Figura 10.</b> Descarga de datos.....	26
<b>Figura 11.</b> Estructura de comunicación del modelo ISO-OSI .....	27
<b>Figura 12.</b> Categorías HL7.....	28
<b>Figura 13.</b> Estructura CDA .....	29
<b>Figura 14.</b> Estructura de mensajes HL7-v2.x. ....	32
<b>Figura 15.</b> Mensaje HL7 del prototipo.....	35
<b>Figura 16.</b> Diagrama de bloques para calibración .....	36
<b>Figura 17.</b> Dispersión de oxigenación .....	38
<b>Figura 18.</b> Dispersión de la temperatura corporal.....	40
<b>Figura 19.</b> Dispersión de la temperatura ambiente .....	41
<b>Figura 20.</b> Valores de la temperatura ambiente.....	42
<b>Figura 21.</b> Comparativa de valores de la temperatura ambiente.....	42
<b>Figura 22.</b> Dispersión de la frecuencia cardíaca .....	44
<b>Figura 23.</b> Curva característica de celda de carga.....	45
<b>Figura 24.</b> Pesa con 100 gramos .....	46
<b>Figura 25.</b> Pesa con 200 gramos .....	46
<b>Figura 26.</b> Pesa con 1500 gramos .....	47
<b>Figura 27.</b> Representación del porcentaje de facilidad de uso del prototipo .....	50
<b>Figura 28.</b> Diagrama de barra del diseño general del prototipo.....	51
<b>Figura 29.</b> Materiales adecuados y seguros del prototipo.....	52
<b>Figura 30.</b> Diagrama de barras de la interfaz de usuario .....	53
<b>Figura 31.</b> Presentación visual de los parámetros fisiológicos .....	54
<b>Figura 32.</b> Diagrama de barra de los datos almacenados.....	55
<b>Figura 33.</b> Experiencia remota.....	56

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Referencias fisiológicas para neonatos prematuros .....	8
<b>Tabla 2.</b> Categorías de los pesos corporales en neonatos prematuros.....	8
<b>Tabla 3.</b> Especificaciones técnicas de cada elemento electrónico.....	14
<b>Tabla 4.</b> Descripción de cada enfoque de HL7 .....	31
<b>Tabla 5.</b> Segmentos del mensaje HL7 v2.x .....	32
<b>Tabla 6.</b> Delimitadores .....	34
<b>Tabla 7.</b> Calibración del pulsioxímetro .....	38
<b>Tabla 8.</b> Calibración del sensor infrarrojo.....	39
<b>Tabla 9.</b> Calibración del sensor infrarrojo mlx90614.....	40
<b>Tabla 10.</b> Calibración del sensor max30102 .....	43
<b>Tabla 11.</b> Calibración del sensor de carga .....	44
<b>Tabla 12.</b> Descripción de niveles de evaluación en la escala de 1 a 5 .....	48
<b>Tabla 13.</b> Resultados de evaluación para la facilidad de uso del prototipo.....	49
<b>Tabla 14.</b> Información del diseño general del prototipo .....	50
<b>Tabla 15.</b> Resultados respecto a si los materiales son adecuados y seguros .....	51
<b>Tabla 16.</b> Interfaz de usuario .....	52
<b>Tabla 17.</b> Parámetros fisiológicos .....	53
<b>Tabla 18.</b> Resultados sobre la facilidad de la descarga de datos almacenados .....	55
<b>Tabla 19.</b> Resultados de la experiencia y control del prototipo .....	56

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b>	Pruebas de ejecución del prototipo. ....	61
<b>Anexo 2</b>	Pruebas de ejecución del prototipo. ....	62
<b>Anexo 3</b>	Pruebas de ejecución del prototipo. ....	63
<b>Anexo 4</b>	Pruebas de ejecución del prototipo. ....	64
<b>Anexo 5</b>	Pruebas de ejecución del prototipo. ....	65
<b>Anexo 6</b>	Pruebas de ejecución del prototipo. ....	66
<b>Anexo 7</b>	Pruebas de ejecución del prototipo. ....	67
<b>Anexo 8</b>	Pruebas de ejecución del prototipo. ....	68
<b>Anexo 9</b>	Pruebas de ejecución del prototipo. ....	69
<b>Anexo 10</b>	Pruebas de ejecución del prototipo. ....	70
<b>Anexo 11</b>	Pruebas de ejecución del prototipo. ....	71
<b>Anexo 12</b>	Pruebas de ejecución del prototipo. ....	72
<b>Anexo 13</b>	Pruebas de ejecución del prototipo. ....	73
<b>Anexo 14</b>	Pruebas de ejecución del prototipo. ....	74
<b>Anexo 15</b>	Pruebas de ejecución del prototipo. ....	75
<b>Anexo 16</b>	Pruebas de ejecución del prototipo. ....	76
<b>Anexo 17</b>	Pruebas de ejecución del prototipo. ....	77
<b>Anexo 18</b>	Pruebas de ejecución del prototipo. ....	78
<b>Anexo 19</b>	Pruebas de ejecución del prototipo. ....	79
<b>Anexo 20</b>	Pruebas de ejecución del prototipo. ....	80
<b>Anexo 21</b>	Pruebas de ejecución del prototipo. ....	81
<b>Anexo 22</b>	Pruebas de ejecución del prototipo. ....	82
<b>Anexo 23</b>	Pruebas de ejecución del prototipo. ....	83
<b>Anexo 24</b>	Pruebas de ejecución del prototipo. ....	84
<b>Anexo 25</b>	Pruebas de ejecución del prototipo. ....	85
<b>Anexo 26</b>	Pruebas de ejecución del prototipo. ....	86
<b>Anexo 27</b>	Pruebas de ejecución del prototipo. ....	87
<b>Anexo 28</b>	Pruebas de ejecución del prototipo. ....	88
<b>Anexo 29</b>	Pruebas de ejecución del prototipo. ....	89
<b>Anexo 30</b>	Pruebas de ejecución del prototipo. ....	90
<b>Anexo 31</b>	Pruebas de ejecución del prototipo. ....	91
<b>Anexo 32</b>	Pruebas de ejecución del prototipo. ....	92
<b>Anexo 33</b>	Pruebas de ejecución del prototipo. ....	93
<b>Anexo 34</b>	Comparación de mediciones .....	94
<b>Anexo 35</b>	Comparación de mediciones .....	95
<b>Anexo 36</b>	Medición de valores con el pulsioxímetro Scanmed .....	96
<b>Anexo 37</b>	Valores medidos con el termómetro digital Scanmed .....	97
<b>Anexo 38</b>	Valores medidos en el prototipo de oxigenación y pulsaciones .....	98
<b>Anexo 39</b>	Valores de la temperatura corporal en el prototipo .....	99
<b>Anexo 40</b>	Tapa 1 del habitáculo .....	100
<b>Anexo 41</b>	Tapa 2 lateral .....	101

<b>Anexo 42.</b> Tapa 3 lateral con ventilador .....	102
<b>Anexo 43.</b> Tapa 4 para cerrar el habitáculo .....	103
<b>Anexo 44.</b> Tapa 5 de mdf para cubrir la base .....	104
<b>Anexo 45.</b> Base final.....	105
<b>Anexo 46.</b> Código final.....	106

## **1. Introducción**

En el actual escenario de la salud digital, se observa que los "Smart Hospitals" representan un hito trascendental en la revolución de la atención médica, utilizando la comunicación y la tecnología para redefinir la prestación de servicios médicos. La atención neonatal emerge como un componente esencial, especialmente para los recién nacidos prematuros que requieren cuidados especializados, desde la monitorización de signos vitales hasta la administración precisa de medicamentos.

Explorando a continuación los trabajos previos que han allanado el camino hacia este avance en la atención médica, se destaca el equipo de soporte vital neonatal presentado por Vassallo, Castellón, & Román (2018), quienes fusionaron terapia térmica y ventilatoria, logrando mejoras sustanciales en la ventilación pulmonar y la estabilidad del entorno. Por otro lado, Octavio (2021) abordó la escasez de equipos médicos en neonatología, proponiendo una solución automatizada para la administración de oxígeno en una incubadora neonatal, aunque con limitaciones en el monitoreo integral de parámetros fisiológicos.

Consciente de estas limitaciones, el objetivo primordial de este proyecto consiste en concebir e implementar un prototipo de sistema E-Health destinado a una incubadora neonatal, buscando no solo la automatización de procesos sino también la integración de un monitoreo exhaustivo de parámetros fisiológicos del neonato. La metodología abarca el diseño, desarrollo y pruebas siguiendo fases específicas para garantizar la viabilidad y eficacia del prototipo.

Este proyecto aspira no solo a cerrar las brechas identificadas en investigaciones anteriores, sino también a establecer un estándar para la atención neonatal, demostrando el potencial de la tecnología E-Health en entornos críticos de atención médica.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

- Desarrollar un sistema E-Health en una incubadora neonatal compatible con el protocolo HL7 para monitorear parámetros fisiológicos de recién nacidos prematuros.

### **Objetivos Específicos**

- Diseñar la arquitectura de un sistema E-Health para adquirir parámetros fisiológicos de forma remota.
- Implementar la monitorización de parámetros fisiológicos neonatales compatible con el protocolo HL7.
- Evaluar el prototipo a través de pruebas de funcionamiento y trazabilidad con equipos biomédicos certificados por normas internacionales.

## **2. Capítulo 1: Base conceptual**

Esta sección se desglosa en la descripción de las definiciones principales del sistema E-Health y los parámetros fisiológicos específicos de un bebé prematuro, estableciendo así una comprensión fundamentada en la salud neonatal.

### **2.1 Definición y alcance de E-Health o E-Salud**

La definición y alcance de la E-Salud se establecen mediante la adopción de soluciones tecnológicas, las cuales se enfocan en dirigir la atención hacia la comunicación dentro del sistema de atención médica, así como en su disposición e impulso. Los componentes inherentes a esta modalidad de salud electrónica abarcan estructuras diseñadas para la eficiente gestión de recursos, tales como agendas de citas y laboratorios clínicos.

Además, se integran documentos clínicos electrónicos, plataformas de respaldo destinadas a facilitar el proceso de evaluación clínica, así como la incorporación de dispositivos portátiles y herramientas de monitoreo remoto. En conjunto, estos elementos constituyen un enfoque integral que busca la entrega de servicios de salud mediante la aplicación estratégica de la tecnología. (León-Castañeda, 2018)

Alcances fundamentales de la E-Salud:

- Registro médico digital: Se centra en mantener un inventario electrónico del estado de salud del paciente. Este recurso proporciona orientación a los especialistas en el ámbito sanitario durante la fase de toma de decisiones y la elaboración estratégica del tratamiento. (Organization, 2010)
- Telesalud adjuntada con la telemedicina: Esta modalidad se fundamenta en la oferta a distancia de servicios de atención médica a través de herramientas digitales y medios de comunicación electrónica. Su enfoque principal es superar las limitaciones geográficas que a menudo obstaculizan el acceso a la atención sanitaria.



- Interoperabilidad y estandarización: Son elementos clave que implican la capacidad de diversas tecnologías y aplicaciones de software para establecer comunicación de manera eficaz. Esto garantiza la interacción y utilización precisa y concisa de datos, mediante el uso de estándares, regulaciones y normativas técnicas que supervisan de manera conjunta los sistemas de salud en todas sus instancias.
- Big data: Este se refiere a la gestión integral del análisis , captura, almacenamiento y aplicación de amplios conjuntos de datos. Está orientado hacia objetivos de salud a nivel colectivo y busca optimizar la calidad y eficacia en los servicios de almacenamiento. (Raghupathu W, Health Inf Sci Syst)

## **2.2 Beneficios y desafíos en entornos clínicos**

La E-Salud aporta significativos beneficios al entorno clínico, proporcionando una variedad de ventajas para mejorar el cuidado médico. Sin embargo, su implementación exitosa requiere abordar desafíos asociados, como la certeza de los datos, la brecha digital, así como obstáculos regulatorios y éticos. A continuación, se presentan tanto los beneficios como los desafíos relacionados con la E-Salud. (Campus Sanofi, 2023)

Beneficios:

- La mejora significativa en la interacción de los usuarios y el equipo sanitario, se respalda mediante la gestión de las nuevas comunicaciones electrónicas
- Se observa una considerable extensión en la antelación a los riesgos y una mayor exactitud en las terapias médicas gracias a los sistemas de monitorización constante.
- La E-Salud facilita la disminución de los tiempos y el aumento de la actividad en el progreso de análisis clínicos, científicos y médicos.

Desafíos:

- La ejecución de la E-Salud, especialmente en áreas rurales, se enfrenta a desafíos fundamentales, destacando la ausencia de conectividad e infraestructura tecnológica. La deficiencia en la infraestructura tecnológica y la falta de conectividad en estas áreas limita la posibilidad de utilizar la asistencia de E-Salud e ingresar a servicios médicos en línea. (FIETS, 2023)
- La brecha digital se presenta como otro desafío para la E-Salud, definida como la carencia de acceso equitativo a la tecnología. La restricción en la disponibilidad de dispositivos electrónicos y la falta de comprensión sobre la tecnología pueden obstaculizar el ingreso a los servicios de atención médica electrónica. (Europea N. C.-C., 2010)
- Surgen desafíos notables en la recolección y envío de datos de salud electrónicos, es imperativo que se garantice la confidencialidad y se preserve adecuadamente la integridad de estos datos como una prioridad, asegurando al mismo tiempo su cumplimiento con los estándares establecidos. (Europea C. , 2010)

### **2.3 Neonatología y tecnología**

La atención neonatal se define como el respaldo y cuidado brindado a los recién nacidos, especialmente aquellos con prematuridad o condiciones médicas específicas. A continuación, se presentan características relevantes para la atención neonatal:

- Unidades neonatales: Los recién nacidos prematuros o con dificultades de salud son ingresados en grupos específicos de hospitales conocidos como unidades neonatales. Estas unidades se encargan de brindar apoyo y atención a los neonatos, tanto en el momento del parto como durante su estadía clínica. Existen diferentes categorías de unidades neonatales que varían en complejidad. Las secciones más avanzadas son las unidades de cuidados

intensivos neonatales, las cuales ofrecen atención intensiva a neonatos con problemas más graves. (En Familia AEP, 2014)

- Profesionales sanitarios: En la vigilancia neonatal participa un grupo de profesionales sanitarios, entre los que se incluyen médicos neonatólogos, terapeutas respiratorios, enfermeras neonatales y otros profesionales de la salud.
- Cuidados básicos e intermedios: En las unidades neonatales se abordan áreas de vigilancia primordial y regular para los recién nacidos que necesitan cuidados y supervisión médica para garantizar su bienestar. Estas áreas proporcionan atención que incluye la observación del entorno térmico, la vigilancia cardiorrespiratoria, la alimentación por sonda gástrica y la monitorización de los niveles de glucosa sanguínea, entre otros aspectos (En familia AEP, 2014)
- Cuidados intensivos: Las unidades de atención neonatal intensiva son las más complejas y se encargan de la monitorización intensiva de los recién nacidos con problemas muy graves. Estas unidades cuentan con equipos y tecnología avanzada que proporcionan atención especializada, como la monitorización invasiva, la administración de medicamentos intravenosos y la ventilación mecánica, entre otros.
- Seguimiento y atención a largo plazo: Durante la estancia en el hospital y la vigilancia neonatal, se lleva a cabo la supervisión y observación continua de los neonatos. Esto implica el respaldo de la lactancia materna, la evaluación del progreso y desarrollo del neonato, y la identificación anticipada de posibles problemas de salud (En Familia AEP , 2014)

## **2.4 Parámetros fisiológicos**

### **2.4.1 Temperatura corporal del bebé prematuro**

Es un parámetro crítico que requiere monitoreo y control cuidadoso, dado que estos neonatos cuentan con una capacidad limitada para regular su temperatura debido a su piel delgada y falta de grasa subcutánea. Se recomienda mantener la temperatura corporal del bebé prematuro entre 36,5°C y 37,5 °C. Si no se logra mantener dentro de este rango, pueden presentarse complicaciones. (Healty Children, 2019)

- Dificultades Respiratorias
- Problemas Cardiovasculares
- Mayor Riesgo de Infecciones
- Problemas Metabólicos

### **2.4.2 Frecuencia cardíaca**

En un bebé prematuro varía entre 120 y 160 pulsaciones por minuto, pudiéndose medir a través de auscultación o mediante el uso de un monitor cardíaco. Este parámetro es esencial para evaluar la salud cardiovascular del bebé y garantizar que reciba suficiente oxígeno y sangre para su desarrollo. (Medical , 2018)

### **2.4.3 Nivel de oxígeno en la sangre**

Hace alusión a la medición del porcentaje de hemoglobina unida al oxígeno. Utilizando un sensor colocado en la piel del bebé, se mide una saturación de oxígeno normal que está por encima del 90%. (Heredia, 2018).

En la (Tabla 1), se muestra de manera concisa la recopilación de datos relativos a los parámetros fisiológicos.

**Tabla 1.**

Referencias fisiológicas para neonatos prematuros

Elaborado por: Autor, 2024

N°	Parámetros fisiológicos	Valores
1	Temperatura corporal	36,5°C - 37,5°C
2	Frecuencia cardíaca	120 - 160 bpm
3	Saturación de oxígeno	Por encima del 90%.

Nota: La tabla presenta una guía concisa de parámetros fisiológicos críticos para neonatos

#### 2.4.4 Peso Corporal

El neonato prematuro, caracterizado por un peso al nacer inferior a 2.5 kg, presenta una morfología distintiva. Su estructura cutánea se muestra brillante, con tonalidades rosadas y delgada, lo que facilita la identificación de las venas. Se destaca que la clasificación de recién nacidos con peso reducido se asigna a aquellos bebés con un peso menor a 2.5 kg, sin importar su edad gestacional. Comúnmente, esta clasificación se asigna a los nacimientos ocurridos previo a las 37 semanas de gestación.

En la (Tabla 2) se pueden observar los pesos de acuerdo con la clasificación.

**Tabla 2.**

Categorías de los pesos corporales en neonatos prematuros

Elaborado por: Autor, 2024

N °	Descripción	Peso
1	Bajo	Menor a 2,5 kg
2	Muy Bajo	Menor a 1,5 kg
3	Extremadamente bajo	Menor de 1 kg

Nota: La presente tabla detalla la clasificación del peso corporal, proporcionando una referencia esencial para evaluar el desarrollo y la salud de los neonatos prematuros.

### **3. Capítulo 2: Diseño de la infraestructura de la incubadora neonatal**

El enfoque de este capítulo se dirige hacia el diseño físico completo de la incubadora neonatal, abordando aspectos como el diseño del habitáculo, la disposición estratégica de los sensores en la estructura y la ubicación precisa de la fuente de alimentación.

#### **3.1 Representación del prototipo**

La representación del prototipo se divide en dos secciones. La primera comprende el habitáculo elaborado de acrílico, y la segunda sección consiste en la base construida de PLT, donde se ubica el segmento eléctrico.

El habitáculo está fabricado con acrílico de 3 mm de grosor, y en su parte lateral se encuentra el ventilador, el cual se utilizará para el sistema de enfriamiento en caso de que la temperatura exceda los rangos normales. El tamaño del prototipo se ajusta según las medidas de un bebé promedio, que van desde 38 cm hasta 50 cm en adelante.

La base contiene un sistema de calefacción con una fuente de alimentación de 12V y otra de 5V destinada a suministrar energía al circuito eléctrico. Además, cuenta con un espacio diseñado para la placa fabricada de baquelita fenólica, en la cual se acoplan y conectan los componentes eléctricos. En la parte frontal de la base, se encuentra un espacio destinado para la pantalla LCD, un LED RGB para visualizar el encendido/apagado del prototipo y un botón que se activa/desactiva para poner en funcionamiento la incubadora.

#### **3.2 Requisitos**

La estrategia para abordar las exigencias del cuidado de un neonato prematuro se fundamenta en la implementación de una incubadora neonatal automatizada.

Esta incorpora las siguientes condiciones para la monitorización de los parámetros fisiológicos:

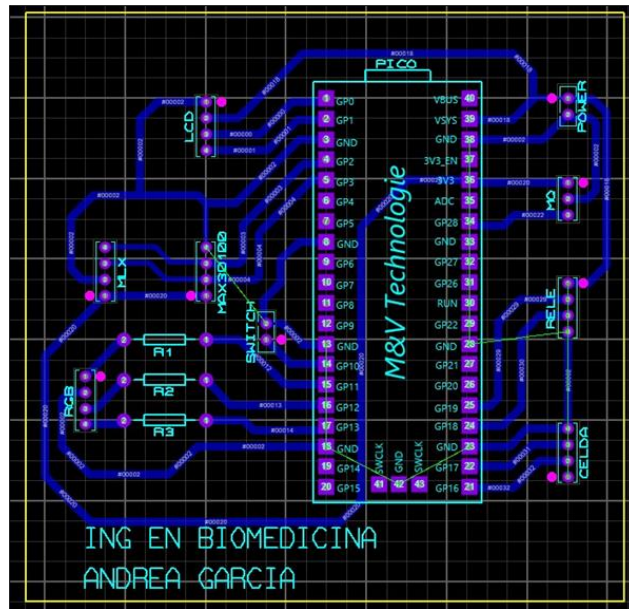
- El habitáculo debe ser transparente para posibilitar la visualización del neonato desde el exterior.
- La base requiere un material sólido que garantice la resistencia necesaria para sostener el habitáculo y al bebé prematuro.
- El prototipo se basó en la normativa internacional UNE-EN 60601-2-19, específicamente en el segmento 201.3.209. El enfoque principal se dirige a mantener la temperatura ambiente en un rango de 34°C a 38°C, alineándose con los estándares globales establecidos. A pesar de las variaciones respecto a la regulación detallada por la norma, la prioridad es asegurar un entorno térmico óptimo para el bebé.

Ante desviaciones de esta temperatura, el sistema de ventilación se activará en caso de ser superior, mientras que los focos se encenderán para suministrar el calor necesario si es inferior, cumpliendo así con las necesidades específicas del bebé en la incubadora. Este diseño ha sido adaptado teniendo en cuenta la carencia de un comité local en Ecuador para la construcción de equipos médicos, permitiendo la implementación de estándares internacionales validados.

- El prototipo medirá regularmente el peso del neonato con el propósito de examinar el desarrollo y crecimiento.
- Se evaluarán parámetros fisiológicos, como el peso, la saturación de oxígeno, frecuencia respiratoria - cardíaca, con el propósito de monitorear y garantizar la salud del neonato.

### 3.3 Diseño simulado en proteus

En el entorno de simulación de proteus, se realizó la modelación de una raspberry pi pico w, incorporando de manera precisa cada componente esencial para el prototipo. Proteus desempeñó el papel de plataforma central para la conexión y prueba de cada componente, como se representa en la Figura 1.

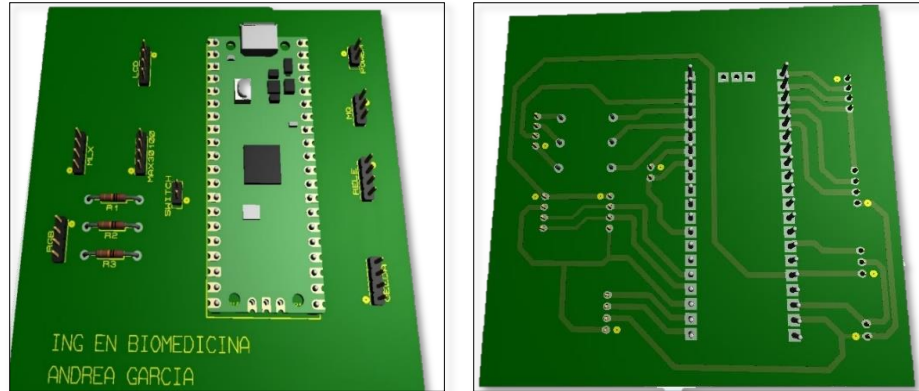


**Figura 1.** Simulación en proteus

**Elaborado por:** Autor, 2024

Después de validar exitosamente en proteus, se llevó a cabo la materialización del diseño mediante la impresión en baquelita fenólica. Este método proporcionó una placa base robusta y duradera, ideal para albergar de manera segura los componentes electrónicos.





**Figura 2.** Placa PCB -Vista frontal y trasera

**Elaborado por:** Autor, 2024

### **3.4 Detalles técnicos de los elementos electrónicos que componen el prototipo**

#### **3.4.1 Sensor de carga hx711**

Utilizado en el ámbito de la industria biomédica, el sensor de carga cumple la función de ser un canal de comunicación entre un microcontrolador y las celdas de carga, facilitando la lectura del peso. Integra un convertidor analógico a digital de 24 bits, ajustado para celdas de carga de 1 kg a 5 kg. (TojLab, 2020)

#### **3.4.2 Sensor max30102**

Este sensor posee la capacidad de medir ambos parámetros fisiológicos y cuenta con dos emisores lumínicos: uno en tono rojo (660 nm) y otro infrarrojo (920 nm). Además, incorpora un sensor de luz, una configuración óptica especializada, un filtro que reduce la interferencia de la luz ambiente a frecuencias entre 50 y 60 Hz, y un convertidor analógico a digital con la habilidad de realizar 1000 lecturas por segundo. (Electronilab, s.f.)

### **3.4.3 Sensor mq135**

El sensor de calidad del aire opera según principios electroquímicos y experimenta variaciones en su resistencia al entrar en contacto con gases específicos presentes en el entorno circundante. Sobresale por su eficiencia al posibilitar la detección de concentraciones nocivas de compuestos en un intervalo de diez a mil unidades por millón. Además, tiene una salida doble que se manifiesta tanto de manera analógica como digital. (NAYLAMP MECHATRONICS, 2023)

### **3.4.4 Sensor mlx90614**

El sensor infrarrojo de temperatura se basa en un chip de silicio que alberga una membrana micromecanizada altamente sensible, meticulosamente concebida para detectar la emanación infrarroja generada por objetos a distancias considerables. Internamente, el sensor está dotado de una etapa de amplificación y conversión analógico-digital, encargada de procesar la señal proveniente de la mencionada membrana. La salida del sensor sigue una respuesta lineal y se ajusta compensatoriamente a las fluctuaciones de la temperatura ambiente. (Naylamp Mechatronics, s.f.)

### **3.4.5 Pantalla lcd 4x20**

La pantalla lcd 4x20 es un display electrónico fundamentado en tecnología de cristal líquido. Aprovecha las características que permiten modular la luz en los cristales líquidos, constituyendo una unidad de visualización alfanumérica que facilita la exhibición de símbolos y caracteres. (TEKmicro, 2023)

### **3.4.6 Raspberry pi pico w**

La placa microcontroladora inalámbrica inaugural ha sido meticulosamente diseñada para su implementación en el ámbito de la informática física. Esta tarjeta de óptimo rendimiento incorpora conexión inalámbrica Wifi. Se suministra con conectores ya soldados, lo que proporciona una mayor conveniencia tanto en entornos industriales como para entusiastas. Presenta una disposición de 40 pines, destacando que 26 de estos pines admiten configuración flexible como entradas o

salidas de propósito general. En esta categoría, 23 pines son de naturaleza exclusivamente digital, y los restantes 3 pueden desempeñar funciones de entrada analógica mediante el conversor analógico a digital (ADC). (Raspberry Pi , s.f.)

#### **3.4.7 Módulo relé de dos canales**

Opera como un instrumento regulado mediante un sistema eléctrico. A través de la interacción de una bobina y un imán electromagnético, se energiza un conjunto de elementos de conmutación que habilita la apertura o cierre autónomo de otros circuitos eléctricos. (UAEH, Arduino , 2021)

#### **3.4.8 Buzzer**

El buzzer, comúnmente denominado zumbador, exhibe la habilidad de transformar la energía eléctrica en señales acústicas. Su operación se fundamenta en la propiedad piezoeléctrica inherente a los materiales, donde la aplicación del voltaje induce un cambio leve en el volumen del material. Para lograr la emisión continua de sonido, las placas requieren vibrar de manera constante. Con este fin, se implementa un oscilador que induce a los materiales a cambiar de estado repetidamente, permitiendo que fluctúen miles de veces para producir un sonido audible de manera continua. (UAEH, 2021)

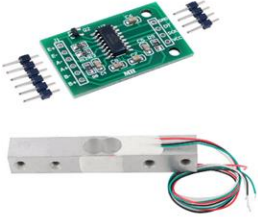
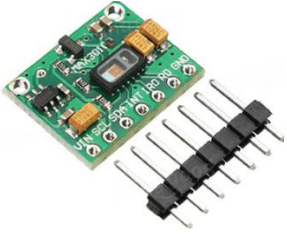


#### **3.4.9 Led RGB**



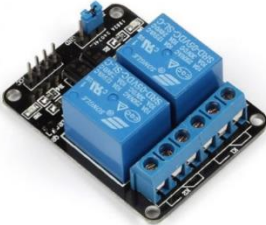

Para el prototipo, se incorporó un led RGB. Este componente fue seleccionado debido a su capacidad para mostrar el color rojo cuando está apagado y cambiar a verde cuando el prototipo está encendido. Además, puede variar de color al modificar un parámetro fisiológico, combinando los colores rojo, verde y azul para formar más de 16 millones de tonos de luz. (Arduino, 2021)

Se describen las especificaciones de cada componente empleado, tal como se evidencia en la (Tabla 3).

**Tabla 3.** Especificaciones técnicas de cada elemento electrónico

**Elaborado por:** Autor, 2024

Elementos	Características técnicas	
Sensor de carga HX711	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Voltaje de alimentación: 5V</li> <li>▪ Se requieren 4 cables con colores verde, rojo, blanco y negro para realizar la conexión a una celda de carga.</li> <li>▪ Corriente de consumo: Inferior a 10 mA</li> </ul>	
Sensor MAX30102	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Modo de comunicación: I2C</li> <li>▪ Voltaje de alimentación: 5V</li> <li>▪ Temperatura: -40°C ~ 85°C</li> </ul>	
Sensor MQ135	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Voltaje de alimentación: 5V</li> <li>▪ Temperatura: 20°C ~ 70°C</li> <li>▪ Concentración detectable: Amoníaco, sulfuro, benceno, humo.</li> </ul>	
Sensor MLX90614	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Voltaje: 3.3V-5V</li> <li>▪ Temperatura ambiental: -40°C a 170°C</li> <li>▪ Temperatura de objeto: -70°C a 380°C</li> </ul>	

<p>Pantalla LCD 4x20</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Voltaje de alimentación: 5V</li> <li>▪ Temperatura: -10 ~ 60 °C</li> <li>▪ Utilización de corriente: 2mA</li> </ul>	
<p>Raspberry Pi Pico W</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Voltaje de alimentación: ~1.8 a 5.5V</li> <li>▪ Frecuencia del reloj: alcanza hasta 133 MHz.</li> <li>▪ Wifi: Banda de 2,4 GHz</li> </ul>	
<p>Módulo Relé de dos canales</p>	<p>Voltaje de alimentación: 5.5V</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cuenta con un led indicador que señala el estado de activación</li> <li>▪ Corriente máxima admitida en cada relé: 10<sup>a</sup></li> </ul>	
<p>Buzzer</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Voltaje de alimentación: 5.5V</li> <li>▪ Corriente máxima: 30 mA</li> <li>▪ Temperatura: -20°C ~ 70 °C</li> </ul>	

Nota: Esta tabla detalla las características de cada elemento utilizado en el prototipo

Todos los elementos eléctricos fueron meticulosamente seleccionados por su asequibilidad y su perfecta adecuación a los requisitos del prototipo. En primer lugar, se optó por el sensor de carga debido a su capacidad para pesar cualquier objeto. Los sensores de frecuencia cardíaca, pulsioxímetro de oxígeno, sensor de calidad del aire y sensor de temperatura infrarroja fueron elegidos para medir los parámetros fisiológicos necesarios. Para observar la información de manera

nítida y precisa, se incorporó una pantalla LCD de 4 x 20 caracteres. Además, se incluyó un LED RGB para indicar el estado del prototipo: en rojo cuando está apagado y en verde cuando está encendido. Un buzzer se integró como alarma en caso de alguna falla, mientras que el ventilador se incorporó al sistema de calefacción. Los focos de 12 voltios fueron seleccionados para brindar un eficiente sistema de calentamiento. Cada elemento desempeña un papel crucial en el funcionamiento del prototipo, proporcionando un equilibrio armonioso entre funcionalidad y economía.

### **3.5 Diseño del prototipo en AutoCAD 3D**

En la implementación del prototipo, se utilizó la herramienta de diseño AutoCAD en su modalidad 3D para elaborar detalladamente el habitáculo y la base. A través de esta aplicación, se creó un modelo tridimensional preciso que servirá como referencia integral para la fabricación de las piezas necesarias. La elección de AutoCAD asegura una representación digital de alta calidad, facilitando la visualización detallada de cada componente. Estos modelos tridimensionales serán empleados posteriormente en el proceso de impresión para obtener las piezas físicas correspondientes, garantizando así la precisión y funcionalidad del prototipo.

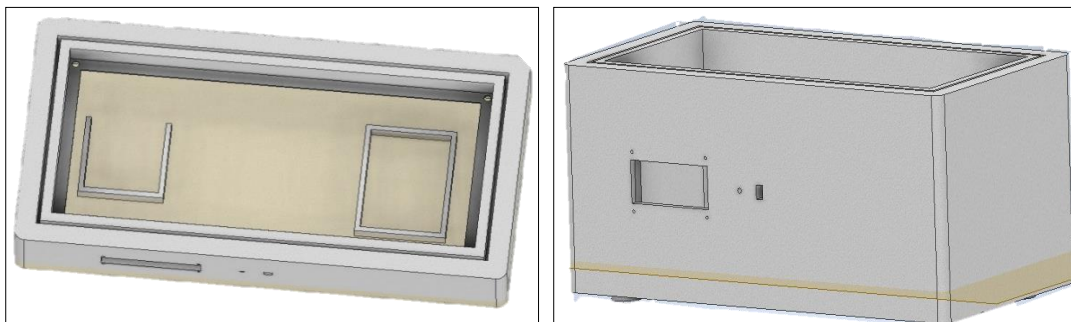
#### **3.5.1 Detalles del habitáculo**

Para la creación del habitáculo, se ha desarrollado un diseño compuesto por cinco tapas distintas. Estas incluyen dos laterales, siendo una de ellas específica para albergar el ventilador. Además, se incorporan una tapa frontal y otra trasera, ambas con orificios de dimensiones reducidas en la parte superior. La disposición de estos orificios tiene como objetivo facilitar la circulación de aire dentro del habitáculo. Completando la estructura, se ha diseñado una tapa base que proporciona la base sólida necesaria para el conjunto. Este diseño asegura una funcionalidad efectiva y una óptima gestión térmica en el interior del habitáculo.

### 3.5.2 Detalles de la base

La base ha sido meticulosamente diseñada para albergar la placa PCB de la Raspberry en un compartimento específico. Además, se han incluido espacios designados para la colocación de la fuente de 12 voltios. En la parte trasera de la base, se ha integrado un orificio para el paso ordenado del cable de alimentación, proporcionando una solución organizada para la gestión de cables.

En el frente de la base, se han incorporado elementos clave para la funcionalidad y la indicación visual. Un orificio estratégicamente ubicado permite la instalación de un LED, mientras que un pequeño cuadrado ha sido reservado para la colocación de un botón de encendido y apagado, facilitando la operación del sistema. Asimismo, se ha previsto un espacio específico en la parte frontal para alojar la pantalla LCD, asegurando una disposición ordenada y ergonómica de los componentes. Este diseño detallado de la base busca ofrecer tanto funcionalidad como estética en la configuración general del prototipo, ilustrado en la Figura 3.

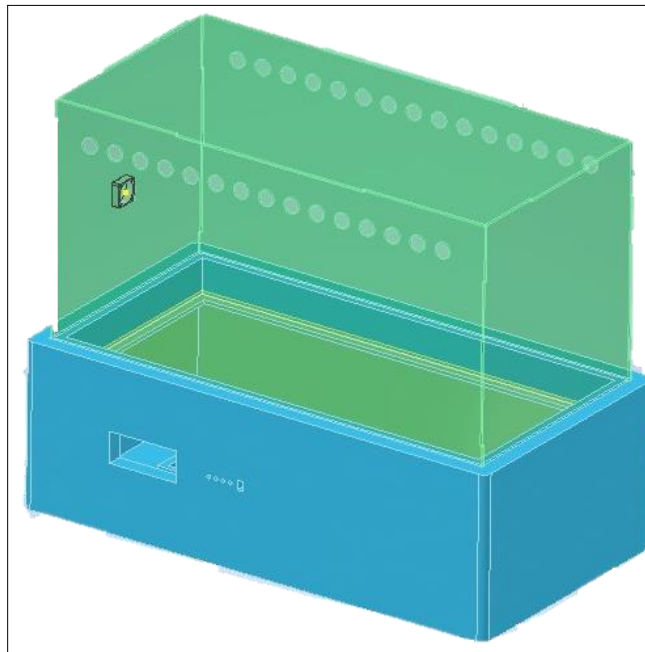


**Figura 3.** Base del prototipo

**Elaborado por:** Autor, 2024

### 3.5.3 Diseño final del prototipo

El diseño final del prototipo se configura con la fusión armoniosa de la base y el habitáculo. En la base, se ha incorporado un espacio de 3 mm de grosor, estratégicamente diseñado para posibilitar la compactación precisa con los acrílicos correspondientes, asegurando una unión robusta y estéticamente coherente. Además, se introduce una solución ingeniosa para la tapa de la base. Se utilizará una tabla de material mdf, proporcionando una cubierta uniforme para ocultar y proteger todos los componentes ubicados en la base. Esta elección de material garantiza una superficie resistente y estéticamente agradable, contribuyendo tanto a la funcionalidad como a la presentación visual del prototipo final, ilustrado en la Figura 4.



**Figura 4.** Diseño final del prototipo

**Elaborado por:** Autor, 2024

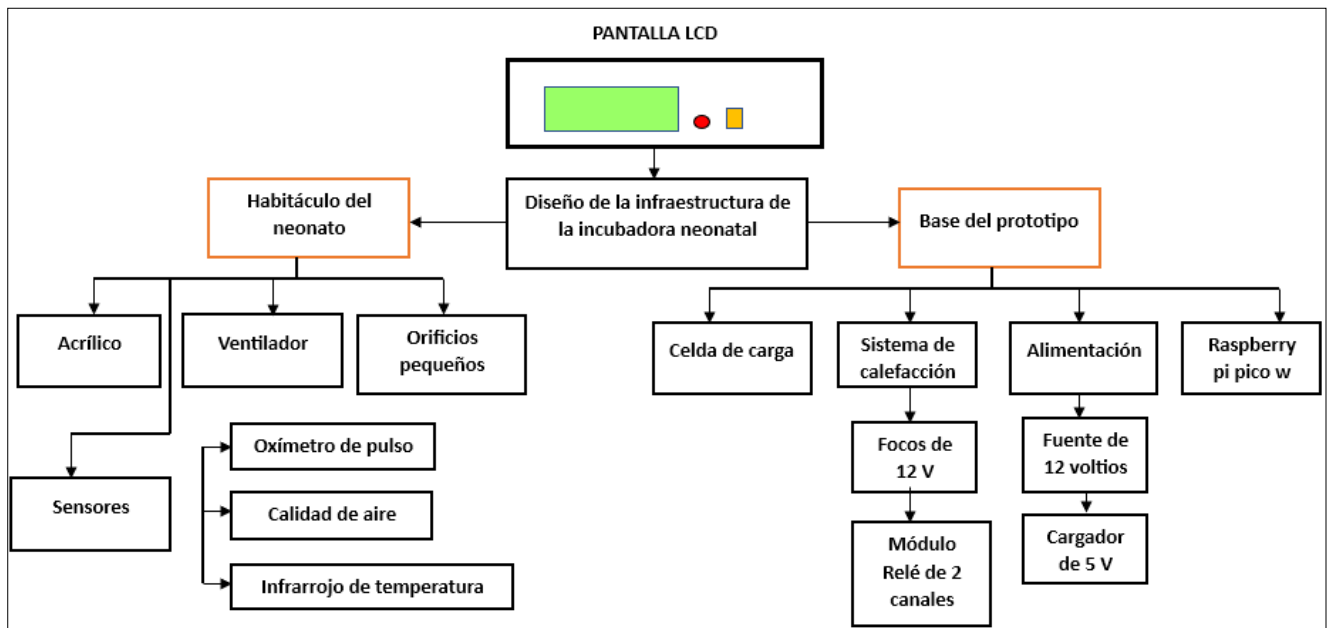


### 3.6 Esquema de bloques del prototipo de la incubadora neonatal

La distribución del dispositivo se realiza en tres fases, tal y como se representa en la Figura 5. En la primera fase, el habitáculo del neonato incorpora un ventilador en la parte lateral, así como sensores específicos, como el infrarrojo de temperatura, el oxímetro de pulso y el sensor de calidad de aire, ubicados estratégicamente para capturar los valores necesarios. Se optó por el acrílico como material principal debido a su versatilidad, transparencia y resistencia, atributos clave que respaldan la fabricación del prototipo.

En la segunda fase, la base albergará la celda de carga, el módulo interruptor de dos canales, el adaptador de 5V, la raspberry y una fuente de energía de 12V.

Finalmente, en la tercera fase, se instalará en la parte frontal un LCD que permitirá visualizar todos los parámetros fisiológicos del neonato.



**Figura 5.** Diagrama de bloques del prototipo

Elaborado por: Autor, 2024

#### **4. Capítulo 3: Desarrollo del software de la incubadora neonatal**

En este apartado, se proporciona una descripción exhaustiva sobre el desarrollo del software para la incubadora neonatal, destacando la implementación clave de una dashboard en el sitio de Adafruit. La finalidad principal de esta interfaz es facilitar un monitoreo en tiempo real y de fácil interpretación de los parámetros fisiológicos críticos, tales como la saturación de oxígeno, temperatura corporal, frecuencia cardíaca – respiratoria, temperatura ambiente y peso, elementos esenciales para el bienestar de los bebés nacidos prematuros alojados en la incubadora. Además, se detallará la implementación de un sistema diseñado para asegurar la seguridad y respaldo de los datos recopilados, almacenándolos de manera segura en una nube. Así, el sistema se convierte en una herramienta valiosa, permitiendo una atención más precisa y rápida a las necesidades de los bebés prematuros.

##### **4.1 Adafruit.io**

Adafruit IO se presenta como una infraestructura robusta especializada en IoT, ofreciendo una plataforma en la nube para el alojamiento y gestión de proyectos tecnológicos. La interfaz de Adafruit IO, equipada con herramientas avanzadas, brinda capacidades integrales para el control y monitoreo de datos. Gráficos dinámicos, tablas interactivas y registros en tiempo real facilitan la evaluación detallada de la información recopilada. En términos de seguridad, Adafruit IO implementa algoritmos criptográficos robustos para asegurar la integridad y privacidad de los datos del usuario. Además, la accesibilidad no se limita únicamente a la nube, ya que se ofrece la opción de descargar datos de forma segura en un dispositivo local. (io.adafruit, s.f.)

##### **4.2 Estructura del Panel de Control para Parámetros Fisiológicos.**

A través de esta interfaz, se despliega en tiempo real la ventana de los parámetros fisiológicos, sirviendo como una interfaz de usuario dinámica que se conecta mediante una red Wifi de 2 GHz. El panel de control de adafruit refleja instantáneamente todos los datos presentados en la pantalla

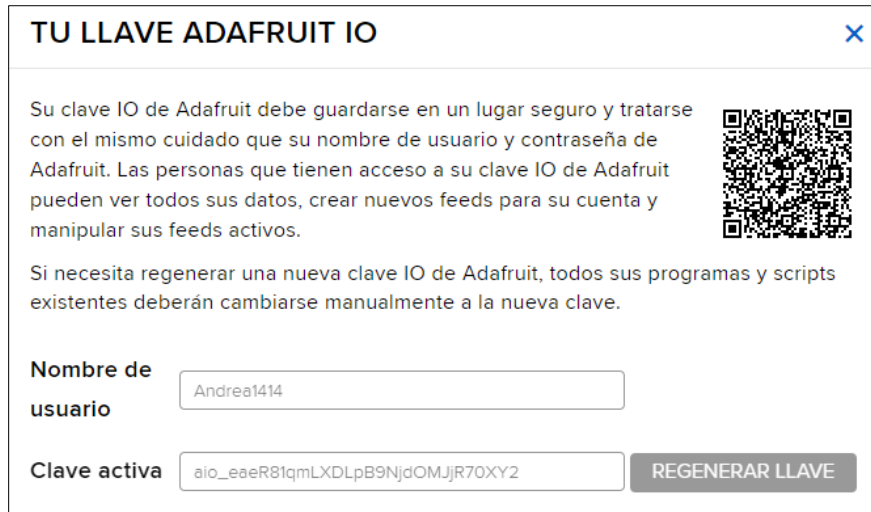
LCD de la incubadora neonatal. Esto asegura que el usuario, desde cualquier ubicación, pueda monitorear de forma precisa y oportuna los datos cruciales de la incubadora neonatal, estableciendo así un puente entre la observación física en el entorno clínico y la conveniencia de la tecnología remota.

#### **4.2.1 Conexión mqtt**

El protocolo de mensajería mqtt se caracteriza por su ligereza y eficiencia, lo que facilita la transmisión eficaz de datos entre la raspberry pi pico w y la infraestructura en la nube de Adafruit.io.

En la configuración de la conexión del cliente mqtt con adafruit io, se deben considerar los siguientes detalles clave:

- 1. Anfitrión:** La dirección del servidor debe configurarse como "io.adafruit.com".
- 2. Nombre de usuario:** Se utilizará el nombre de usuario asociado a la cuenta de Adafruit.
- 3. Contraseña:** Para la autenticación, se necesitará la clave IO de Adafruit. Esta información específica puede obtenerse al hacer clic en el botón "Clave Activa", ilustrada en la Figura **6**.



**Figura 6.** Clave generada por ADAFRUIT IO

**Elaborado por:** Autor, 2024

El fragmento de código que se presenta en la Figura 7 desempeña una función esencial en el proyecto, al configurar la conexión mqtt con Adafruit IO. Este código fue desarrollado específicamente en el entorno Thonny para facilitar una comunicación eficiente y confiable entre el prototipo y la plataforma.

```
mqtt_host="io.adafruit.com"  
mqtt_username="Andrea1414"  
mqtt_password="aio_eaeR81qmLXDLpB9NjdOMJjR70XY2"
```

**Figura 7.** Configuración de Conexión MQTT con Adafruit IO

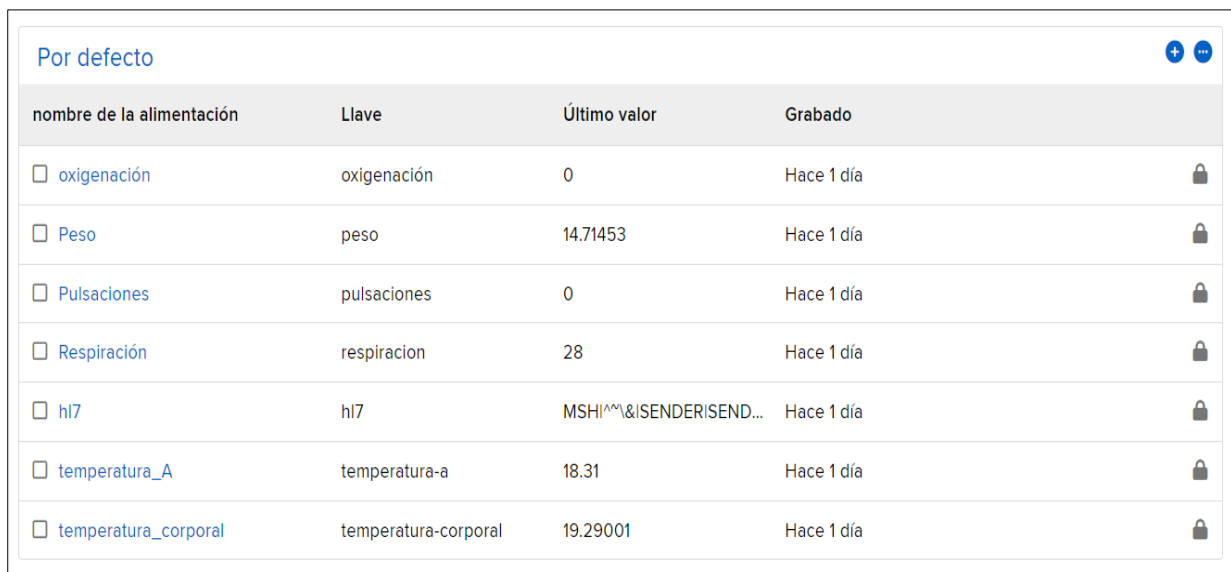
**Elaborado por:** Autor, 2024

#### 4.2.2 Dashboard o Panel de control

El panel de control proporcionado por Adafruit cumple una función esencial en el proyecto, ya que se transforma en una herramienta esencial para la observación y administración en tiempo real del prototipo de la incubadora neonatal, diseñada específicamente para medir parámetros fisiológicos. Este panel presenta una interfaz visual e intuitiva, brindando una experiencia de usuario eficiente.

- Interfaz de Usuario Amigable

En el proceso de desarrollo del sistema de monitoreo neonatal, se optimizan las versátiles funciones de Adafruit mediante la creación de bloques. Cada uno de estos se configura minuciosamente con información clave, como nombres descriptivos, iconos representativos y rangos de valores mínimos y máximos, como se observa en la Figura 8. Esta configuración personalizada facilita la visualización clara de los parámetros fisiológicos, permitiendo una fácil identificación y comprensión de cada elemento en el dashboard.



The image shows a screenshot of a configuration interface titled "Por defecto". It contains a table with four columns: "nombre de la alimentación", "Llave", "Último valor", and "Grabado". Each row represents a parameter with a checkbox, a key name, a current value, and a timestamp. A lock icon is present in the rightmost column of each row.

nombre de la alimentación	Llave	Último valor	Grabado
<input type="checkbox"/> oxigenación	oxigenación	0	Hace 1 día
<input type="checkbox"/> Peso	peso	14.71453	Hace 1 día
<input type="checkbox"/> Pulsaciones	pulsaciones	0	Hace 1 día
<input type="checkbox"/> Respiración	respiracion	28	Hace 1 día
<input type="checkbox"/> hl7	hl7	MSH ^~\& SENDER SEND...	Hace 1 día
<input type="checkbox"/> temperatura_A	temperatura-a	18.31	Hace 1 día
<input type="checkbox"/> temperatura_corporal	temperatura-corporal	19.29001	Hace 1 día

**Figura 8.** Bloques de cada parámetro a visualizar

**Elaborado por:** Autor, 2024

Este dashboard proporciona información detallada y en tiempo actual de los indicadores fisiológicos, como se ilustra en la Figura 9. La visualización de datos se realiza de manera sincronizada con la pantalla LCD de la incubadora, asegurando que la información sea coherente y fácilmente comprensible para los usuarios. Además, esta implementado el protocolo HL7 para la transmisión eficiente de datos en tiempo real.

Este sistema avanzado de monitoreo neonatal constituye un avance sustancial hacia la optimización de la atención y el cuidado en entornos neonatales.



Figura 9. Panel de control

Elaborado por: Autor, 2024

### 4.3 Almacenamiento en la nube de adafruit.io

Una vez configurados los bloques con los parámetros fisiológicos del neonato y la mensajería HL7 para su visualización en el panel de control, todos los datos recopilados se almacenan en la nube de Adafruit. La capacidad de almacenamiento para cada parámetro se limita a 1000 datos, y cuando se alcanza este límite, el sistema elimina automáticamente el dato más antiguo para dar cabida a la nueva información de manera continua.

Esta estrategia de gestión de datos garantiza un almacenamiento eficiente y constante, manteniendo un historial relevante de los parámetros fisiológicos del neonato. La ventaja fundamental radica en la flexibilidad para descargar los datos almacenados de cada parámetro. Se puede acceder a la

información recopilada de dos maneras diferentes: formato JSON o CSV. En la Figura 10 se dispone un ejemplo del parámetro de oxigenación con datos ya descargados. Es importante tener en cuenta una limitación en el proceso de descarga, ya que solo es posible acceder y descargar la totalidad de los datos del feed una vez cada diez minutos.

**Descargar Datos de Oxigenación** ✕

NOTA: Solo puedes descargar los datos completos del feed una vez cada diez minutos.

Descargar como JSON
Descargar como CSV

Enlace	Descripción	Comenzó	Terminado	Tamaño
* <a href="#">Enlace</a>	Oxigenacion CSV solicitado por Andrea1414	13 de enero de 2024, 01:18	13 de enero de 2024, 01:18	32,6KB

**Figura 10.** Descarga de datos

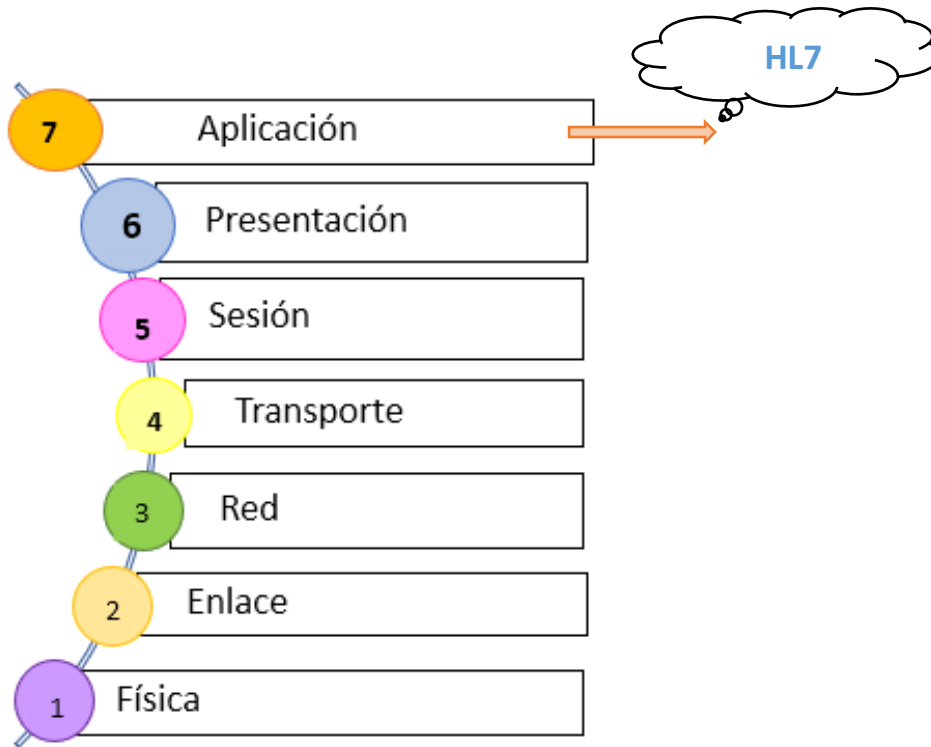
Elaborado por: Autor, 2024

#### 4.4 Protocolo HL7

Health Level Seven (HL7), desde su inicio ha jugado un rol crucial en la formulación de normativas para diversas áreas dentro del sector de la salud. Sus estándares abarcan áreas de aplicación clave en la atención de usuarios, entrada de órdenes, informes de evaluación y la documentación. (Healthineers, s.f.)

La denominación "Health" (Salud) refleja el enfoque principal de la organización, mientras que "Level Seven" (Nivel Siete) hace alusión al ápice del modelo de comunicaciones para la interconexión de sistemas abiertos (OSI) de la Organización Internacional para la Estandarización (ISO). El estrato 7 se ubica como la capa de aplicación, según se ilustra en la Figura. 11, incumbido

en el formato de los datos intercambiados y en la definición de la estructura, lo que concede a la aplicación la capacidad de interactuar con niveles subyacentes.



**Figura 11.** Estructura de comunicación del modelo ISO-OSI

**Elaborado por:** Autor, 2024

Esta entidad desempeña una función crucial al establecer directrices que favorecen la interoperabilidad en el campo sanitario. La interoperabilidad se conceptualiza como la habilidad de que múltiples sistemas intercambien y utilicen información de manera efectiva, garantizando la transmisión eficaz de datos. Este enfoque promueve un intercambio fluido de información entre diversas plataformas y sistemas clínicos. La armonización de diversos formatos de representación y transmisión es esencial para lograr un intercambio de información sin inconvenientes. Para alcanzar este nivel de interoperabilidad, es imperativo adoptar estándares informáticos



internacionalmente reconocidos compartidos por los distintos sistemas de salud. (Cornelio & Wong, 2023)

#### 4.4.1 Categorías de los estándares de HL7

En el campo de la salud digital, HL7 y sus colaboradores ofrecen un marco normativo y estándares correlacionados para facilitar la combinación, intercambio y obtención de datos clínicos electrónicos. Estos estándares precisan cómo se estructura y comunica la información entre entidades, estableciendo el protocolo, la arquitectura y los tipos de datos necesarios para lograr una interoperabilidad sin inconvenientes entre sistemas. (HL7 Internacional, s.f.)

Los estándares HL7 son clasificados en categorías fundamentales como se ilustra en la Figura 12.

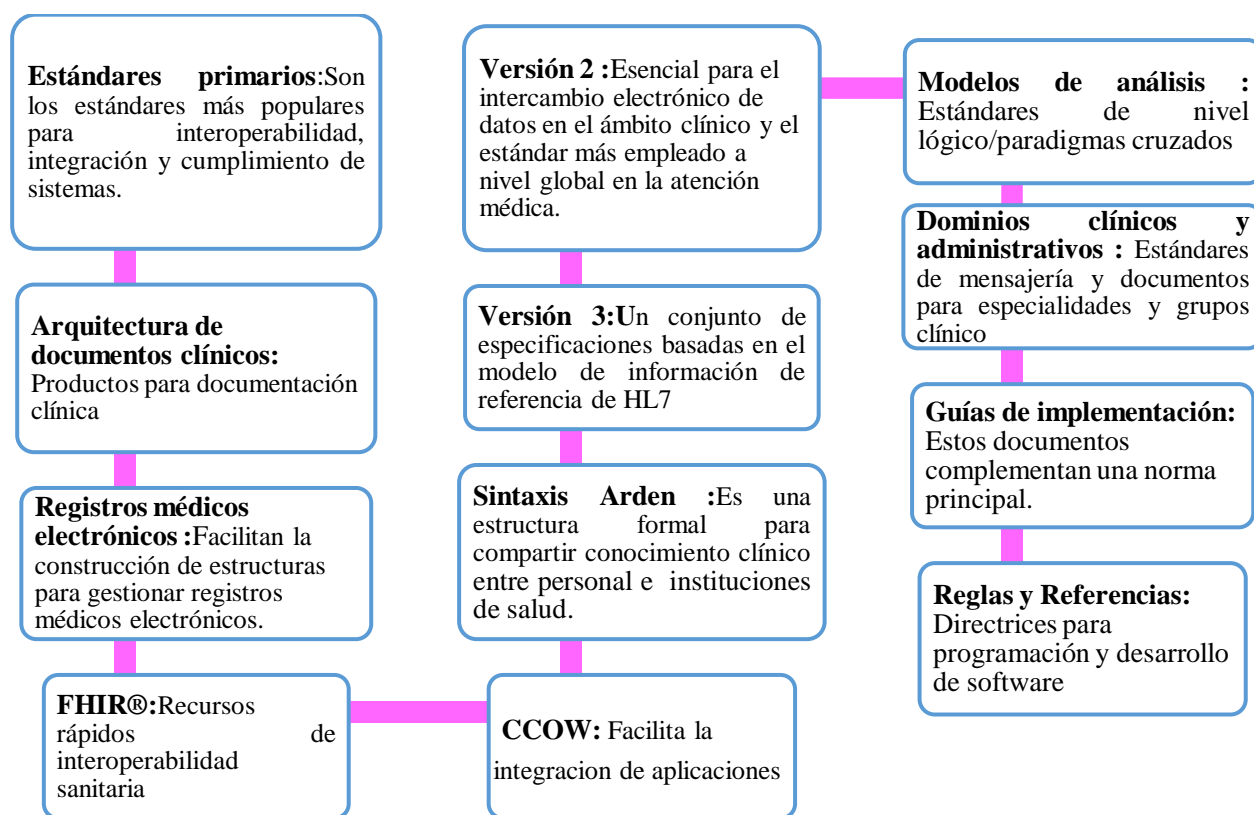


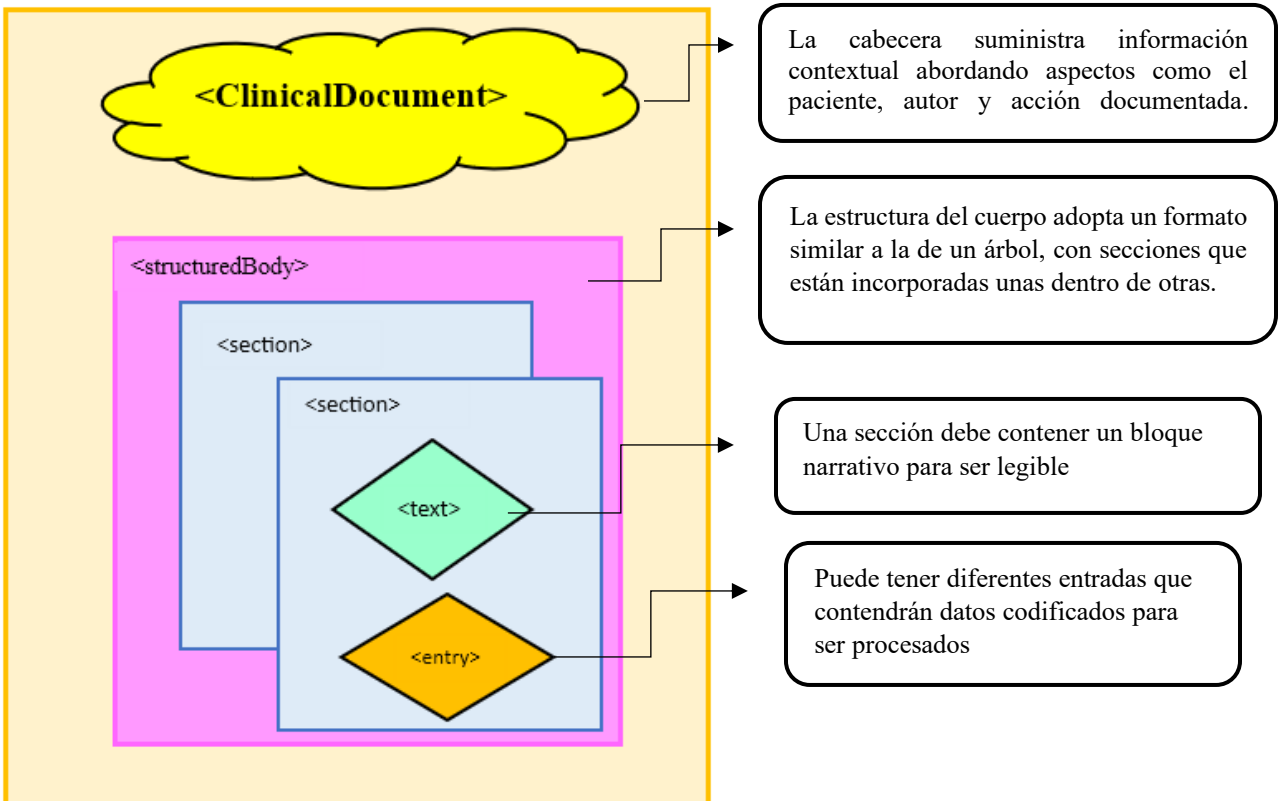
Figura 12. Categorías HL7

Elaborado por: Autor, 2024

#### 4.4.2 Estándar CDA HL7

Dentro del ámbito de la estructura de registros clínicos, el estándar CDA (Clinical Document Architecture), derivado del modelo de información de referencia HL7 RIM, se presenta como un componente esencial. En detalle, este estándar define las secciones del documento y especifica la organización del contenido. Al hacer uso del lenguaje XML, CDA HL7 se presenta como un componente esencial en las plataformas de salud informática, asegurando una estructura coherente y la transmisión efectiva de información clínica.

En la Figura 13 se observa la estructura de un documento CDA.



**Figura 13.** Estructura CDA

Elaborado por: Autor, 2024

#### **4.4.3 Infraestructura global y colaborativa**

Establecida en 1987 como una entidad altruista y acreditada por ANSI desde 1994, HL7 se posiciona como una figura destacada en el panorama global de la informática médica. La organización cuenta con el respaldo de una membresía internacional que supera los 1.600 profesionales de más de 50 países, incluyendo activa participación de más de 500 miembros empresariales que simbolizan a diversas entidades, como vendedores/proveedores, empresas de consultoría, compañías farmacéuticas y pagadores. Estos actores comparten un interés intrínseco en el avance de estándares clínicos y administrativos.

HL7 se distingue por su riguroso conjunto de procedimientos operativos, garantizando consenso, transparencia y equilibrio de intereses. El colectivo de profesionales, denominado el "grupo de trabajo", se organiza en comités técnicos y grupos de interés especializados. Los "comités técnicos" tienen la responsabilidad directa sobre el contenido de los estándares, mientras que los "grupos de interés especial" contribuyen al desarrollo de información y pruebas, explorando nuevas áreas de cobertura para los estándares publicados por HL7. (Pardell, s.f.)

#### **4.4.4 Enfoques estratégicos de HL7.**

Estos enfoques descritos en la (Tabla 4) delimitan la visión ambiciosa de la organización en informática médica, consolidándola como un referente líder en la transformación de la información sanitaria a nivel global.

**Tabla 4.** Descripción de cada enfoque de HL7

**Elaborado por:** Autor, 2024

<b>N°</b>	<b>Enfoques</b>	<b>Descripción</b>
<b>1</b>	Desarrollo	Los estándares deben tener una sintaxis coherente y extensible, favoreciendo la organización de datos en cuanto a la salud.
<b>2</b>	Educación	Este proceso educativo busca promover la adopción y el entendimiento profundo de las directrices normalizadas, impulsando así la eficiencia y la interoperabilidad en el ámbito de la atención médica.
<b>3</b>	Promoción	Se enfoca en fomentar la adopción de los estándares HL7 a nivel mundial mediante la creación de capítulos internacionales especializados.
<b>4</b>	Estimulación	Estimula y simplifica la capacidad del experto en su dominio, así como del sector de la salud y las entidades interesadas, para elaborar estándares de información en salud dentro del marco de HL7.
<b>5</b>	Colaboración	Se monitorean los esfuerzos de desarrollo emprendidos por HL7 sean lo suficientemente flexibles para satisfacer los continuos y emergentes requisitos en el campo de la salud.

Nota: En la tabla, se describen de manera concisa los enfoques clave de HL7

#### **4.4.5 HL7 versión V2.X.**

La versión 2 del estándar de mensajería HL7 se erige como el pilar fundamental para la transferencia de información electrónica en el entorno clínico, destacándose como el estándar más prevaleciente en el panorama sanitario a nivel global.

Facilita eficazmente el intercambio de datos clínicos entre diversos sistemas.

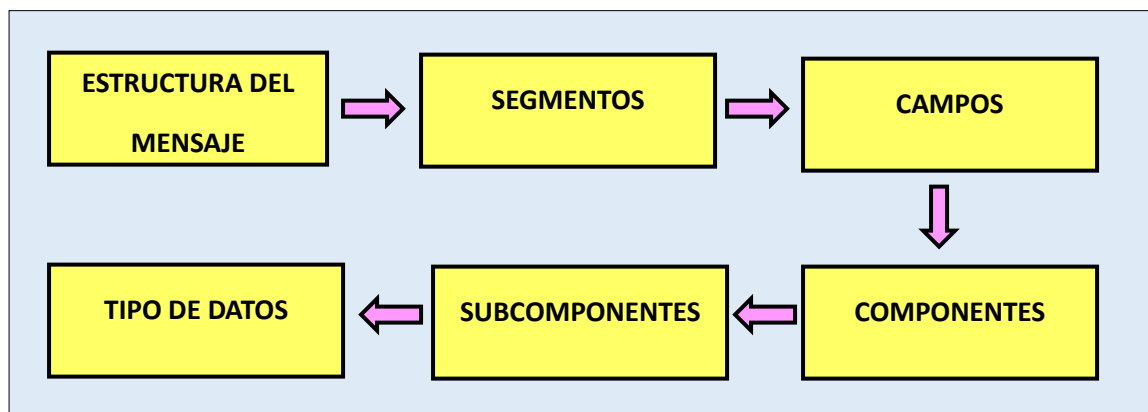
#### **4.4.6 Mensajería HL7 versión V2.X.**

Su estructura ha sido meticulosamente diseñada para respaldar tanto un sistema de atención centralizado en el paciente como un entorno más distribuido, donde la información reside en sistemas departamentales. La estructura se basa en segmentos y campos, teniendo un formato específico para cada mensaje, potenciando así la interoperabilidad entre sistemas diversos.

(Figuroa, 2018)

#### 4.4.7 Estructura de mensajes V2.x.

La estructura de mensajes se configura de manera precisa, utilizando un diseño compuesto por segmentos y, en algunos casos, subcomponentes para la transmisión eficaz de datos clínicos, como se muestra en la Figura 14.



**Figura 14.** Estructura de mensajes HL7-v2.x.

**Elaborado por:** Autor, 2024

**Segmentos:** Los segmentos constituyen unidades lógicas que encapsulan categorías específicas de datos, abordando aspectos como información de pacientes, resultados de laboratorio o diagnósticos. Se establecen diversos segmentos normativos empleados para organizar la información dentro de los mensajes. La (Tabla 5) presenta descripciones de cada segmento.

**Tabla 5.** Segmentos del mensaje HL7 v2.x

**Elaborado por:** Autor, 2024

N °	Siglas	Segmento	Descripción
1	MSH	Encabezado del mensaje	Proporciona detalles sobre la estructura y formato del mensaje.
2	PID	Segmento de Identificación del paciente	Información del paciente como nombre, fecha de nacimiento y género
3	PV1	Visita del paciente	Información de la visita médica
4	OBR	Solicitud de Observación	Resultado de la orden médica
5	OBX	Resultado de la observación	Este segmento identifica el tipo de observación, su resultado, la fecha de la observación y la información relacionada con la observación.
6	CTI	Identificación de ensayos clínicos	Vincula el resultado a un ensayo clínico. (Opcional)

Nota: La presente tabla describe la estructura de mensajería de HL7.

**Campos:** Operan como unidades individuales dentro de un segmento, transportando información detallada sobre elementos como nombre del paciente, fecha de nacimiento y resultados de exámenes.

**Componentes:** Se hallan dentro de los campos y representan subdivisiones adicionales destinadas a organizar datos más específicos.

**Subcomponentes:** Aportan mayor granularidad al subdividir algunos componentes en unidades más pequeñas, siendo útiles para gestionar datos complejos o detallados.

**Delimitadores:** Son caracteres específicos que establecen límites entre segmentos, campos, componentes y subcomponentes, facilitando una interpretación precisa de la estructura del mensaje (Pais, 2019). ASCII representa un conjunto de códigos que realiza una asignación unívoca de valores numéricos a cada carácter.

Los delimitadores están detallados en la (Tabla 6)

**Tabla 6.** Delimitadores

**Elaborado por:** Autor, 2024

N°	Delimitador	Descripción	ASCII
1	<CR>	Terminador de segmento	13
2	&	Separador de subcomponentes	38
3	\	Carácter de escape	92
4	^	Separador de componentes	94
5		Separador de campo	124
6	~	Carácter de repetición	126

Nota: La tabla detalla los delimitadores esenciales utilizados en el formato HL7

#### **4.4.8 Interfaz de Mensajería HL7 V2.X en el prototipo.**

En la implementación de la interfaz de mensajería HL7, se han seleccionado específicamente cuatro de los seis segmentos disponibles en la versión 2.x como se observa en la Figura 15. Aunque la versión completa incluye seis segmentos, en este contexto específico se ha optado por utilizar únicamente los cuatro segmentos necesarios para la funcionalidad requerida.

El primer segmento es MBX, el cual se emplea como encabezado predeterminado en el mensaje. Este encabezado es esencial para la correcta estructuración del mensaje y su identificación en el proceso de comunicación.

El segundo segmento, PID, se utiliza para visualizar la información del paciente junto con su identificación única. Proporciona detalles clave sobre la identidad del paciente para asegurar una correcta asociación de los datos.

El tercer segmento, PV1, incluye detalles acerca de la visita del paciente. En este caso, se utiliza para registrar la fecha de la visita del paciente y la hora, brindando un marco temporal importante para la interpretación de los datos.

El último segmento seleccionado es OBX. Este segmento desempeña un papel crucial al mostrar los resultados de las observaciones, incluidas las lecturas de temperatura y otros parámetros fisiológicos. Esencialmente, proporciona la información detallada sobre las observaciones realizadas durante la visita del paciente.

Valor

```
MSH|^~\&IREMITENTE|SENDER_APPLICATION|RECEIVER|RECEIVER_APPLICATION|12345||O|
PID||García^Andrea^^^Srt.||edad_24||M
PV1||||UCI^1^1|U||A0E|A0E||2024-01-28
OBX|1|NM|TMP^Temperatura_A||25.35001|Temp_C||28.48159|Peso||0|ox||5.4|bpm||1.12|rpm||0^
```

**Figura 15.** Mensaje HL7 del prototipo

**Elaborado por:** Autor, 2024



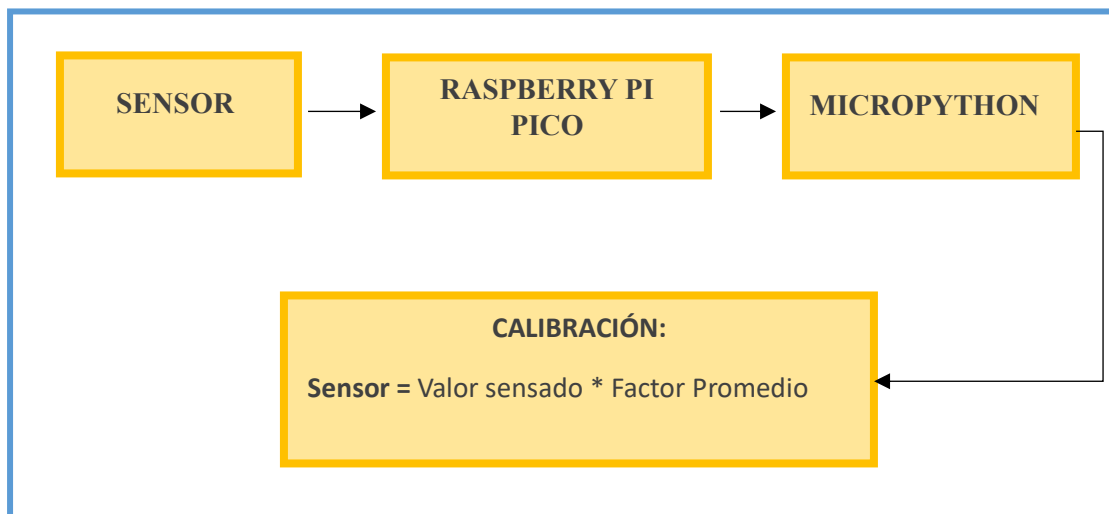
## 5. Capítulo 4: Resultados

### 5.1 Pruebas de calibración de sensores

Durante el desarrollo del prototipo, se ejecutaron evaluaciones de calibración de los sensores con el objetivo de alcanzar la precisión requerida. A pesar de la marcada sensibilidad inherente de los sensores, se lograron ajustar los parámetros de manera efectiva. Ahora, los sensores exhiben la capacidad de detectar un mínimo margen de error, lo cual implica avances significativos para perfeccionar la exactitud de las mediciones.

#### 5.1.1 Configuración gráfica para la calibración de sensores

En el proceso de calibración de los sensores, se envía la información a la raspberry, la cual a su vez la transmite al programa implementado en micropython , como se ilustra en la Figura 16. Durante este intercambio de datos, se utiliza el factor promedio basado en los valores sensados para realizar la calibración. Este enfoque permite ajustar los sensores para obtener mediciones más precisas y confiables, contribuyendo así a la mejora del rendimiento y la exactitud del prototipo.



**Figura 16.** Diagrama de bloques para calibración

**Elaborado por:** Autor, 2024

### **5.1.2 Registro de valores reales y sensados para la calibración**

A lo largo del proceso de desarrollo del prototipo, se llevó a cabo la obtención de los valores sensados generados por los sensores implementados. Para lograr una calibración precisa, se utilizaron dispositivos trazables respaldados por estándares reconocidos, como el oxímetro de pulso y el termómetro digital de la marca Scanmed, certificados por organismos como:CE (Comunidad Europea), FDA (Administración de Alimentos y Medicamentos), ISO (Organización Internacional de Normalización), GMP (Buenas Prácticas de Fabricación) y RoHS (Restricción de sustancias peligrosas) , estos estándares aseguran que las comparaciones realizadas durante el proceso son fiables y cumplen con criterios internacionales de calidad y seguridad. En cuanto a la calibración del peso, se emplearon pesas de diferentes medidas como referencia, y para el monitoreo de la temperatura ambiental se hizo uso de la aplicación del teléfono, la cual brinda información sobre la temperatura circundante. La comparación entre los valores sensados y los valores reales permitió determinar el factor promedio, un elemento fundamental para la calibración final del sistema. Este enfoque detallado y meticuloso asegura la exactitud y confiabilidad de las mediciones, contribuyendo así al óptimo rendimiento del prototipo.

#### **▪ Oxigenación**

En la interpretación general de los datos, se observa según la (Tabla 7) que los valores del sensor MAX30102 tienden a ser aproximadamente un 5-8% más bajos que los obtenidos por el oxímetro de pulso, por lo que el factor promedio actúa como un ajuste multiplicativo que optimiza la precisión del sensor, alineando los valores sensados con los valores reales. El proceso de calibración de la oxigenación se puede observar detalladamente en los anexos 34 hasta el 38.

**Tabla 7.**

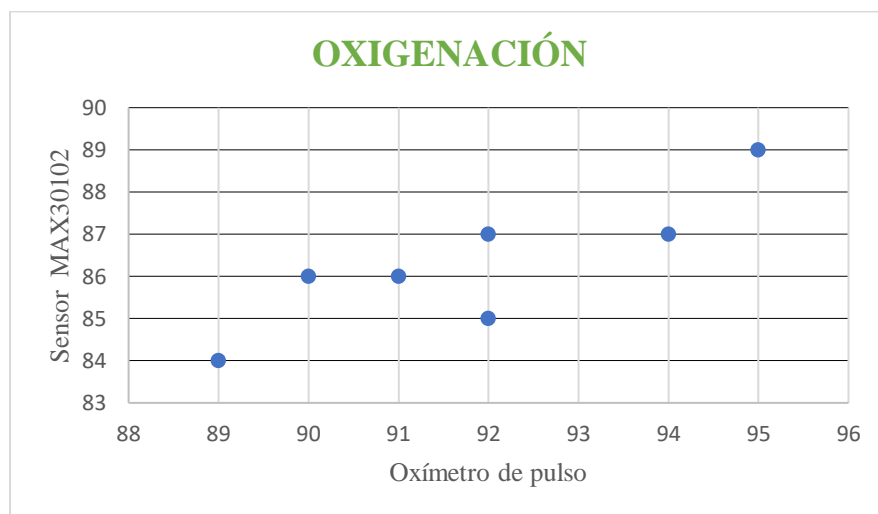
Calibración del pulsioxímetro

Elaborado por: Autor, 2024

Oxímetro de pulso	Sensor max30102	Factor promedio
95	89	1,06741573
91	86	1,058139535
90	86	1,046511628
92	85	1,082352941
92	87	1,057471264
94	87	1,08045977
89	84	1,05952381
		1,064553525

Nota: La tabla detalla los dos valores obtenidos y el resultado final del valor promedio.

En esta representación gráfica, se proporciona una visualización clara de la relación entre ambos conjuntos de datos, facilitando la identificación de patrones o discrepancias en sus variaciones, como se aprecia en la Figura 17.



**Figura 17.** Dispersión de oxigenación

Elaborado por: Autor, 2024

- **Temperatura Corporal**

Los datos presentados en la (Tabla 8) revelan que el sensor infrarrojo tiende a registrar temperaturas corporales ligeramente inferiores en comparación con las obtenidas mediante el termómetro digital. Se evidencia cierta variabilidad en la precisión del sensor, y aunque existe una tendencia general de lecturas más bajas, se mantiene una relación constante entre las temperaturas medidas por el sensor y las proporcionadas por el termómetro digital. El proceso de calibración de la temperatura corporal se puede observar detalladamente en los anexos 34 hasta el 39.

**Tabla 8.**

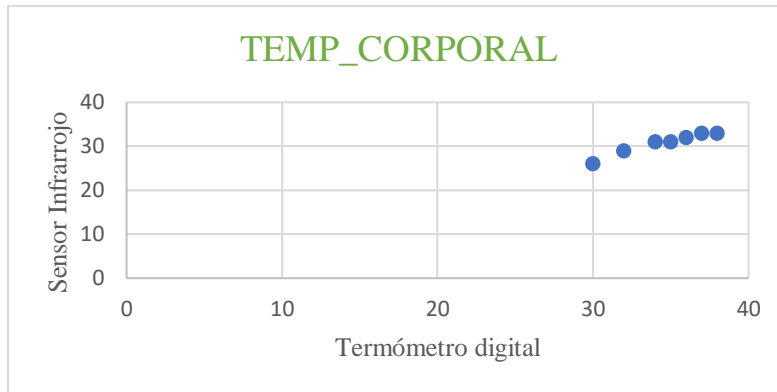
Calibración del sensor infrarrojo

Elaborado por: Autor, 2024

<b>Termómetro digital</b>	<b>Sensor infrarrojo</b>	<b>Factor promedio</b>
36	32	1,125
38	33	1,151515152
32	29	1,103448276
34	31	1,096774194
37	33	1,121212121
30	26	1,153846154
35	31	1,129032258
		<b>1,125832593</b>

Nota: La tabla detalla los dos valores obtenidos y el resultado final del valor promedio, proporcionando así una visión integral de la comparativa.

En la Figura 18 de dispersión se confirma visualmente que el sensor infrarrojo muestra consistentemente temperaturas corporales más bajas que las temperaturas del termómetro digital, y la dispersión de los puntos refleja la variabilidad en la precisión del sensor en diferentes condiciones de medición.



**Figura 18.** Dispersión de la temperatura corporal

Elaborado por: Autor, 2024

- **Temperatura Ambiente**

En el proceso de calibración, el sensor infrarrojo, que cuenta con un sensor de temperatura ambiente incorporado, ha sido sometido a diversas pruebas mediante una aplicación móvil para medir la temperatura ambiente. Los datos presentados en la (Tabla 9) indican una mejora en su capacidad para proporcionar mediciones más cercanas a la temperatura ambiente, mostrando una reducción en la variabilidad de la precisión.

**Tabla 9.**

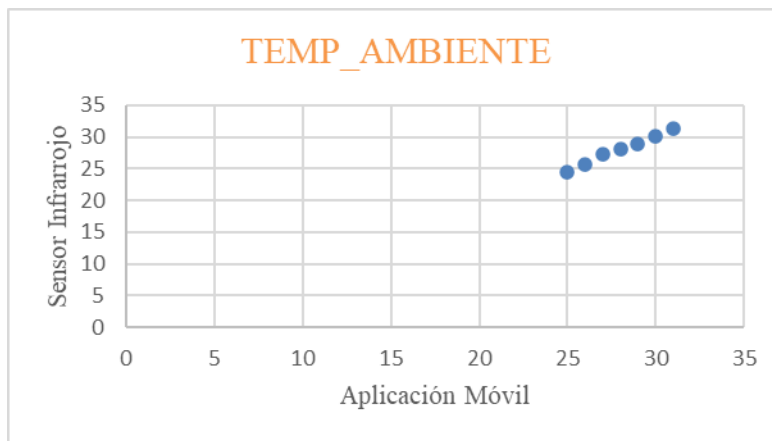
Calibración del sensor infrarrojo mlx90614

Elaborado por: Autor, 2024

Termómetro digital	Sensor infrarrojo	Factor promedio
25	24,5	1,020408163
26	25,6	1,015625
27	27,2	0,992647059
28	28,1	0,996441281
29	28,8	1,006944444
30	30,2	0,993377483
31	31,3	0,990415335
		1,002265538

Nota: La tabla detalla los dos valores obtenidos y el resultado final del valor promedio, proporcionando así una visión integral de la comparativa.

En la representación visual de la Figura 19, se evidencia claramente que los puntos correspondientes a las temperaturas sensadas están alineadas de manera cercana y ascendente en relación con las temperaturas de la aplicación móvil. Esto confirma que, a medida que la temperatura real aumenta, el sensor infrarrojo proporciona mediciones que siguen consistentemente esa tendencia ascendente. La proximidad de los puntos a la línea diagonal subraya una precisión relativa, indicando con certeza que el sensor ofrece mediciones bastante exactas de las temperaturas ambientales.



**Figura 19.** Dispersión de la temperatura ambiente

**Elaborado por:** Autor, 2024

En las figuras 20 y 21, se evidencia el proceso de calibración con respecto a la temperatura ambiente, una vez que el sensor ha sido calibrado con éxito mediante la aplicación móvil.



**Figura 20.** Valores de la temperatura ambiente

Elaborado por: Autor, 2024



**Figura 21.** Comparativa de valores de la temperatura ambiente

Elaborado por: Autor, 2024

- **Frecuencia Cardíaca**

Al examinar los resultados de la frecuencia cardíaca presentados en la (Tabla 10), se constata una subestimación sistemática por parte del sensor. Los valores de frecuencia cardíaca sensados son consistentemente inferiores a los valores del oxímetro del pulso.

**Tabla 10.**

Calibración del sensor max30102

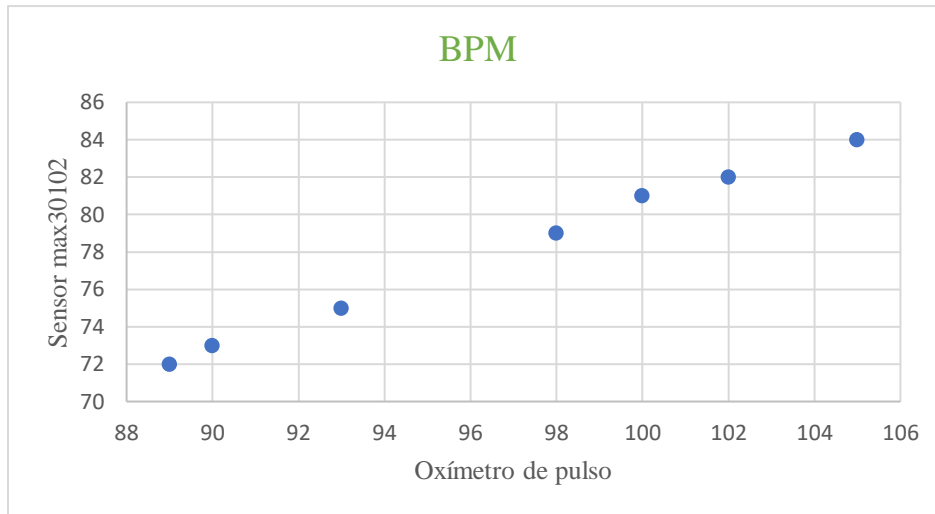
Elaborado por: Autor, 2024

Oxímetro del pulso	Sensor max30102	Factor promedio
93	75	1,24
100	81	1,234567901
105	84	1,25
98	79	1,240506329
90	73	1,232876712
89	72	1,236111111
102	82	1,243902439
		1,239709213

Nota: La tabla detalla los dos valores obtenidos y el resultado final del valor promedio, proporcionando así una visión integral de la comparativa.

La dispersión de los puntos en la Figura 22, confirma inequívocamente que la subestimación por parte del sensor de frecuencia cardíaca no es constante, sino que varía en magnitud en diferentes situaciones. La presencia de variabilidad en la dispersión asegura con certeza que la precisión del sensor no se mantiene constante y puede ser influenciada por diferentes factores como la sensibilidad y la posición del sensor. El proceso de calibración de la frecuencia cardíaca se puede observar detalladamente en los anexos 34 hasta el 38.





**Figura 22.** Dispersión de la frecuencia cardíaca

**Elaborado por:** Autor, 2024

- **Peso**

En el proceso de calibración del módulo de la balanza, que funciona como un amplificador, se ingresaron datos en forma de voltaje y se aplicaron pesas de diferentes valores. Los resultados obtenidos, que relacionan el voltaje sentido con el peso real, se presentan en la (Tabla 11), la correlación observada entre el voltaje sentido y el peso real muestra claramente una tendencia lineal. En este sentido, a medida que el voltaje sentido aumenta, el peso real también incrementa de manera proporcional. Esta relación lineal permite ajustar la calibración del amplificador para mejorar la precisión de las mediciones.

**Tabla 11.**

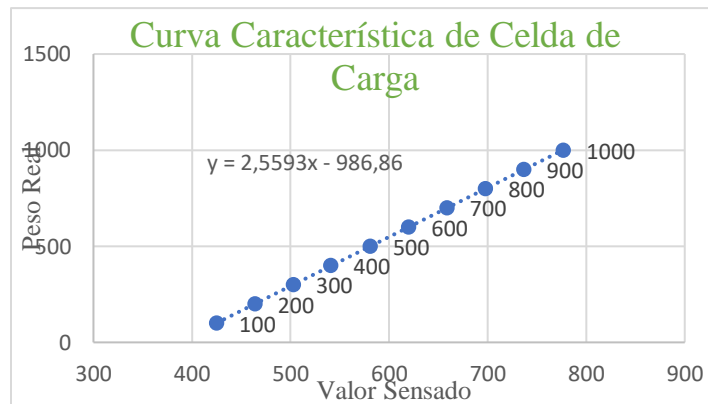
Calibración del sensor de carga

**Elaborado por:** Autor, 2024

VOLTAJE SENSADO	PESO REAL
425	100
464	200
503	300
541	400
581	500
620	600
659	700
698	800
737	900
777	1000

Nota: La tabla detalla los valores medidos

La curva característica ilustrada en la Figura 23, esta representada por la ecuación lineal  $y=2.5593x-986.86$ , se deriva de mediciones directas de voltajes sentidos y pesos reales, esta ecuación sirve como un ajuste de calibración, proporcionando una herramienta para convertir voltajes sentidos en estimaciones precisas de peso.



**Figura 23.** Curva característica de celda de carga

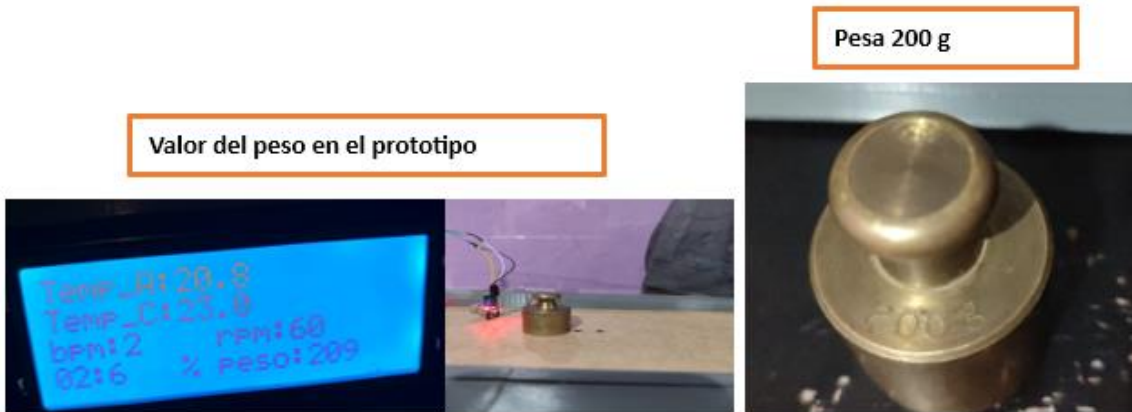
**Elaborado por:** Autor, 2024

En las figuras 24, 25 y 26, se puede visualizar el proceso de calibración del peso mediante el uso de diversas pesas.



**Figura 24.** Pesa con 100 gramos

Elaborado por: Autor, 2024



**Figura 25.** Pesa con 200 gramos

Elaborado por: Autor, 2024



**Figura 26.** Pesa con 1500 gramos

**Elaborado por:** Autor, 2024

## 5.2 Pruebas de ejecución

En el marco de las pruebas de ejecución, se llevaron a cabo 33 encuestas utilizando la plataforma Google Forms, en colaboración con estudiantes de la carrera de Biomedicina de la Universidad Politécnica Salesiana. Estos estudiantes, con una edad promedio de 21 a 24 años y todos en buen estado de salud, participaron activamente en la evaluación del prototipo. A lo largo de este proceso, se aplicaron criterios específicos para valorar la usabilidad, carga del sistema y el desempeño del dispositivo.

Los criterios de evaluación abarcaron aspectos como la accesibilidad del prototipo, el diseño global, la idoneidad y seguridad de los materiales, la usabilidad de la interfaz de usuario en términos de navegación, la claridad y comprensibilidad de la presentación visual de los parámetros fisiológicos, la facilidad de descarga de datos almacenados en la nube y la experiencia general al observar y controlar el prototipo desde ubicaciones remotas. Las encuestas realizadas se pueden observar en los anexos, desde el 1.1 hasta el 1.20.

Esta selección cuidadosa de participantes aseguró que la muestra representara un grupo homogéneo y proporcionara información valiosa sobre la percepción y experiencia de usuarios similares a aquellos que podrían interactuar con el prototipo en entornos clínicos y académicos. Estas pruebas no solo han proporcionado una comprensión completa del rendimiento y eficacia del prototipo, sino que también han permitido identificar áreas cruciales para mejorar la seguridad y la calidad de la atención médica neonatal.

### 5.3 Análisis de resultados

Se realizó una encuesta que consistía en diversas interrogantes., utilizando una escala de calificación del 1 al 5. En esta escala, el valor 1 representó una calificación considerada de nivel bajo o deficiente, mientras que el valor 5 indicó una calificación excelente como se observa en la (Tabla 12). Cada pregunta fue diseñada para obtener evaluaciones cuantitativas que abarcaron desde una percepción negativa hasta una muy positiva, permitiendo así recopilar datos detallados y específicos sobre las distintas dimensiones evaluadas.

**Tabla 12.**

Descripción de niveles de evaluación en la escala de 1 a 5

Elaborado por: Autor, 2024

<b>Escala</b>	<b>Interpretación</b>
1	Nivel Bajo
2	Regular
3	Satisfactorio
4	Alto rendimiento
5	Excelente

Nota: La tabla proporciona una breve guía de interpretación para las puntuaciones en la escala 1-5.

1. En la primera pregunta de la encuesta se planteó: "¿Cómo calificarías la facilidad de uso del prototipo?" Los resultados, reflejados en la Tabla 13, muestran una clara tendencia hacia una percepción positiva de la facilidad de uso entre los participantes. Vale la pena señalar

que no se observaron respuestas asignando las calificaciones de regular o nivel bajo, indicando que ninguno de los participantes consideró que el prototipo fuera difícil de utilizar.

**Tabla 13.**

Resultados de evaluación para la facilidad de uso del prototipo

Elaborado por: Autor, 2024

	RESPUESTAS	Frecuencia	%
5	Excelente	22	67%
4	Alto Rendimiento	7	21%
3	Satisfactorio	4	12%
2	Regular	0	0%
1	Nivel Bajo	0	0%
	<b>TOTAL</b>	<b>33</b>	<b>1</b>

Nota: La tabla detalla los valores obtenidos en la encuesta con su respectivo porcentaje.

En la Figura 27, se muestra el porcentaje que refleja la facilidad de uso del prototipo. Destaca que el 67% de los participantes calificó la experiencia como excelente, el 21% la consideró de alto rendimiento, indicando un nivel considerable de facilidad en el uso del prototipo. En tercer lugar, el 12% evaluó la facilidad de uso como satisfactoria, evidenciando una percepción positiva por parte de este grupo de participantes.

¿Cómo calificarías la facilidad de uso del prototipo?



**Figura 27.** Representación del porcentaje de facilidad de uso del prototipo

**Elaborado por:** Autor, 2024

2. En el análisis de la segunda interrogante del cuestionario, orientada hacia la evaluación de la estructura global del prototipo, se subraya que la mayoría de los encuestados expresó una perspectiva favorable al respecto, como se evidencia en la (Tabla 14).

**Tabla 14.**

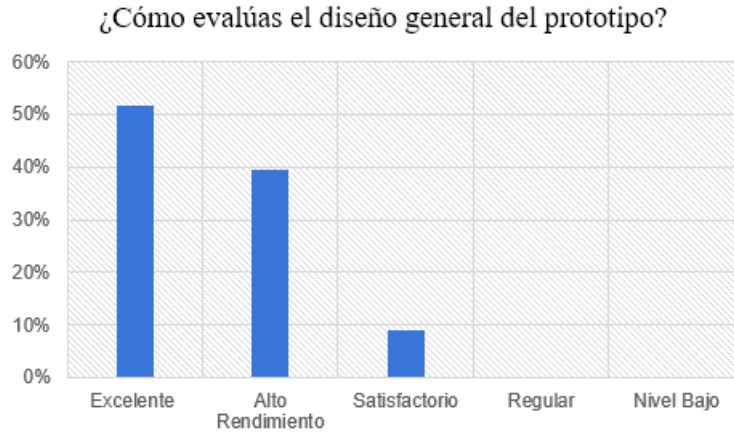
Información del diseño general del prototipo

**Elaborado por:** Autor, 2024

	RESPUESTAS	Frecuencia	%
5	Excelente	17	52%
4	Alto Rendimiento	13	39%
3	Satisfactorio	3	9%
2	Regular	0	0%
1	Nivel Bajo	0	0%
	<b>TOTAL</b>	<b>33</b>	<b>1</b>

Nota: La tabla detalla los valores obtenidos en la encuesta con su respectivo porcentaje.

Se destaca en la Figura 28 que un significativo 52% asignó la calificación de excelente, este resultado sugiere una representación positiva acerca de la calidad y eficacia del diseño, el 39% de los participantes optó por la categoría de alto rendimiento, indicando que el diseño es sólido y eficiente y un 9% evaluó el diseño como satisfactorio, lo que refleja una aceptación del diseño implementado.



**Figura 28.** Diagrama de barra del diseño general del prototipo

Elaborado por: Autor, 2024

- En relación con la tercera pregunta de la encuesta, se indaga en la (Tabla 15) sobre la consideración de si los materiales utilizados son apropiados y seguros para el prototipo.

**Tabla 15.**

Resultados respecto a si los materiales son adecuados y seguros

Elaborado por: Autor, 2024

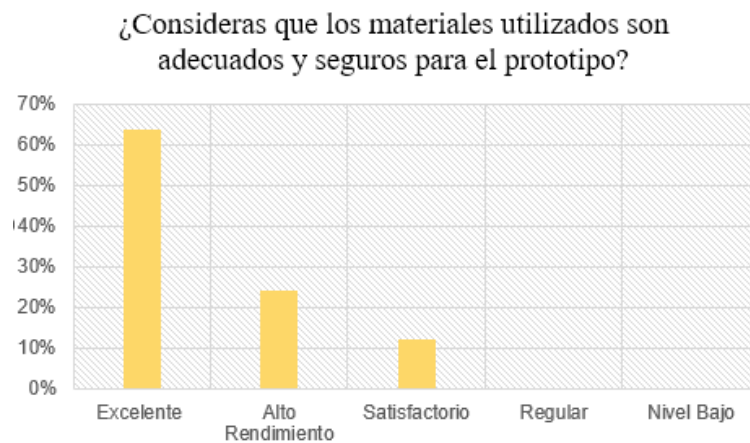
	RESPUESTAS	Frecuencia	%
5	Excelente	21	64%
4	Alto Rendimiento	8	24%
3	Satisfactorio	4	12%
2	Regular	0	0%
1	Nivel Bajo	0	0%
	<b>TOTAL</b>	<b>33</b>	<b>1</b>

Nota: La tabla detalla los valores obtenidos en la encuesta con su respectivo porcentaje.

En la Figura 29 se observa que un significativo 64% se asignó a la categoría excelente, evidenciando un juicio mayoritariamente favorable. Adicionalmente, el 24% seleccionó alto



Rendimiento, lo que refleja una valoración elevada en términos de idoneidad y seguridad de los materiales. Y el restante 12% calificó los materiales como satisfactorios.



**Figura 29.** Materiales adecuados y seguros del prototipo

**Elaborado por:** Autor, 2024

- En la cuarta pregunta de la encuesta, se plantea: "¿Cómo calificarías la interfaz de usuario de la plataforma de Adafruit en términos de facilidad de navegación?" y la información correspondiente se plasma en la (Tabla 16)

**Tabla 16.**

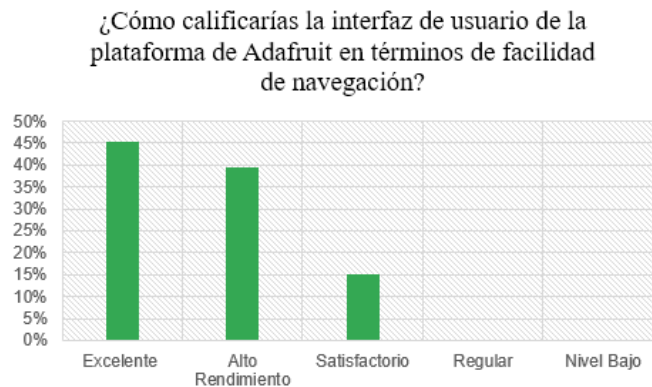
Interfaz de usuario

**Elaborado por:** Autor, 2024

	RESPUESTAS	Frecuencia	%
5	Excelente	15	45%
4	Alto Rendimiento	13	39%
3	Satisfactorio	5	15%
2	Regular	0	0%
1	Nivel Bajo	0	0%
	<b>TOTAL</b>	<b>33</b>	<b>1</b>

Nota: La tabla detalla los valores obtenidos en la encuesta con su respectivo porcentaje.

Se evidencia en la Figura 30 que un destacado 45% otorgó la calificación excelente a la forma de interacción del usuario con la plataforma de Adafruit en términos de facilidad de navegación. Adicionalmente, el 39% la evaluó como alto rendimiento, indicando una apreciación positiva respecto a la eficiencia en la navegación y un 15% la consideró satisfactoria, lo que sugiere que algunos participantes ven margen para mejoras.



**Figura 30.** Diagrama de barras de la interfaz de usuario

**Elaborado por:** Autor, 2024

- En la quinta pregunta de la encuesta, se observa que la atención se dirige hacia la evaluación de la claridad y comprensibilidad de la presentación visual de los parámetros fisiológicos, como se observa en la (Tabla 17)

**Tabla 17.**

Parámetros fisiológicos

**Elaborado por:** Autor, 2024

	RESPUESTAS	Frecuencia	%
5	Excelente	22	67%
4	Alto Rendimiento	8	24%
3	Satisfactorio	3	9%
2	Regular	0	0%
1	Nivel Bajo	0	0%
	<b>TOTAL</b>	<b>33</b>	<b>1</b>

Nota: La tabla detalla los valores obtenidos en la encuesta con su respectivo porcentaje.

Se observa en la Figura 31 que un destacado 67% la calificó como excelente, seguido por un 24% que la evaluó como de alto rendimiento y además, un 9% la consideró satisfactoria, lo que indica la eficacia y comprensibilidad de la presentación visual.



**Figura 31.** Presentación visual de los parámetros fisiológicos

Elaborado por: Autor, 2024

- En la sexta pregunta de la encuesta, se interroga acerca de la facilidad para descargar los datos almacenados en la nube mediante la plataforma de Adafruit. Esta indagación pretende obtener una evaluación sobre la conveniencia y simplicidad que experimenta el encuestado al acceder y recuperar información almacenada en la nube a través de la mencionada plataforma, la información recolectada puede visualizarse en la (Tabla 18)

**Tabla 18.**

Resultados sobre la facilidad de la descarga de datos almacenados

Elaborado por: Autor, 2024

	RESPUESTAS	Frecuencia	%
5	Excelente	18	55%
4	Alto Rendimiento	11	33%
3	Satisfactorio	3	9%
2	Regular	1	3%
1	Nivel Bajo	0	0%
	<b>TOTAL</b>	<b>33</b>	<b>1</b>

Nota: La tabla detalla los valores obtenidos en la encuesta con su respectivo porcentaje

Se observa en la Figura 32 que un significativo 55% evaluó como excelente a la facilidad para descargar datos desde la nube con la plataforma de adafruit, el 33% la consideró de alto rendimiento, el 9% la calificó como satisfactoria y solo un 3% la consideró regular, en resumen, se percibe una facilidad destacada en este proceso según la mayoría de los participantes.



**Figura 32.** Diagrama de barra de los datos almacenados

Elaborado por: Autor, 2024

7. En la séptima pregunta de la encuesta, la interrogante se centra en la experiencia global al visualizar y controlar el prototipo a través de la plataforma de Adafruit desde ubicaciones

remotas. La intención es recabar la evaluación del participante sobre la calidad general de esta experiencia, los datos recopilados se pueden observar en la (Tabla 19)

**Tabla 19.**

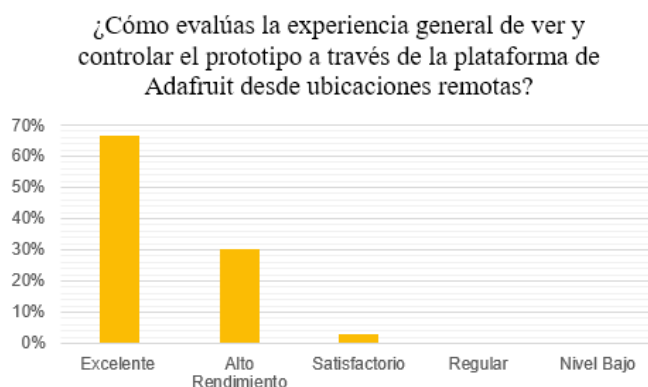
Resultados de la experiencia y control del prototipo

Elaborado por: Autor, 2024

	RESPUESTAS	Frecuencia	%
5	Excelente	22	67%
4	Alto Rendimiento	10	30%
3	Satisfactorio	1	3%
2	Regular	0	0%
1	Nivel Bajo	0	0%
	<b>TOTAL</b>	<b>33</b>	<b>1</b>

Nota: La tabla detalla los valores obtenidos en la encuesta con su respectivo porcentaje.

Se observa en la Figura 33 que un significativo 67% evaluó como excelente la experiencia de controlar el prototipo a través de la plataforma de Adafruit desde ubicaciones remotas. Además, el 30% la consideró de alto rendimiento y solo un 3% la clasificó como satisfactoria, en conclusión a la mayoría de usuarios se les hace una experiencia muy positiva al interactuar remotamente con el prototipo.



**Figura 33.** Experiencia remota

Elaborado por: Autor, 2024

## **6. Conclusiones y Recomendaciones**

### **6.1 Conclusiones**

1. La exitosa integración de la incubadora neonatal con el protocolo HL7 ha resultado en un sistema E-Health innovador. Este sistema permite medir parámetros fisiológicos, visualizar datos en la plataforma Adafruit y su almacenamiento en la nube, brindando acceso remoto a información vital desde cualquier ubicación. Este enfoque ágil no solo facilita la toma de decisiones en emergencias con bebés prematuros, sino que también garantiza la accesibilidad de datos mediante descargas en formatos como CSV o JSON. En conjunto, la arquitectura propuesta satisface con éxito el objetivo de gestionar sistemas biomédicos de manera remota, proporcionando así una herramienta eficiente y práctica para el profesional de la salud.
2. La efectiva integración entre el protocolo HL7 y la monitorización de parámetros fisiológicos neonatales se logró mediante la implementación de interfaces estandarizadas. La selección meticulosa de la versión 2.x de HL7 y el enfoque en cuatro segmentos específicos condujeron a la creación de un mecanismo eficiente, adaptado cuidadosamente al contexto del prototipo. Esta elección no solo garantizó la conformidad con estándares reconocidos, sino que también facilitó una comunicación sin contratiempos con otros sistemas de salud. El impacto positivo de este mecanismo se refleja claramente en una mejora sustancial de la eficiencia en la monitorización neonatal, evidenciando una transmisión de datos más rápida y precisa y cumpliendo plenamente con el segundo objetivo establecido.
3. La ejecución de pruebas exhaustivas, abordando la usabilidad, carga del sistema y funcionamiento, fue esencial para validar la eficacia del prototipo. La evaluación de

sensores con participantes de la carrera de biomedicina, seguida de una calibración exitosa, aseguró mediciones precisas y alineadas con los valores esperados. La encuesta de usabilidad, con respuestas positivas unánimes, confirma de manera contundente la funcionalidad eficaz del sistema. Estas pruebas no solo respaldan la robustez del prototipo, sino que también evidencian mejoras notables desde las etapas iniciales del proyecto hasta su versión final.

## **6.2 Recomendaciones**

1. Se recomienda considerar la suscripción a la versión de pago de la plataforma Adafruit, ya que esto elimina limitaciones en la carga de datos en la nube. Con esta opción, se garantiza una actualización instantánea de los datos, en lugar de la frecuencia cada 20 segundos. Además, al descargar los datos almacenados, se experimentará una velocidad rápida y eficiente, evitando la espera de 10 minutos entre descargas. Esto optimizará la experiencia de uso y permitirá un acceso ágil a la información almacenada.
2. Se sugiere colocar los sensores de manera precisa, considerando que los sensores genéricos utilizados en el prototipo mostraron una sensibilidad elevada y su rendimiento varió según la posición. Para mejorar la consistencia y precisión de las mediciones, se recomienda evaluar la posibilidad de adquirir sensores con menor sensibilidad o ajustar su ubicación de manera cuidadosa. Esta medida contribuirá a obtener lecturas más estables y confiables, optimizando así el desempeño del sistema en el monitoreo de parámetros fisiológicos neonatales.

## 7. Referencias Bibliográficas

- (s.f.). Obtenido de <https://io.adafruit.com/Andrea1414/overview>
- (s.f.). Obtenido de <https://docs.ghielectronics.com/software/tinyclr/tutorials/adafruit-io.html>
- Arduino*. (2021). Obtenido de [http://ceca.uaeh.edu.mx/informatica/oas\\_final/OA4/led\\_rgb.html](http://ceca.uaeh.edu.mx/informatica/oas_final/OA4/led_rgb.html)
- Campus Sanofi*. (10 de Mayo de 2023). Obtenido de <https://campus.sanofi.es/es/noticias/2020/salud-digital-beneficios-para-paciente-y-profesional>
- Clifton DA, N. K. (2015). Health informatics via machine learning for the clinical management of patients. *Yearbook Med Inform*, 10:38-43.
- Cornelio, O. M., & Wong, D. (2023). HL7 un estándar de interoperabilidad en salud: Revisión sistemática de la. (R. C. Médica, Ed.) *ECIMED*.
- Electronilab*. (s.f.). Obtenido de <https://electronilab.co/tienda/max30100-sensor-de-concentracion-de-oxigeno-y-ritmo-cardiaco/>
- E-Marmolejo, D. R. (2018). *HETPRO*. Obtenido de <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/lm35/>
- En Familia AEP*. (1 de Junio de 2014). Obtenido de <https://enfamilia.aeped.es/edades-etapas/unidad-neonatal>
- En familia AEP*. (1 de Junio de 2014). Obtenido de <https://enfamilia.aeped.es/edades-etapas/unidad-neonatal>
- En Familia AEP*. (1 de Junio de 2014). Obtenido de <https://enfamilia.aeped.es/edades-etapas/unidad-neonatal>
- Europea, C. (2010). *Salud electrónica en América Latina y el Caribe: avances y desafíos*. CEPAL.
- Europea, N. C.-C. (Noviembre de 2010). Salud electrónica en América Latina y el Caribe: avances y desafíos. 189. Obtenido de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/32848-salud-electronica-america-latina-caribe-avances-desafios>
- FIETS. (6 de Mayo de 2023). *Linkedin*. Obtenido de <https://es.linkedin.com/pulse/los-desaf%C3%ADos-de-la-e-salud-en-atenci%C3%B3n-sanitaria-rural-am%C3%A9rica>
- Figuroa, V. (18 de Septiembre de 2018). *Caduceus*. Recuperado el 13 de Enero de 2024, de <https://www.caduceus.es/estandares-hl7-fundamentales/>
- Healthineers, S. (s.f.). Recuperado el 27 de Diciembre de 2023, de [https://www.siemens-healthineers.com/mx/services/it-standards/hl7#:~:text=Health%20Level%20Seven%20\(HL7\)%20es,n%C3%BAmero%20de%20%C3%A1reas%20de%20aplicaci%C3%B3n](https://www.siemens-healthineers.com/mx/services/it-standards/hl7#:~:text=Health%20Level%20Seven%20(HL7)%20es,n%C3%BAmero%20de%20%C3%A1reas%20de%20aplicaci%C3%B3n)
- Healty Children*. (11 de Abril de 2019). Obtenido de <https://www.healthychildren.org/Spanish/ages-stages/baby/preemie/Paginas/caring-for-a-premature-baby.aspx>



Heredia, J. (02 de Marzo de 2018). *tibco*. Obtenido de <https://www.tibco.com/es/reference-center/what-is-hl7-fhir>

*io.adafruit*. (s.f.). Recuperado el Sábado de Enero de 2024, de <https://io.adafruit.com/Andrea1414/overview>

León-Castañeda, C. D. (10 de 17 de 2018). *Gaceta Medica De Mexico*. Obtenido de [https://www.gacetamedicademexico.com/frame\\_esp.php?id=272](https://www.gacetamedicademexico.com/frame_esp.php?id=272)

*Medical*. (20 de Enero de 2018). Obtenido de [https://ar.medical.canon/productos/xray/fluoroscopy/zexira\\_fpd\\_version](https://ar.medical.canon/productos/xray/fluoroscopy/zexira_fpd_version)

*Naylamp Mechatronics*. (s.f.). Recuperado el 27 de Diciembre de 2023, de <https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/330-sensor-de-temperatura-mlx90614.html>

*NAYLAMP MECHATRONICS*. (2023). Obtenido de <https://naylampmechatronics.com/sensores-gas/73-sensor-mq-135-gas-calidad-aire.html>

*OPS*. (s.f.). (2020) Obtenido de Importancia de la Interoperabilidad

Organization, W. H. (2010). Geneva: World Health Organization.

Organization, W. H. (2010). *Atlas eHealth country profiles: based on the findings of the second global survey on eHealth. (Global Observatory for eHealth Series, 1)*. Geneva: World Health Organization.

Pais, M. J. (2019). Mapeamientos de HL7-v2. 110.

Pardell, X. (s.f.). *Pardell-Estandar HL7*. Recuperado el 20 de Enero de 2024, de <https://www.pardell.es/el-estandar-hl7.html>

Raghupathu W, R. V. (Health Inf Sci Syst). *Big data analytics in healthcare: promise and potential*. 2014: 2:3.

*Raspberry Pi*. (s.f.). Obtenido de <https://www.raspberrypi.com/documentation/microcontrollers/raspberry-pi-pico.html>

Silva, F. D., & Núñez, G. (2021). *Repositorio Cepal*. Obtenido de <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/0c2536f0-bacc-491b-81ff-330298b959f2/content>

*TEKmicro*. (2023). Obtenido de <https://tecmikro.com/led-lcd/182-pantalla-lcd-20x4.html>

TojLab. (2020). *Electrónica Tettsa*. Recuperado el 22 de Noviembre de 2023, de <https://tienda.tettsa.gt/producto/sensor-de-peso-hx711-con-celda-de-20kg/>

UAEH. (2021). Obtenido de [http://ceca.uaeh.edu.mx/informatica/oas\\_final/OA4/buzzer.html](http://ceca.uaeh.edu.mx/informatica/oas_final/OA4/buzzer.html)

UAEH. (2021). *Arduino*. Obtenido de [http://ceca.uaeh.edu.mx/informatica/oas\\_final/OA4/mdulo\\_rel.html](http://ceca.uaeh.edu.mx/informatica/oas_final/OA4/mdulo_rel.html)

Vasallo, Castillón, & Roman. (2018). *Biblioteca Virtual*. Obtenido de <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-961332>

## 8. Anexos

### Anexo 1

Pruebas de ejecución del prototipo.

<b>Persona 1</b>	<b>Pruebas de ejecución del prototipo</b>				
Descripción	Puntaje				
<b>Preguntas</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
¿Cómo calificarías la facilidad de uso del prototipo?					x
¿Cómo evalúas el diseño general del prototipo?					x
¿Consideras que los materiales utilizados son					x
¿Cómo calificarías la interfaz de usuario de la plataforma de Adafruit en términos de facilidad de navegación?					x
¿Consideras que la presentación visual de los parámetros fisiológicos es clara y comprensible?					x
¿Cómo calificarías la facilidad para descargar los datos almacenados en la nube de la plataforma de Adafruit?					x
¿Cómo evalúas la experiencia general de ver y controlar el prototipo a través de la plataforma de Adafruit desde ubicaciones remotas?					x

## Anexo 2.

Pruebas de ejecución del prototipo.

Persona 2	Pruebas de ejecución del prototipo				
Descripción	Puntaje				
Preguntas	1	2	3	4	5
¿Cómo calificarías la facilidad de uso del prototipo?				x	
¿Cómo evalúas el diseño general del prototipo?					x
¿Consideras que los materiales utilizados son				x	
¿Cómo calificarías la interfaz de usuario de la plataforma de Adafruit en términos de facilidad de navegación?					x
¿Consideras que la presentación visual de los parámetros fisiológicos es clara y comprensible?				x	
¿Cómo calificarías la facilidad para descargar los datos almacenados en la nube de la plataforma de Adafruit?					x
¿Cómo evalúas la experiencia general de ver y controlar el prototipo a través de la plataforma de Adafruit desde ubicaciones remotas?					x

### Anexo 3.

Pruebas de ejecución del prototipo.

<b>Persona 3</b>	<b>Pruebas de ejecución del prototipo</b>				
Descripción	Puntaje				
Preguntas	1	2	3	4	5
¿Cómo calificarías la facilidad de uso del prototipo?					x
¿Cómo evalúas el diseño general del prototipo?					x
¿Consideras que los materiales utilizados son					x
¿Cómo calificarías la interfaz de usuario de la plataforma de Adafruit en términos de facilidad de navegación?					x
¿Consideras que la presentación visual de los parámetros fisiológicos es clara y comprensible?					x
¿Cómo calificarías la facilidad para descargar los datos almacenados en la nube de la plataforma de Adafruit?					x
¿Cómo evalúas la experiencia general de ver y controlar el prototipo a través de la plataforma de Adafruit desde ubicaciones remotas?					x

**Anexo 4.**

Pruebas de ejecución del prototipo.

<b>Persona 4</b>	<b>Pruebas de ejecución del prototipo</b>				
Descripción	Puntaje				
Preguntas	1	2	3	4	5
¿Cómo calificarías la facilidad de uso del prototipo?			x		
¿Cómo evalúas el diseño general del prototipo?			x		
¿Consideras que los materiales utilizados son			x		
¿Cómo calificarías la interfaz de usuario de la plataforma de Adafruit en términos de facilidad de navegación?			x		
¿Consideras que la presentación visual de los parámetros fisiológicos es clara y comprensible?				x	
¿Cómo calificarías la facilidad para descargar los datos almacenados en la nube de la plataforma de Adafruit?				x	
¿Cómo evalúas la experiencia general de ver y controlar el prototipo a través de la plataforma de Adafruit desde ubicaciones remotas?				x	

## Anexo 5.

Pruebas de ejecución del prototipo.

Persona 5	Pruebas de ejecución del prototipo				
Descripción	Puntaje				
Preguntas	1	2	3	4	5
¿Cómo calificarías la facilidad de uso del prototipo?					x
¿Cómo evalúas el diseño general del prototipo?					x
¿Consideras que los materiales utilizados son					x
¿Cómo calificarías la interfaz de usuario de la plataforma de Adafruit en términos de facilidad de navegación?				x	
¿Consideras que la presentación visual de los parámetros fisiológicos es clara y comprensible?					x
¿Cómo calificarías la facilidad para descargar los datos almacenados en la nube de la plataforma de Adafruit?					x
¿Cómo evalúas la experiencia general de ver y controlar el prototipo a través de la plataforma de Adafruit desde ubicaciones remotas?					x

**Anexo 6.**

Pruebas de ejecución del prototipo.

<b>Persona 6</b>	<b>Pruebas de ejecución del prototipo</b>				
Descripción	Puntaje				
Preguntas	1	2	3	4	5
¿Cómo calificarías la facilidad de uso del prototipo?					x
¿Cómo evalúas el diseño general del prototipo?				x	
¿Consideras que los materiales utilizados son					x
¿Cómo calificarías la interfaz de usuario de la plataforma de Adafruit en términos de facilidad de navegación?					x
¿Consideras que la presentación visual de los parámetros fisiológicos es clara y comprensible?				x	
¿Cómo calificarías la facilidad para descargar los datos almacenados en la nube de la plataforma de Adafruit?				x	
¿Cómo evalúas la experiencia general de ver y controlar el prototipo a través de la plataforma de Adafruit desde ubicaciones remotas?					x

**Anexo 7.**

Pruebas de ejecución del prototipo.

<b>Persona 7</b>	<b>Pruebas de ejecución del prototipo</b>				
Descripción	Puntaje				
Preguntas	1	2	3	4	5
¿Cómo calificarías la facilidad de uso del prototipo?				x	
¿Cómo evalúas el diseño general del prototipo?			x		
¿Consideras que los materiales utilizados son			x		
¿Cómo calificarías la interfaz de usuario de la plataforma de Adafruit en términos de facilidad de navegación?				x	
¿Consideras que la presentación visual de los parámetros fisiológicos es clara y comprensible?					x
¿Cómo calificarías la facilidad para descargar los datos almacenados en la nube de la plataforma de Adafruit?				x	
¿Cómo evalúas la experiencia general de ver y controlar el prototipo a través de la plataforma de Adafruit desde ubicaciones remotas?					x



## Anexo 8.

Pruebas de ejecución del prototipo.

Persona 8	Pruebas de ejecución del prototipo				
Descripción	Puntaje				
Preguntas	1	2	3	4	5
¿Cómo calificarías la facilidad de uso del prototipo?					x
¿Cómo evalúas el diseño general del prototipo?					x
¿Consideras que los materiales utilizados son					x
¿Cómo calificarías la interfaz de usuario de la plataforma de Adafruit en términos de facilidad de navegación?					x
¿Consideras que la presentación visual de los parámetros fisiológicos es clara y comprensible?					x
¿Cómo calificarías la facilidad para descargar los datos almacenados en la nube de la plataforma de Adafruit?					x
¿Cómo evalúas la experiencia general de ver y controlar el prototipo a través de la plataforma de Adafruit desde ubicaciones remotas?					x

**Anexo 9.**

Pruebas de ejecución del prototipo.

<b>Persona 9</b>	<b>Pruebas de ejecución del prototipo</b>				
Descripción	Puntaje				
Preguntas	1	2	3	4	5
¿Cómo calificarías la facilidad de uso del prototipo?					x
¿Cómo evalúas el diseño general del prototipo?					x
¿Consideras que los materiales utilizados son					x
¿Cómo calificarías la interfaz de usuario de la plataforma de Adafruit en términos de facilidad de navegación?				x	
¿Consideras que la presentación visual de los parámetros fisiológicos es clara y comprensible?					x
¿Cómo calificarías la facilidad para descargar los datos almacenados en la nube de la plataforma de Adafruit?					x
¿Cómo evalúas la experiencia general de ver y controlar el prototipo a través de la plataforma de Adafruit desde ubicaciones remotas?				x	

**Anexo 10.**

Pruebas de ejecución del prototipo.

<b>Persona 10</b>	<b>Pruebas de ejecución del prototipo</b>				
Descripción	Puntaje				
Preguntas	1	2	3	4	5
¿Cómo calificarías la facilidad de uso del prototipo?					x
¿Cómo evalúas el diseño general del prototipo?			x		
¿Consideras que los materiales utilizados son			x		
¿Cómo calificarías la interfaz de usuario de la plataforma de Adafruit en términos de facilidad de navegación?				x	
¿Consideras que la presentación visual de los parámetros fisiológicos es clara y comprensible?					x
¿Cómo calificarías la facilidad para descargar los datos almacenados en la nube de la plataforma de Adafruit?					x
¿Cómo evalúas la experiencia general de ver y controlar el prototipo a través de la plataforma de Adafruit desde ubicaciones remotas?				x	

**Anexo 11.**

Pruebas de ejecución del prototipo.

<b>Persona 11</b>	<b>Pruebas de ejecución del prototipo</b>				
Descripción	Puntaje				
Preguntas	1	2	3	4	5
¿Cómo calificarías la facilidad de uso del prototipo?				x	
¿Cómo evalúas el diseño general del prototipo?					x
¿Consideras que los materiales utilizados son					x
¿Cómo calificarías la interfaz de usuario de la plataforma de Adafruit en términos de facilidad de navegación?					x
¿Consideras que la presentación visual de los parámetros fisiológicos es clara y comprensible?				x	
¿Cómo calificarías la facilidad para descargar los datos almacenados en la nube de la plataforma de Adafruit?					x
¿Cómo evalúas la experiencia general de ver y controlar el prototipo a través de la plataforma de Adafruit desde ubicaciones remotas?					x

**Anexo 12.**

Pruebas de ejecución del prototipo.

<b>Persona 12</b>	<b>Pruebas de ejecución del prototipo</b>				
Descripción	Puntaje				
<b>Preguntas</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
¿Cómo calificarías la facilidad de uso del prototipo?				x	
¿Cómo evalúas el diseño general del prototipo?				x	
¿Consideras que los materiales utilizados son				x	
¿Cómo calificarías la interfaz de usuario de la plataforma de Adafruit en términos de facilidad de navegación?				x	
¿Consideras que la presentación visual de los parámetros fisiológicos es clara y comprensible?				x	
¿Cómo calificarías la facilidad para descargar los datos almacenados en la nube de la plataforma de Adafruit?				x	
¿Cómo evalúas la experiencia general de ver y controlar el prototipo a través de la plataforma de Adafruit desde ubicaciones remotas?				x	

**Anexo 13.**

Pruebas de ejecución del prototipo.

<b>Persona 13</b>	<b>Pruebas de ejecución del prototipo</b>				
Descripción	Puntaje				
Preguntas	1	2	3	4	5
¿Cómo calificarías la facilidad de uso del prototipo?					x
¿Cómo evalúas el diseño general del prototipo?				x	
¿Consideras que los materiales utilizados son					x
¿Cómo calificarías la interfaz de usuario de la plataforma de Adafruit en términos de facilidad de navegación?				x	
¿Consideras que la presentación visual de los parámetros fisiológicos es clara y comprensible?				x	
¿Cómo calificarías la facilidad para descargar los datos almacenados en la nube de la plataforma de Adafruit?				x	
¿Cómo evalúas la experiencia general de ver y controlar el prototipo a través de la plataforma de Adafruit desde ubicaciones remotas?					x

**Anexo 14.**

Pruebas de ejecución del prototipo.

<b>Persona 14</b>	<b>Pruebas de ejecución del prototipo</b>				
Descripción	Puntaje				
Preguntas	1	2	3	4	5
¿Cómo calificarías la facilidad de uso del prototipo?					x
¿Cómo evalúas el diseño general del prototipo?					x
¿Consideras que los materiales utilizados son					x
¿Cómo calificarías la interfaz de usuario de la plataforma de Adafruit en términos de facilidad de navegación?					x
¿Consideras que la presentación visual de los parámetros fisiológicos es clara y comprensible?					x
¿Cómo calificarías la facilidad para descargar los datos almacenados en la nube de la plataforma de Adafruit?					x
¿Cómo evalúas la experiencia general de ver y controlar el prototipo a través de la plataforma de Adafruit desde ubicaciones remotas?					x

**Anexo 15.**

Pruebas de ejecución del prototipo.

<b>Persona 15</b>	<b>Pruebas de ejecución del prototipo</b>				
Descripción	Puntaje				
Preguntas	1	2	3	4	5
¿Cómo calificarías la facilidad de uso del prototipo?				x	
¿Cómo evalúas el diseño general del prototipo?					x
¿Consideras que los materiales utilizados son					x
¿Cómo calificarías la interfaz de usuario de la plataforma de Adafruit en términos de facilidad de navegación?				x	
¿Consideras que la presentación visual de los parámetros fisiológicos es clara y comprensible?					x
¿Cómo calificarías la facilidad para descargar los datos almacenados en la nube de la plataforma de Adafruit?				x	
¿Cómo evalúas la experiencia general de ver y controlar el prototipo a través de la plataforma de Adafruit desde ubicaciones remotas?					x



**Anexo 16.**

Pruebas de ejecución del prototipo.

<b>Persona 16</b>	<b>Pruebas de ejecución del prototipo</b>				
Descripción	Puntaje				
<b>Preguntas</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
¿Cómo calificarías la facilidad de uso del prototipo?					x
¿Cómo evalúas el diseño general del prototipo?					x
¿Consideras que los materiales utilizados son					x
¿Cómo calificarías la interfaz de usuario de la plataforma de Adafruit en términos de facilidad de navegación?					x
¿Consideras que la presentación visual de los parámetros fisiológicos es clara y comprensible?					x
¿Cómo calificarías la facilidad para descargar los datos almacenados en la nube de la plataforma de Adafruit?					x
¿Cómo evalúas la experiencia general de ver y controlar el prototipo a través de la plataforma de Adafruit desde ubicaciones remotas?					x

## Anexo 17.

Pruebas de ejecución del prototipo.

Persona 17	Pruebas de ejecución del prototipo				
Descripción	Puntaje				
Preguntas	1	2	3	4	5
¿Cómo calificarías la facilidad de uso del prototipo?					x
¿Cómo evalúas el diseño general del prototipo?				x	
¿Consideras que los materiales utilizados son				x	
¿Cómo calificarías la interfaz de usuario de la plataforma de Adafruit en términos de facilidad de navegación?				x	
¿Consideras que la presentación visual de los parámetros fisiológicos es clara y comprensible?				x	
¿Cómo calificarías la facilidad para descargar los datos almacenados en la nube de la plataforma de Adafruit?			x		
¿Cómo evalúas la experiencia general de ver y controlar el prototipo a través de la plataforma de Adafruit desde ubicaciones remotas?				x	

## Anexo 18.

Pruebas de ejecución del prototipo.

Persona 18	Pruebas de ejecución del prototipo				
Descripción	Puntaje				
Preguntas	1	2	3	4	5
¿Cómo calificarías la facilidad de uso del prototipo?					x
¿Cómo evalúas el diseño general del prototipo?				x	
¿Consideras que los materiales utilizados son					x
¿Cómo calificarías la interfaz de usuario de la plataforma de Adafruit en términos de facilidad de navegación?				x	
¿Consideras que la presentación visual de los parámetros fisiológicos es clara y comprensible?					x
¿Cómo calificarías la facilidad para descargar los datos almacenados en la nube de la plataforma de Adafruit?				x	
¿Cómo evalúas la experiencia general de ver y controlar el prototipo a través de la plataforma de Adafruit desde ubicaciones remotas?					x

## Anexo 19.

Pruebas de ejecución del prototipo.

Persona 19	Pruebas de ejecución del prototipo				
Descripción	Puntaje				
Preguntas	1	2	3	4	5
¿Cómo calificarías la facilidad de uso del prototipo?			x		
¿Cómo evalúas el diseño general del prototipo?				x	
¿Consideras que los materiales utilizados son			x		
¿Cómo calificarías la interfaz de usuario de la plataforma de Adafruit en términos de facilidad de navegación?					x
¿Consideras que la presentación visual de los parámetros fisiológicos es clara y comprensible?					x
¿Cómo calificarías la facilidad para descargar los datos almacenados en la nube de la plataforma de Adafruit?					x
¿Cómo evalúas la experiencia general de ver y controlar el prototipo a través de la plataforma de Adafruit desde ubicaciones remotas?					x

## Anexo 20.

Pruebas de ejecución del prototipo.

Persona 20	Pruebas de ejecución del prototipo				
Descripción	Puntaje				
Preguntas	1	2	3	4	5
¿Cómo calificarías la facilidad de uso del prototipo?				x	
¿Cómo evalúas el diseño general del prototipo?				x	
¿Consideras que los materiales utilizados son					x
¿Cómo calificarías la interfaz de usuario de la plataforma de Adafruit en términos de facilidad de navegación?				x	
¿Consideras que la presentación visual de los parámetros fisiológicos es clara y comprensible?					x
¿Cómo calificarías la facilidad para descargar los datos almacenados en la nube de la plataforma de Adafruit?				x	
¿Cómo evalúas la experiencia general de ver y controlar el prototipo a través de la plataforma de Adafruit desde ubicaciones remotas?				x	

## Anexo 21.

Pruebas de ejecución del prototipo.

Persona 21	Pruebas de ejecución del prototipo				
Descripción	Puntaje				
Preguntas	1	2	3	4	5
¿Cómo calificarías la facilidad de uso del prototipo?					x
¿Cómo evalúas el diseño general del prototipo?				x	
¿Consideras que los materiales utilizados son					x
¿Cómo calificarías la interfaz de usuario de la plataforma de Adafruit en términos de facilidad de navegación?				x	
¿Consideras que la presentación visual de los parámetros fisiológicos es clara y comprensible?					x
¿Cómo calificarías la facilidad para descargar los datos almacenados en la nube de la plataforma de Adafruit?					x
¿Cómo evalúas la experiencia general de ver y controlar el prototipo a través de la plataforma de Adafruit desde ubicaciones remotas?					x

**Anexo 22.**

Pruebas de ejecución del prototipo.

<b>Persona 22</b>	<b>Pruebas de ejecución del prototipo</b>				
Descripción	Puntaje				
Preguntas	1	2	3	4	5
¿Cómo calificarías la facilidad de uso del prototipo?				x	
¿Cómo evalúas el diseño general del prototipo?				x	
¿Consideras que los materiales utilizados son				x	
¿Cómo calificarías la interfaz de usuario de la plataforma de Adafruit en términos de facilidad de navegación?			x		
¿Consideras que la presentación visual de los parámetros fisiológicos es clara y comprensible?			x		
¿Cómo calificarías la facilidad para descargar los datos almacenados en la nube de la plataforma de Adafruit?		x			
¿Cómo evalúas la experiencia general de ver y controlar el prototipo a través de la plataforma de Adafruit desde ubicaciones remotas?				x	

### Anexo 23.

Pruebas de ejecución del prototipo.

Persona 23	Pruebas de ejecución del prototipo				
Descripción	Puntaje				
Preguntas	1	2	3	4	5
¿Cómo calificarías la facilidad de uso del prototipo?			x		
¿Cómo evalúas el diseño general del prototipo?				x	
¿Consideras que los materiales utilizados son				x	
¿Cómo calificarías la interfaz de usuario de la plataforma de Adafruit en términos de facilidad de navegación?				x	
¿Consideras que la presentación visual de los parámetros fisiológicos es clara y comprensible?				x	
¿Cómo calificarías la facilidad para descargar los datos almacenados en la nube de la plataforma de Adafruit?				x	
¿Cómo evalúas la experiencia general de ver y controlar el prototipo a través de la plataforma de Adafruit desde ubicaciones remotas?				x	



**Anexo 24.**

Pruebas de ejecución del prototipo.

<b>Persona 24</b>	<b>Pruebas de ejecución del prototipo</b>				
Descripción	Puntaje				
Preguntas	1	2	3	4	5
¿Cómo calificarías la facilidad de uso del prototipo?					x
¿Cómo evalúas el diseño general del prototipo?					x
¿Consideras que los materiales utilizados son					x
¿Cómo calificarías la interfaz de usuario de la plataforma de Adafruit en términos de facilidad de navegación?					x
¿Consideras que la presentación visual de los parámetros fisiológicos es clara y comprensible?					x
¿Cómo calificarías la facilidad para descargar los datos almacenados en la nube de la plataforma de Adafruit?					x
¿Cómo evalúas la experiencia general de ver y controlar el prototipo a través de la plataforma de Adafruit desde ubicaciones remotas?					x

## Anexo 25.

Pruebas de ejecución del prototipo.

Persona 25	Pruebas de ejecución del prototipo				
Descripción	Puntaje				
Preguntas	1	2	3	4	5
¿Cómo calificarías la facilidad de uso del prototipo?					x
¿Cómo evalúas el diseño general del prototipo?					x
¿Consideras que los materiales utilizados son					x
¿Cómo calificarías la interfaz de usuario de la plataforma de Adafruit en términos de facilidad de navegación?					x
¿Consideras que la presentación visual de los parámetros fisiológicos es clara y comprensible?					x
¿Cómo calificarías la facilidad para descargar los datos almacenados en la nube de la plataforma de Adafruit?					x
¿Cómo evalúas la experiencia general de ver y controlar el prototipo a través de la plataforma de Adafruit desde ubicaciones remotas?					x

**Anexo 26.**

Pruebas de ejecución del prototipo.

<b>Persona 26</b>	<b>Pruebas de ejecución del prototipo</b>				
Descripción	Puntaje				
<b>Preguntas</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
¿Cómo calificarías la facilidad de uso del prototipo?					x
¿Cómo evalúas el diseño general del prototipo?					x
¿Consideras que los materiales utilizados son					x
¿Cómo calificarías la interfaz de usuario de la plataforma de Adafruit en términos de facilidad de navegación?					x
¿Consideras que la presentación visual de los parámetros fisiológicos es clara y comprensible?					x
¿Cómo calificarías la facilidad para descargar los datos almacenados en la nube de la plataforma de Adafruit?					x
¿Cómo evalúas la experiencia general de ver y controlar el prototipo a través de la plataforma de Adafruit desde ubicaciones remotas?					x

**Anexo 27.**

Pruebas de ejecución del prototipo.

<b>Persona 27</b>	<b>Pruebas de ejecución del prototipo</b>				
Descripción	Puntaje				
Preguntas	1	2	3	4	5
¿Cómo calificarías la facilidad de uso del prototipo?					x
¿Cómo evalúas el diseño general del prototipo?					x
¿Consideras que los materiales utilizados son				x	
¿Cómo calificarías la interfaz de usuario de la plataforma de Adafruit en términos de facilidad de navegación?				x	
¿Consideras que la presentación visual de los parámetros fisiológicos es clara y comprensible?					x
¿Cómo calificarías la facilidad para descargar los datos almacenados en la nube de la plataforma de Adafruit?					x
¿Cómo evalúas la experiencia general de ver y controlar el prototipo a través de la plataforma de Adafruit desde ubicaciones remotas?				x	

**Anexo 28.**

Pruebas de ejecución del prototipo.

<b>Persona 28</b>	<b>Pruebas de ejecución del prototipo</b>				
Descripción	Puntaje				
Preguntas	1	2	3	4	5
¿Cómo calificarías la facilidad de uso del prototipo?					x
¿Cómo evalúas el diseño general del prototipo?				x	
¿Consideras que los materiales utilizados son				x	
¿Cómo calificarías la interfaz de usuario de la plataforma de Adafruit en términos de facilidad de navegación?			x		
¿Consideras que la presentación visual de los parámetros fisiológicos es clara y comprensible?			x		
¿Cómo calificarías la facilidad para descargar los datos almacenados en la nube de la plataforma de Adafruit?			x		
¿Cómo evalúas la experiencia general de ver y controlar el prototipo a través de la plataforma de Adafruit desde ubicaciones remotas?			x		

## Anexo 29.

Pruebas de ejecución del prototipo.

Persona 29	Pruebas de ejecución del prototipo				
Descripción	Puntaje				
Preguntas	1	2	3	4	5
¿Cómo calificarías la facilidad de uso del prototipo?					x
¿Cómo evalúas el diseño general del prototipo?					x
¿Consideras que los materiales utilizados son					x
¿Cómo calificarías la interfaz de usuario de la plataforma de Adafruit en términos de facilidad de navegación?					x
¿Consideras que la presentación visual de los parámetros fisiológicos es clara y comprensible?					x
¿Cómo calificarías la facilidad para descargar los datos almacenados en la nube de la plataforma de Adafruit?					x
¿Cómo evalúas la experiencia general de ver y controlar el prototipo a través de la plataforma de Adafruit desde ubicaciones remotas?					x

**Anexo 30.**

Pruebas de ejecución del prototipo.

<b>Persona 30</b>	<b>Pruebas de ejecución del prototipo</b>				
Descripción	Puntaje				
Preguntas	1	2	3	4	5
¿Cómo calificarías la facilidad de uso del prototipo?					x
¿Cómo evalúas el diseño general del prototipo?				x	
¿Consideras que los materiales utilizados son					x
¿Cómo calificarías la interfaz de usuario de la plataforma de Adafruit en términos de facilidad de navegación?			x		
¿Consideras que la presentación visual de los parámetros fisiológicos es clara y comprensible?			x		
¿Cómo calificarías la facilidad para descargar los datos almacenados en la nube de la plataforma de Adafruit?			x		
¿Cómo evalúas la experiencia general de ver y controlar el prototipo a través de la plataforma de Adafruit desde ubicaciones remotas?					x

**Anexo 31.**

Pruebas de ejecución del prototipo.

<b>Persona 31</b>	<b>Pruebas de ejecución del prototipo</b>				
Descripción	Puntaje				
Preguntas	1	2	3	4	5
¿Cómo calificarías la facilidad de uso del prototipo?			x		
¿Cómo evalúas el diseño general del prototipo?				x	
¿Consideras que los materiales utilizados son				x	
¿Cómo calificarías la interfaz de usuario de la plataforma de Adafruit en términos de facilidad de navegación?			x		
¿Consideras que la presentación visual de los parámetros fisiológicos es clara y comprensible?					x
¿Cómo calificarías la facilidad para descargar los datos almacenados en la nube de la plataforma de Adafruit?				x	
¿Cómo evalúas la experiencia general de ver y controlar el prototipo a través de la plataforma de Adafruit desde ubicaciones remotas?					x



**Anexo 32.**

Pruebas de ejecución del prototipo.

<b>Persona 32</b>	<b>Pruebas de ejecución del prototipo</b>				
Descripción	Puntaje				
Preguntas	1	2	3	4	5
¿Cómo calificarías la facilidad de uso del prototipo?					x
¿Cómo evalúas el diseño general del prototipo?					x
¿Consideras que los materiales utilizados son					x
¿Cómo calificarías la interfaz de usuario de la plataforma de Adafruit en términos de facilidad de navegación?					x
¿Consideras que la presentación visual de los parámetros fisiológicos es clara y comprensible?					x
¿Cómo calificarías la facilidad para descargar los datos almacenados en la nube de la plataforma de Adafruit?					x
¿Cómo evalúas la experiencia general de ver y controlar el prototipo a través de la plataforma de Adafruit desde ubicaciones remotas?					x

**Anexo 33.**

Pruebas de ejecución del prototipo.

<b>Persona 33</b>	<b>Pruebas de ejecución del prototipo</b>				
Descripción	Puntaje				
Preguntas	1	2	3	4	5
¿Cómo calificarías la facilidad de uso del prototipo?					x
¿Cómo evalúas el diseño general del prototipo?					x
¿Consideras que los materiales utilizados son					x
¿Cómo calificarías la interfaz de usuario de la plataforma de Adafruit en términos de facilidad de navegación?					x
¿Consideras que la presentación visual de los parámetros fisiológicos es clara y comprensible?					x
¿Cómo calificarías la facilidad para descargar los datos almacenados en la nube de la plataforma de Adafruit?					x
¿Cómo evalúas la experiencia general de ver y controlar el prototipo a través de la plataforma de Adafruit desde ubicaciones remotas?					x

# Anexo 34.

## Comparación de mediciones

N°	Nombre y Apellido	T. Corporal	Parámetros Fisiológicos				
			Prototipo	Oxigenación (SpO2)	Prototipo	Pulsaciones (bpm)	Prototipo
1	Jonathan Tijon	36	36,2	96	98	58	108
2	Rachel Angulo	36	34,4	97	98	98	99
3	Kevin Alvarez	35,8	36,1	96	98	61	103
4	Natasha Guataca	36	36,5	97	99	58	90
5	Dennilson Guillca	35,7	35,7	96	<del>98</del> 98	81	116
6	Jade Salazar	36,3	36,5	94	99	84	100
7	Andy Ramos	35,6	36	91	98	68	105
8	Miguel Iza	36,3	35,5	97	98	72	103
9	Micaela Cordova	<del>36,3</del> 36,2	35,1	94	98	103	98
10	Mayra Saenz	35,9	35,0	97	98	83	115
11	Jorge Tipanluisa	35,4	35,0	93	88	75	73
12	Karen Arias	35,5	34,1	92	98	80	94
13	Romel Haro	35,5	33	92	98	97	82
14	Emily Rodriguez	35,5	34	96	98	91	100
15	Karolina Garcia	35,7	34,6	95	98	83	101
16	Yadira Tulasig	35,6	34,6	94	98	75	86
17	Emily Davila	35,6	34,2	94	98	68	90
18	Cristian Lozano	35,9	34,6	98	98	66	96
19	Antony Estrada	35,7	35,4	95	98	75	97
20	Lania Arias	35,6	35,7	96	98	75	104
21	Heidi Garcia	35,4	32,9	96	98	71	100
22	Patricia Taipe	35,0	32,5	96	98	82	80
23	Kerly Alarcón	35,3	33,5	95	90	62	98
24	David Calero	35,3	33,4	90	90	70	70
25	Allison Troya	35,4	<del>33,5</del> 34,2	96	<del>98</del> 98	67	<del>98</del> 80
26	Nantao Antkwoash	35,3	33,0	95	98	81	87
27	Vanily Intirava	35,5	32,9	95	98	73	101
28	Esther Macaya	35,7	33	98	98	72	96
29	Lagon Espinosa	<del>35,5</del>	-	-	-	-	-
30	Andre Ortega	35,5	34,3	94	98	92	<del>98</del> 110
31	María Gomez	35,5	34,4	93	98	71	96
32	Montana Vinasola	35,3	33	94	98	102	<del>102</del> 85
33	Anderson Rojas	35,4	32,5	94	98	95	98
34							
35							

## Anexo 35.

### Comparación de mediciones

N°	Nombre y Apellido	T. Corporal	Parámetros Fisiológicos			Pulsaciones (bpm)	Prototipo
			Prototipo	Oxigenación (SpO2)	Prototipo		
1	Pau Sarabia	35,7°C	33,3	93	98	41,6	<del>98</del> 117
2	Raimy Molina	35,7°C	35,8	96	98	94	100
3	Sara Carvajal	36,3°C	34,6	98	98	80	101
4	Alejandra Ramirez	36,4°C	36,2	90	98	70	109
5	Camila Chimbo	35,8°C	36,1	94	98	81	103
6	Estefania Centeno	36°C	36,5	97	98	62	103
7	Dorian Centeno	36,1°C	36,7	93	98	53	87
8	Sebastian Becerra	35,9°C	35,6	95	98	104	97
9	Desly Naranjo	36,1°C	36,12	96	98	88	100
10	Dylan Benalcasar	35,6	34,8	93	98	83	75
11	Edwin Alban	35,7	34,5	94	98	88	95
12	Vladimir Casas	35,3	34,5	93	98	98	95
13	Juan Mackura	35,2	35	97	98	69	86
14	Xavier Cayo	35,4	35,5	92	98	52	76
15	Raony Real	34,5	35,10	93	98	63	96
16	Dilan Meza	35,1	35,7	92	96	90	98
17	Daniel Chicaiza	35,6	36,2	93	98	79	122
18	Lesly Taca	35,6	34,0	100	98	58	89
19	Wendy Bravo	35,3	32,2	95	98	63	85
20	Nancy Cajamarca	35,3	35,1	95	98	76	86
21	Mateo Campaña	35,3	32,7	96	98	74	96
22	David Lagacho	35,4	35,6	96	98	70	118
23	Steven Tejada	35,5	35,0	96	98	70	107
24	Jennifer Tixi	35,5	34,4	97	98	85	80
25	Scarleth Lima	35,5	34	93	98	95	85
26	Samantha Rinco	35,6	34,5	100	96	65	99
27	Yamel Chico	35,4	-	-	-	-	-
28	Nirive Collaguazo	35,5	34,6	93	98	76	95
29	Madeline Flores	35,6	33,8	93	98	40	98
30	Daniel Luvariana	35,5	33,6	96	99	83	84
31	Jean Cotto	35,1	34,5	94	98	93	99
32	Dhelsy Wampash	35,5	34,6	96	98	77	96
33	Yanessa Rosero	35,4	32,3	93	98	86	97
34	Xavier Velasco	36	35,6	96	98	64	90
35							

**Anexo 36.**

Medición de valores con el pulsioxímetro Scanmed



**Anexo 37.**

Valores medidos con el termómetro digital Scanned



**Anexo 38.**

Valores medidos en el prototipo de oxigenación y pulsaciones



**Anexo 39.**

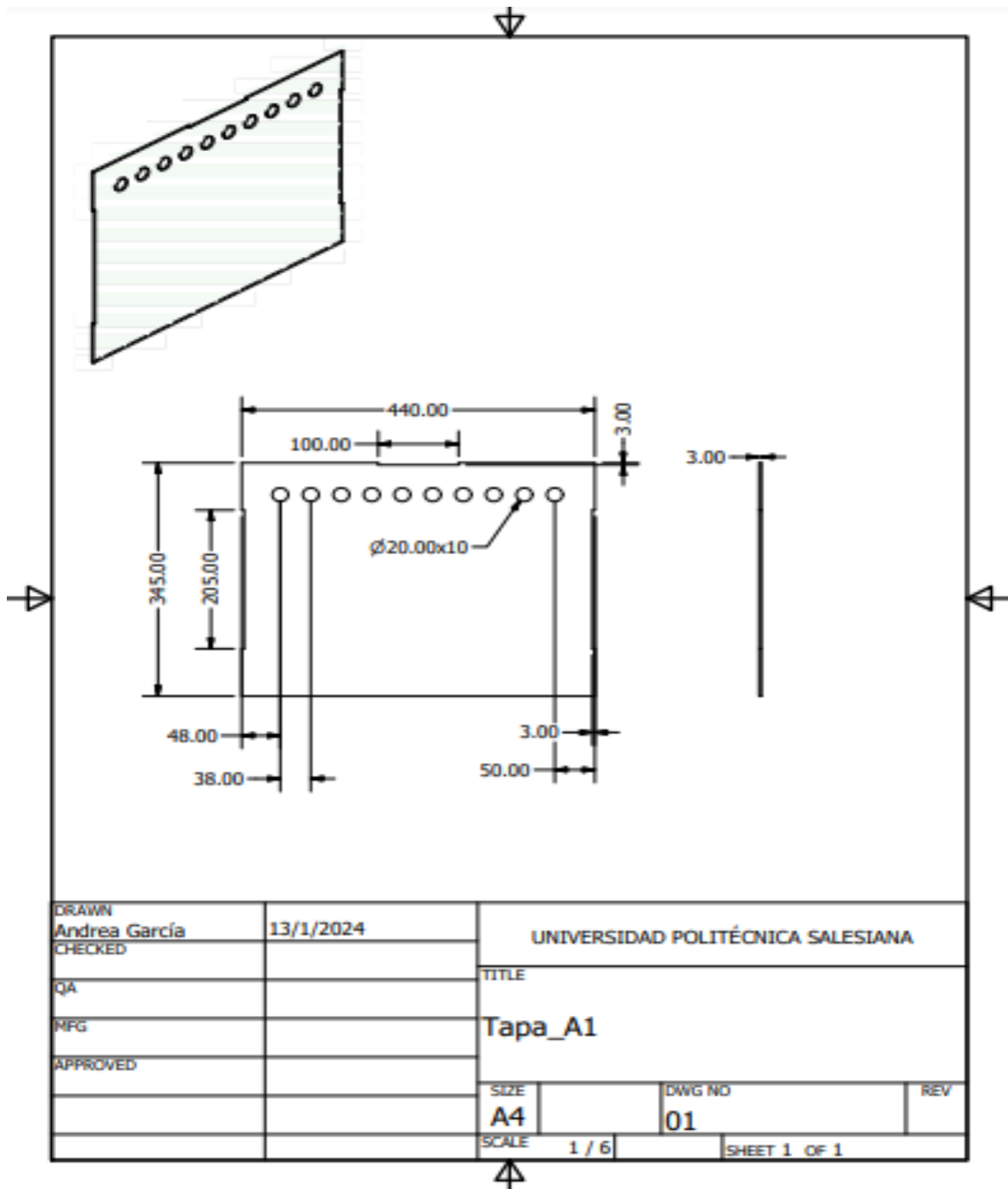
Valores de la temperatura corporal en el prototipo





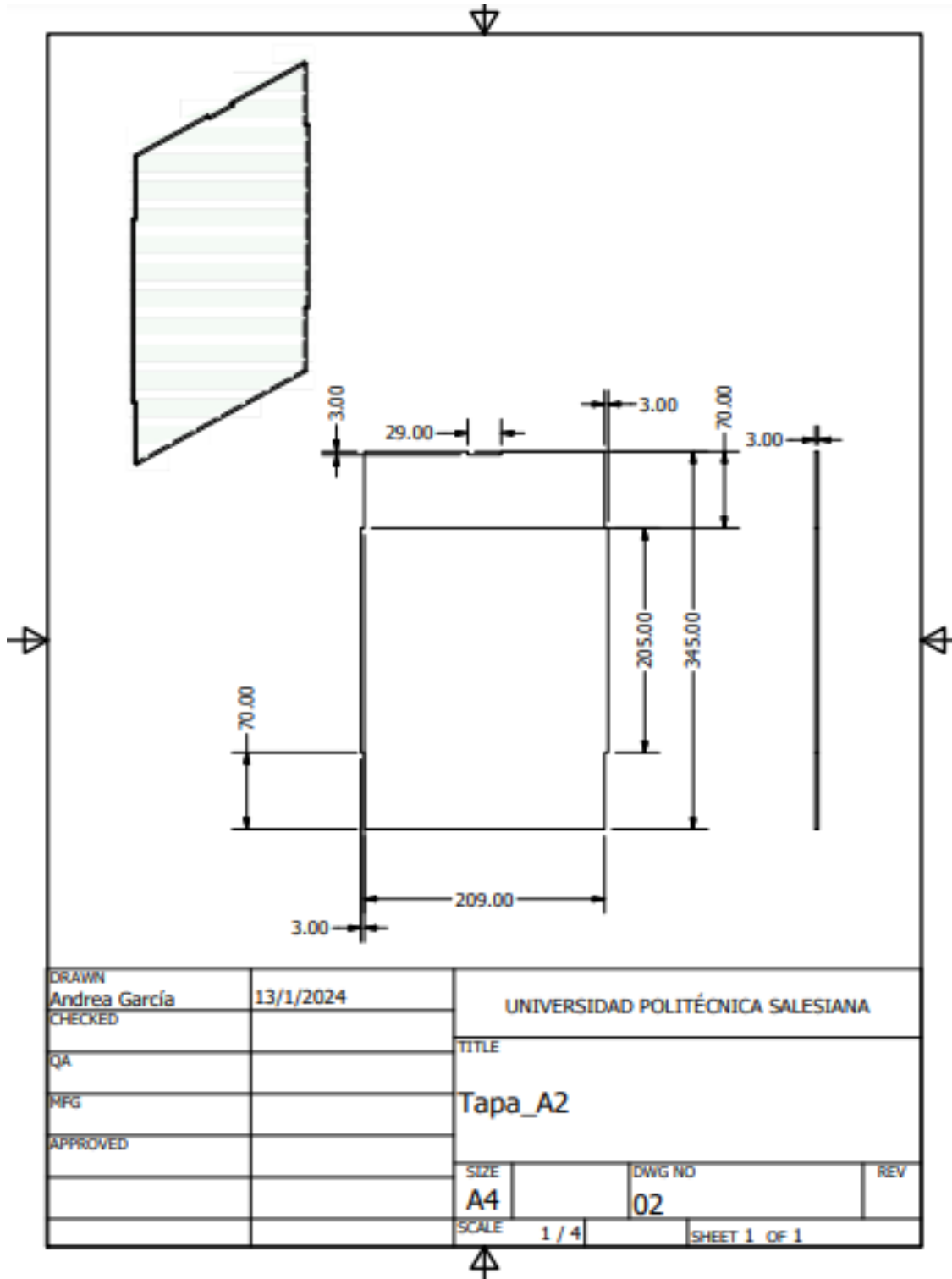
Anexo 40.

Tapa 1 del habitáculo



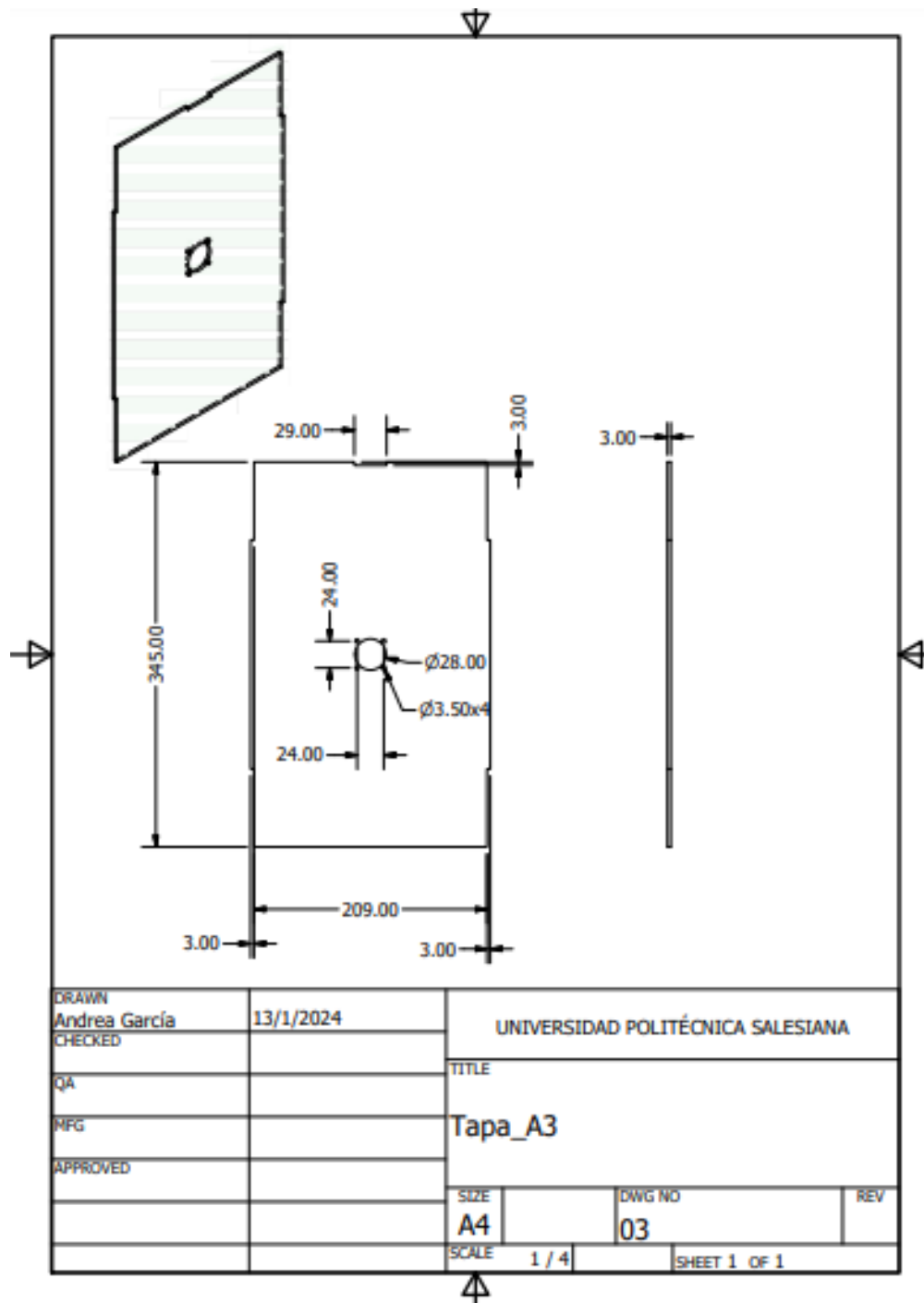
Anexo 41.

Tapa 2 lateral



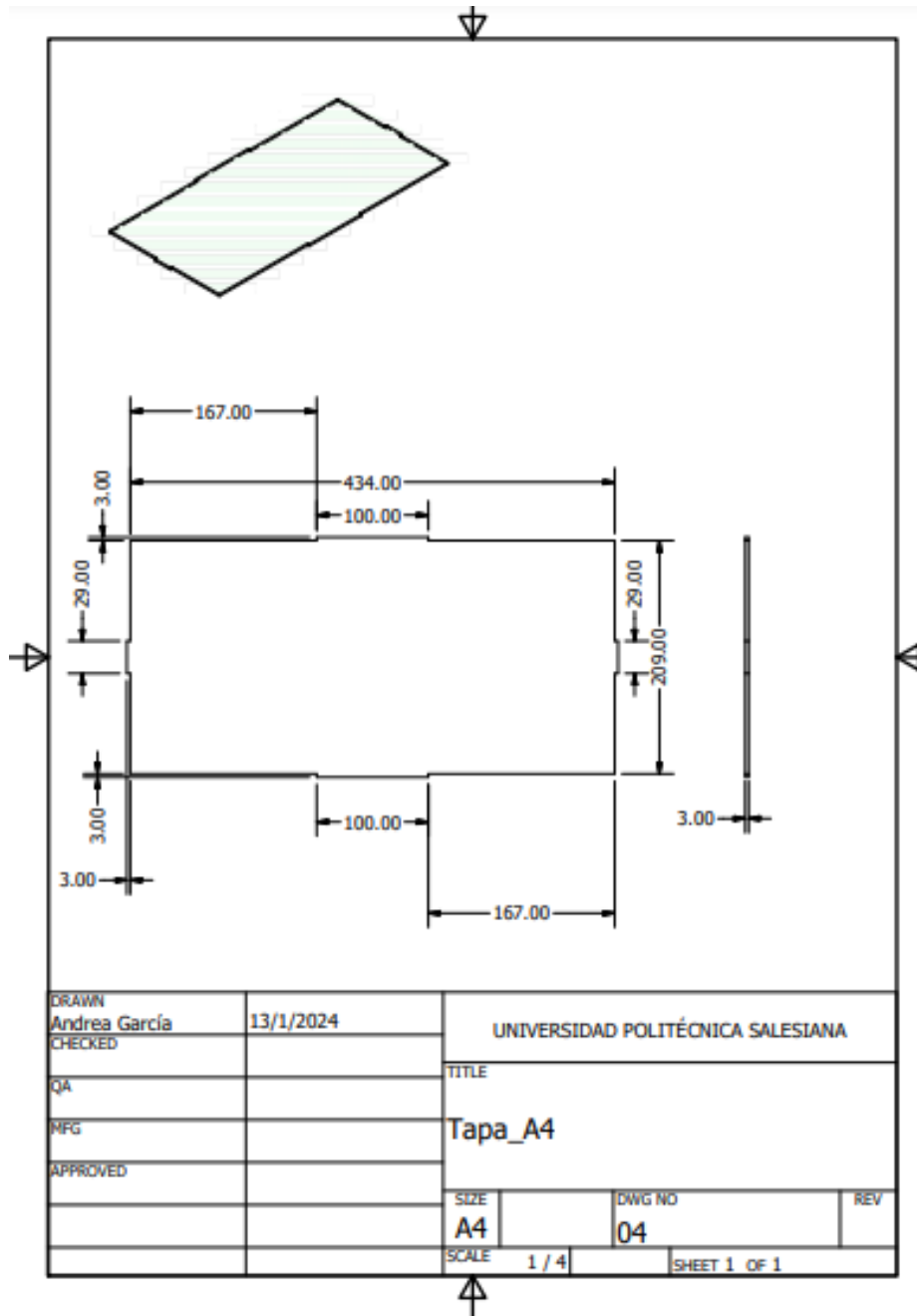
Anexo 42.

Tapa 3 lateral con ventilador



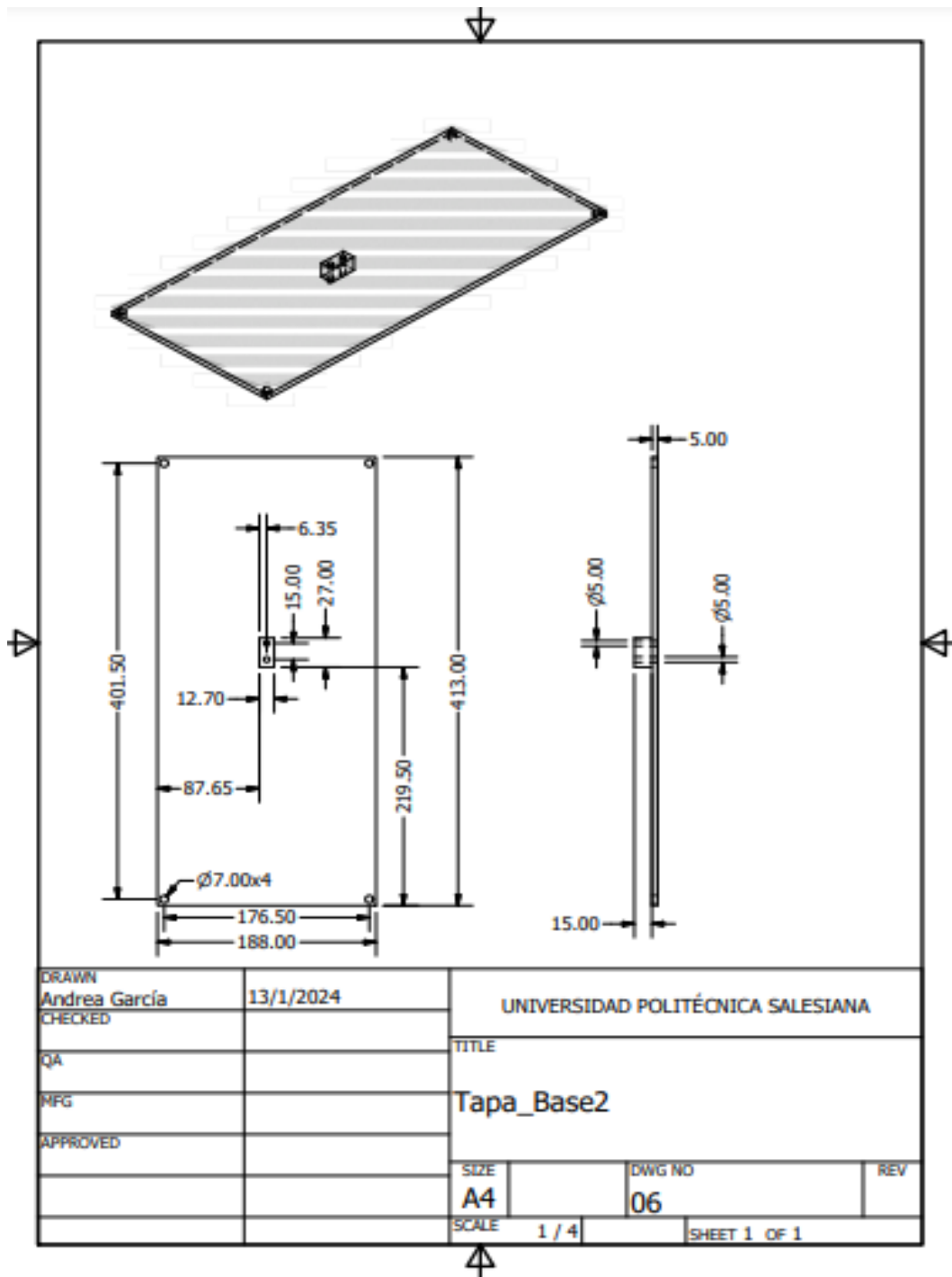
**Anexo 43.**

Tapa 4 para cerrar el habitáculo



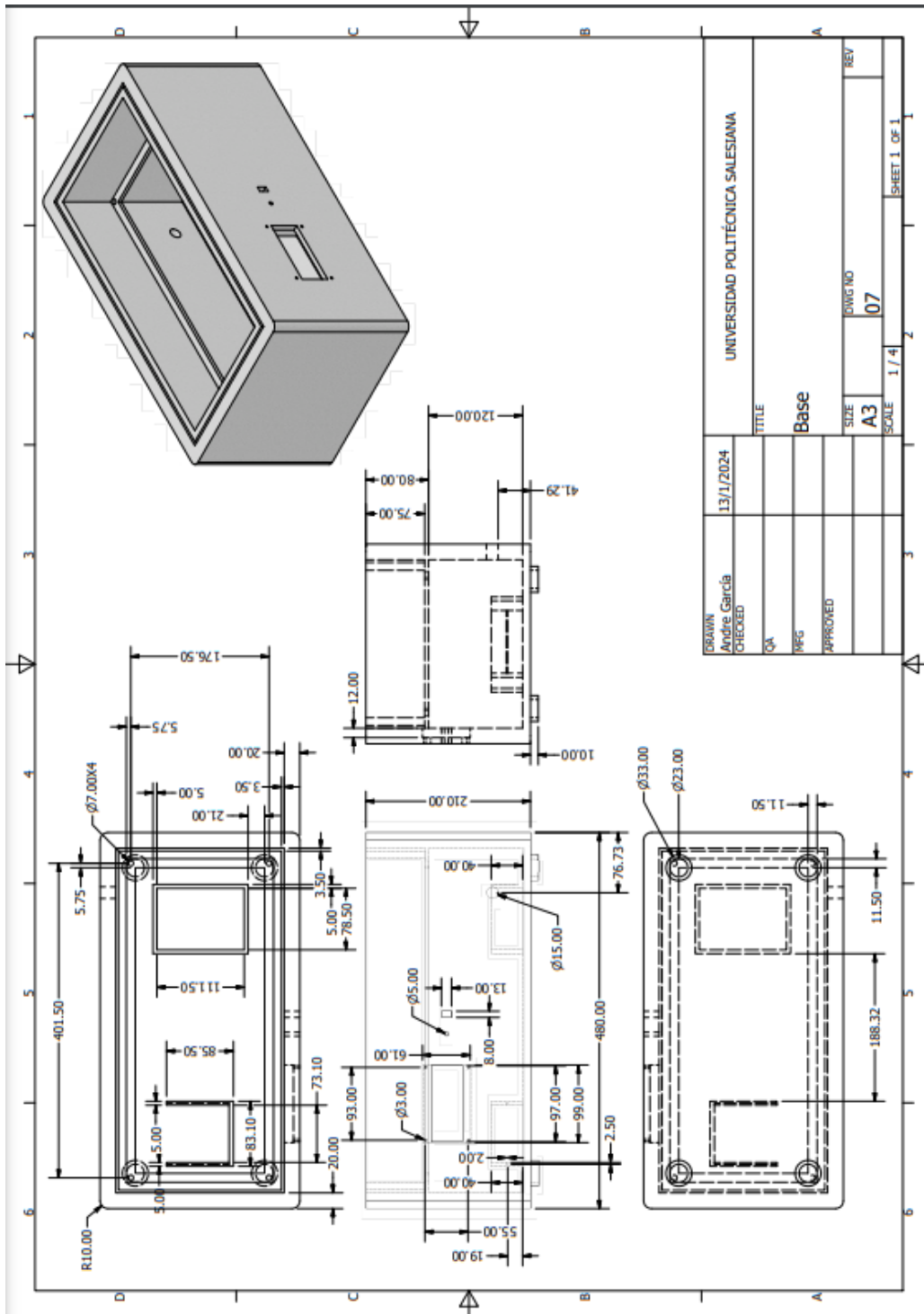
Anexo 44.

Tapa 5 de mdf para cubrir la base



Anexo 45.

Base final



## Anexo 46.

Código final

```
from time import sleep_ms, ticks_ms

from machine import I2C, Pin

from esp8266_i2c_lcd import I2cLcd

import max30100

import mlx90614

from hx711 import HX711

from utime import sleep_us

from picozero import RGBLED

import network

from simple import MQTTClient

from datetime import datetime

import utime

codigo=12345

nombre="Andrea"

apellido="Garcia"

edad=24

def create_temperature_hl7_message(temperature_value,ambiente,peso,ox,bpm,rpm):

    rtc = machine.RTC()

    current_time = rtc.datetime()

    # Formatear la fecha y hora según sea necesario

    formatted_time = "{:04}-{:02}-{:02}".format(*current_time)

    # Utilizar la fecha y hora formateadas en el código HL7

    hl7_message = (
```

```
"MSH|^~\&|SENDER|SENDER_APPLICATION|RECEIVER|RECEIVER_APPLICATION|"
```

```
"{}||ORU^R01|MSGID12345|P|2.5\n"
```

```
"PID||{}^{}^^^Srt.||age_{}||M\n"
```

```
"PV1||I|ICU^1^1|U||A0E|A0E||"
```

```
"{} \n"
```

```
"OBX|1|NM|TMP^Temperature_A||{}|Temp_C||{}|Peso||{}|ox||{}|bpm||{}|rpm||{}^Cel^^^|R||"
```

```
).format(codigo,apellido,nombre,edad, formatted_time,
```

```
temperature_value,ambiente,peso,ox,bpm,rpm)
```

```
return hl7_message
```

```
class Scales(HX711):
```

```
def __init__(self, d_out, pd_sck):
```

```
    super(Scales, self).__init__(d_out, pd_sck)
```

```
    self.offset = 0
```

```
def reset(self):
```

```
    self.power_off()
```

```
    self.power_on()
```

```
def tare(self):
```

```
    self.offset = self.read()
```

```
def raw_value(self):
```

```
    return self.read() - self.offset
```

```
def stable_value(self, reads=10, delay_us=1000):
```

```
    #values = []
```

```
    #for _ in range(reads):
```



```

    # values.append(self.raw_value())

    # sleep_us(delay_us)

#return self._stabilizer(values)

return self.read()

@staticmethod
def _stabilizer(values, deviation=10):
    weights = []

    for prev in values:
        weights.append(sum([1 for current in values if abs(prev - current) / (prev / 100) <=
deviation]))

    return sorted(zip(values, weights), key=lambda x: x[1]).pop()[0]

DEFAULT_I2C_ADDR = 0x27#direccion pantalla
DEFAULT_I2C_ADDR1 = 0x57#direccion max30100

#Select ADC input 0 (GPIO26)

ADC_ConvertedValue = machine.ADC(2)#lectura analogica de sensor de aire

conversion_factor = 3.3 / (65535)

analog_value = machine.ADC(26)

analog_value2 = machine.ADC(27)

temp_max=38

temp_min=34

pin_rele1 = 18

pin_ventilador = Pin(pin_rele1, Pin.OUT)#le decimos a los gpio que se configuren en modo salida

pin_rele2 = 19

pin_foco = Pin(pin_rele2, Pin.OUT)

```

```

boton_izquierda = Pin(10, Pin.IN, Pin.PULL_UP)

pin_buz = Pin(27, Pin.OUT)

def test_main(

    pesoI=0

    envioQ=0

    activador=0

    contador=0

    aux=2500

    bandera=0

    bandera2=0

    iniciador=0

    scales = Scales(d_out=16, pd_sck=17)#inicializo la celda de carga

    i2c = I2C(0,scl=Pin(1), sda=Pin(0), freq=400000)#para max30100

    i2c2 = I2C(1,scl=Pin(3), sda=Pin(2), freq=100000)#para el inflorajo

    lcd = I2cLcd(i2c, DEFAULT_I2C_ADDR, 4, 20)#pantalla

    sensor = max30100.MAX30100(i2c=i2c2)

    sensor2 = mlx90614.MLX90614(i2c=i2c2)

    sensor.enable_spo2()#activar oxigenacion

    sleep_ms(3000)

    rgb = RGBLED(red = 11, green = 12, blue = 13)

    lcd.clear()

    #conexion internet

    wifi_ssid = 'andrea'

    wifi_password = '123456789'

```

```

wlan = network.WLAN(network.STA_IF)

wlan.active(True)

wlan.connect(wifi_ssid, wifi_password)

while wlan.isconnected() == False:

    print('Waiting for connection...')

    lcd.move_to(0, 0)

    lcd.putstr("Conectando...")

    sleep_ms(1000)

print(wlan.ifconfig())

lcd.clear()

lcd.move_to(0, 0)

lcd.putstr("Conexion Exitosa")

mqtt_host="io.adafruit.com"

mqtt_username="Andrea1414"

mqtt_password="aio_eaeR81qmLXDLpB9NjdOMJjR70XY2"

mqtt_publish_topic1="Andrea1414/feeds/temperatura-a"

mqtt_publish_topic2="Andrea1414/feeds/temperatura-corporal"

mqtt_publish_topic5="Andrea1414/feeds/respiracion"

mqtt_publish_topic3="Andrea1414/feeds/pulsaciones"

mqtt_publish_topic6="Andrea1414/feeds/peso"

mqtt_publish_topic4="Andrea1414/feeds/oxigenacion"

mqtt_publish_topic7="Andrea1414/feeds/hl7"

mqtt_client_id="algorandom"

```

```
# Initialize our MQTTClient and connect to the MQTT server
```

```
mqtt_client = MQTTClient(  
    client_id=mqtt_client_id,  
    server=mqtt_host,  
    user=mqtt_username,  
    password=mqtt_password)
```

```
mqtt_client.connect()
```

```
lcd.clear()
```

```
pin_foco.value(1)
```

```
pin_ventilador.value(1)
```

```
peso=0
```

```
prom=0
```

```
tiempo_total=0
```

```
while True:
```

```
    if boton_izquierda.value()==0:
```

```
        if bandera==0:
```

```
            lcd.clear()
```

```
            lcd.move_to(0, 0)
```

```
            lcd.putstr("Ingenieria")
```

```
            lcd.move_to(2, 1)
```

```
            lcd.putstr("Biomedicina")
```

```
            lcd.move_to(4, 2)
```

```
            lcd.putstr("Stand By...")
```

```

lcd.move_to(6, 3)

lcd.putstr("Power On")

rgb.color = (0, 255, 0)

bandera=1

sleep_ms(100)

bandera2=0

while boton_izquierda.value():

    scales.tare()

    val = int(scales.stable_value()/1000)

    print(val)

    if bandera:

        lcd.clear()

    if bandera2==0:

        for i in range(5):

            pesoI=(3.3732*val-936.22)*1.16

            bandera2=1

            tiempo_inicio = utime.ticks_us()

            sleep_ms(100)

        bandera=0

    rgb.color = (0, 0,255 )

    for i in range(5):

        sensor.reset()

        sensor = max30100.MAX30100(i2c=i2c2)

        sensor.set_mode(max30100.MODE_HR)

```

```

sensor.read_sensor()

sensor.set_mode(max30100.MODE_SPO2)

sensor.read_sensor()

ox=int(sensor.red/100)

bp=int(sensor.ir/100)

umbral=ADC_ConvertedValue.read_u16()

sleep_ms(100)

sensor.read_sensor()

ox=int(sensor.red/100)*0.90

bp=int(sensor.ir/100)*1.12

if ox>100:

    ox=98

if sensor2.read_object_temp()*1.12>37 or ox<90:

    pin_buz.value(1)

else:

    pin_buz.value(0)

if iniciador==3:

    if int(sensor2.read_ambient_temp())>=temp_max:

        pin_foco.value(1)

    else:

        pin_foco.value(0)

    if int(sensor2.read_ambient_temp())<=temp_min:

        pin_ventilador.value(1)

    else:

```

```

    pin_ventilador.value(0)

    iniciador=0

AD_value=ADC_ConvertedValue.read_u16()

print("The current Gas AD value = ",AD_value ,"V")

print("umbral:",umbral)

if (AD_value<umbral-40):#calibracion oxigeno

    contador=contador+1;

    activador=1;

    aux=AD_value

if AD_value>aux:

    activador=0

print(contador)

tiempo_fin = utime.ticks_us()

tiempo_total = utime.ticks_diff(tiempo_fin, tiempo_inicio)

# Convierte el tiempo total a segundos

tiempo_total_segundos = tiempo_total / 1000000.0

rpm=contador*60/tiempo_total_segundos

peso=(3.3732*val-936.22)*1.16-pesoI

lcd.move_to(0, 0)

lcd.putstr("Temp_A:")

lcd.move_to(7, 0)

lcd.putstr("%.1f" % sensor2.read_ambient_temp())

lcd.move_to(0, 1)

```

```

lcd.putstr("Temp_C:")
lcd.move_to(7, 1 )
lcd.putstr("%.1f" % (sensor2.read_object_temp()*1.12))
lcd.move_to(0, 2)
lcd.putstr("bpm:")
if bpm<100:
    lcd.move_to(6, 2 )
    lcd.putstr(" ")
    lcd.move_to(4, 2 )
    lcd.putstr("%d" % bpm)
    lcd.move_to(0, 3)
    lcd.putstr("02:")
    lcd.move_to(3 , 3 )
    lcd.putstr("%d " % bpm)
    lcd.move_to(7, 3 )
    lcd.putstr("%")
    lcd.move_to(9,3)
    lcd.putstr("peso:")
if peso<8:
    peso=0
    lcd.move_to(15, 3 )
    lcd.putstr(" ")
    lcd.move_to(16, 3 )
    lcd.putstr(" ")

```



```

lcd.move_to(17, 3 )
lcd.putstr(" ")
lcd.move_to(18, 3 )
lcd.putstr(" ")
lcd.move_to(14, 3 )
lcd.putstr("%d" % peso)
lcd.move_to(9, 2)
lcd.putstr("rpm:")
lcd.move_to(13, 2 )
lcd.putstr("%d" % int(rpmin))

hl7_message =
create_temperature_hl7_message(sensor2.read_ambient_temp(),sensor2.read_object_temp()*1.1
2,peso,ox,bp,int(rpmin))
if envioQ%20==0:

    mqtt_client.publish(mqtt_publish_topic1, str(sensor2.read_ambient_temp()))
    mqtt_client.publish(mqtt_publish_topic2, str(sensor2.read_object_temp()*1.12))
    mqtt_client.publish(mqtt_publish_topic3, str(bp))
    mqtt_client.publish(mqtt_publish_topic4, str(ox))
    mqtt_client.publish(mqtt_publish_topic6, str(peso))
    mqtt_client.publish(mqtt_publish_topic5, str(int(rpmin)))
    rgb.color = (190,101,115)
    print("ENVIO")
    sleep_ms(700)
if envioQ%300==0:

```

```
mqtt_client.publish(mqtt_publish_topic7 , hl7_message)

rgb.color = (90,111,205)

print("ENVIO2")

sleep_ms(700)

envioQ=envioQ+1

iniciador=iniciador

if __name__ == "__main__":

    test_main()
```