



**Diseño e implementación de un prototipo de estación de triaje IoT para la toma de signos vitales con potencial aplicación en pacientes pediátricos oncológicos**

Proaño Terán, Mateo Josué y Valencia Maldonado, Santiago David

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería en Mecatrónica

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica

Ing. De la Cruz Guevara, Danni Rodrigo

14 de julio de 2023



## Tesis\_Proano\_Valencia\_RevFinal\_CI.pdf

### Scan details

Scan time:  
July 19th, 2023 at 21:55 UTC

Total Pages:  
132

Total Words:  
32865

### Plagiarism Detection

6.4%

Types of plagiarism		Words
Identical	2.2%	726
Minor Changes	1.1%	373
Paraphrased	3%	1000
Omitted Words	0%	0

### AI Content Detection

N/A

Text coverage  
 AI text  
 Human text

### 🔍 Plagiarism Results: (74)

- 🌐 (PDF) Referencias de peso, estatura e índice de mas... 0.7%  
[https://www.researchgate.net/publication/339630704\\_refere...](https://www.researchgate.net/publication/339630704_refere...)  
 Wilmer Tarupí  
 ArticlePDF AvailableReferencias de peso, estatura e índice de masa corporal para niñas y niños ecuatorianos de 5 a 19 años de edad M...
- 
- 🌐 Ecuador\_Ruta\_Atencion\_paciente\_pediatrico.pdf.pdf 0.6%  
[https://www.unicef.org/ecuador/media/4726/file/ecuador\\_ru...](https://www.unicef.org/ecuador/media/4726/file/ecuador_ru...)  
 Triaje y Ruta de Atención del PACIENTE PEDIÁTRICO en la pandemia COVID-19 ROL DE LOS HOSPITALES DE SEGUNDO NIVEL Autor Dr. Byron Orland...
- 
- 🌐 Tablas de Crecimiento Ecuador | PDF | Índice de ma... 0.5%  
<https://www.scribd.com/document/566971934/tablas-de-cre...>  
 Tablas de Crecimiento Ecuador Uploaded by Issu Guanabanizu 0 ratings0% found this document useful (0 votes) 36 views 1...





**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica**  
**Carrera de Ingeniería en Mecatrónica**

**Certificación**

Certifico que el trabajo de titulación, "Diseño e implementación de un prototipo de estación de triaje IoT para la toma de signos vitales con potencial aplicación en pacientes pediátricos oncológicos" fue realizado por los señores Proaño Terán Mateo Josué y Valencia Maldonado Santiago David; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenido; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

**Sangolquí, 14 de julio de 2023**



**Ing. De la Cruz Guevara, Danni Rodrigo**

C.C.: 1712550308



**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica**  
**Carrera de Ingeniería en Mecatrónica**

**Responsabilidad de Autoría**

Nosotros, **Proaño Terán Mateo Josué** y **Valencia Maldonado Santiago David**, con cédulas de ciudadanía N° 1723151005 y N° 1003680129, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Diseño e implementación de un prototipo de estación de triaje IoT para la toma de signos vitales con potencial aplicación en pacientes pediátricos oncológicos** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

**Sangolquí, 14 de julio de 2023**

.....  
**Proaño Terán Mateo Josué**

C.C.: 1723151005

.....  
**Valencia Maldonado Santiago David**

C.C.: 1003680129



**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica**  
**Carrera de Ingeniería en Mecatrónica**

**Autorización de Publicación**

Nosotros, **Proaño Terán Mateo Josué** y **Valencia Maldonado Santiago David**, con cédulas de ciudadanía N° 1723151005 y N° 1003680129, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Diseño e implementación de un prototipo de estación de triaje IoT para la toma de signos vitales con potencial aplicación en pacientes pediátricos oncológicos** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

**Sangolquí, 14 de julio de 2023**

**Proaño Terán Mateo Josué**

C.C.: 1723151005

**Valencia Maldonado Santiago David**

C.C.: 1003680129

## Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis abuelos, que no pudieron estar, pero que siempre están. A mis abuelas que siempre me han demostrado su amor de madre y han estado en cada paso de mi vida.

A mi familia, mi motor y mi luz.

A mis amigos, mi fuerza y mi soporte.

A mi Emilita < 3

Mateo Josué Proaño Terán

Mi trabajo de titulación se lo dedico a mis padres Laura y Galo, a mis hermanos Alex Sophy, Mateo y Dome, a mis tíos Tavito y Lucy, a mis abuelitos Jorge y Laura, a mi fiel compañero Jack y a toda mi familia y amigos que han estado presentes a lo largo de mi vida y han sabido apoyarme en los buenos y malos momentos.

Santiago David Valencia Maldonado

## **Agradecimiento**

A Dios, por llevarme de la mano a alcanzar cada pequeño logro en mi vida.

A mis padres, por su guía y apoyo incondicional, por su esfuerzo y su preocupación, por su amor y su paciencia, por enseñarme que a pesar de los contratiempos siempre es posible seguir adelante, por hacerme entender que nada es fácil, pero tampoco imposible.

A mi hermano y mejor amigo, por ser mi apoyo y mi compañero en todo momento.

A mi pequeña hermana, por recordarme sin darse cuenta por qué sigo luchando día a día.

A la ingeniera Johanna Tobar y al ingeniero Danni De la Cruz, por su guía y apoyo constante durante el desarrollo de este proyecto.

A mi compañero y amigo Santiago, por su gran esfuerzo y sacrificio, por su perseverancia y constancia ante los múltiples contratiempos. Muchas gracias.

Mateo Josué Proaño Terán

Agradezco a Dios por su protección incondicional y por haberme brindado la fortaleza y sabiduría que me permiten llegar hasta este punto de mi vida.

A mi madre, quien ha sido mi mayor apoyo y fuente de inspiración. Todo lo que he logrado hasta el día de hoy es gracias a ella. Su dedicación, esfuerzo y amor incondicional me han dado la fuerza y motivación necesarias para superar los desafíos y perseguir mis sueños.

A mi padre, que siempre ha estado presente en mi vida y me ha apoyado en todo momento a pesar de la distancia. Gracias por sus palabras de aliento, sus consejos sabios y su amor incondicional.

A mi fiel compañero Jack, quien me ha motivado a seguir adelante y a superarme cada día. Gracias por enseñarme la importancia del amor incondicional y por llenar mi vida de felicidad y alegría.

A mi tía Lucy y tío Tavito, por el gran cariño y el apoyo que me han brindado en mi vida. A pesar de la partida de mi tío, sé que siempre lo llevaré en mi corazón por los invaluables consejos, enseñanzas y valores que me transmitió.

A mi toda mi familia, por haberme brindado una buena educación y buenos valores que me han ayudado a ser la persona que soy hoy.

A mis amigos por compartir conmigo sus risas, sus lágrimas y sus historias. Ustedes han hecho que mi vida sea mucho más completa y feliz.

A la ingeniera Johanna Tobar y al ingeniero Danni De la Cruz, por el apoyo y respaldo que fueron fundamentales para la culminación exitosa de este proyecto.

Santiago David Valencia Maldonado

## Tabla de Contenidos

Reporte de Verificación de Contenido .....	2
Certificación.....	3
Responsabilidad de Autoría .....	4
Autorización de Publicación .....	5
Dedicatoria .....	6
Agradecimiento .....	7
Tabla de Contenidos .....	9
Índice de Tablas .....	13
Índice de figuras .....	15
Resumen .....	18
Abstract .....	19
Capítulo I.....	20
Introducción.....	20
Antecedentes .....	20
Trabajos internacionales .....	20
Trabajos nacionales .....	22
Análisis Comparativo .....	25
Justificación e Importancia .....	27
Objetivos .....	28
Objetivo General.....	28
Objetivos Específicos .....	28
Descripción del Proyecto.....	29
Alcance del Proyecto.....	30
Hallazgos.....	32
Bosquejo del Documento .....	33
Resumen del Capítulo .....	33
Capítulo II .....	35

	10
Marco Conceptual .....	35
Signos vitales .....	35
Parámetros Antropométricos .....	38
Tecnologías de Asistencia para Sentarse .....	38
Triage .....	41
Escalas del triaje .....	42
Papel del personal médico y enfermero .....	43
El triaje pediátrico .....	43
El cáncer en el Ecuador .....	45
El Cáncer Infantil .....	46
Tecnología Digital Enfocada en la Salud.....	49
IoT en la Salud Ecuatoriana .....	51
Dispositivos de Medición de los Signos Vitales.....	52
Frecuencia cardíaca .....	53
Frecuencia respiratoria.....	55
Presión arterial .....	57
Saturación de oxígeno.....	59
Temperatura corporal .....	62
Termómetro Digital .....	62
Dispositivos de Medición de los Parámetros Antropométricos.....	64
Peso Corporal.....	64
Estatura .....	66
Estado del Arte .....	68
Resumen del Capítulo .....	74
Capítulo III .....	76
Diseño, Construcción y Programación de la Estación de Triage.....	76
Metodología.....	76
Identificación de requerimientos.....	78
Entrevista.....	79

Requerimientos .....	81
Segmentación de la población objetivo .....	84
Selección de sensores y dispositivos electrónicos .....	87
Diseño mecánico del Prototipo .....	91
Definición de dimensiones .....	91
Diseño de la estructura .....	95
Selección del material de la estructura .....	97
Diseño asistido por computador .....	99
Acondicionamiento mecánico de los sensores y dispositivos .....	107
Análisis Estático de la Estructura .....	110
Construcción de la Estructura .....	113
Diseño electrónico del prototipo .....	115
Adquisición de las señales de los sensores y equipos .....	115
Integración de componentes electrónicos .....	126
Integración del Componente Mecánico y Electrónico .....	128
Establecimiento de la base de Datos .....	129
Plataforma de Alojamiento en la Web .....	130
Protocolo de Comunicación MQTT .....	131
Interfaz en la Web .....	133
Desarrollo de la Interfaz del Usuario .....	135
Pantalla de inicio .....	136
Pantalla de medición de signos .....	136
Pantalla de los autores .....	137
Resumen del Capítulo .....	138
Capítulo IV .....	140
Integración, Pruebas y Resultados .....	140
Integración Total del Sistema .....	140
Secuencia de funcionamiento .....	140
Pruebas preliminares .....	143

Entrevista con los Expertos .....	143
Incorporación del Método para la Medición de Estatura .....	146
Selección del sensor .....	146
Diseño del tallímetro.....	148
Funcionamiento en conjunto .....	156
Mediciones con la población objetivo .....	157
Análisis de resultados.....	159
Discusión de resultados obtenidos .....	162
Resumen del Capítulo.....	166
Capítulo V.....	167
Conclusiones y Recomendaciones .....	167
Conclusiones.....	167
Recomendaciones.....	169
Trabajos Futuros .....	170
Bibliografía .....	172

## Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Tabla comparativa del proyecto y los trabajos revisados</i> .....	26
Tabla 2 <i>División en subsistemas de la estación de triaje</i> .....	30
Tabla 3 <i>Aspectos importantes de los signos vitales</i> .....	36
Tabla 4 <i>Interpretación del triángulo de evaluación pediátrica</i> .....	44
Tabla 5 <i>Niveles de prioridad de atención de acuerdo con el triaje de Manchester</i> .....	45
Tabla 6 <i>Resumen de artículos revisados en el estado del arte (Parámetros de medición)</i> ..	69
Tabla 7 <i>Resumen de artículos revisados en el estado del arte (Aplicación local y IoT)</i> .....	72
Tabla 8 <i>Justificación de requerimientos identificados con la búsqueda de información previa</i> .....	78
Tabla 9 <i>Requerimientos Importantes Según la Entrevista</i> .....	80
Tabla 10 <i>Explicación de características de calidad identificadas en la matriz QFD</i> .....	83
Tabla 11 <i>Matriz de evaluación y selección del dispositivo para medir la frecuencia cardíaca</i> .....	88
Tabla 12 <i>Matriz de evaluación y selección del dispositivo para medir la frecuencia respiratoria</i> .....	88
Tabla 13 <i>Matriz de evaluación y selección del dispositivo para medir la presión arterial</i> .....	89
Tabla 14 <i>Matriz de evaluación y selección del dispositivo para medir la saturación de oxígeno</i> .....	89
Tabla 15 <i>Matriz de evaluación y selección del dispositivo para medir la temperatura corporal</i> .....	89
Tabla 16 <i>Matriz de evaluación y selección del dispositivo para medir el peso corporal</i> .....	90
Tabla 17 <i>Cuadro de resumen de dispositivos y sensores seleccionados</i> .....	91
Tabla 18 <i>Medidas antropométricas de niños de 6 y 10 años</i> .....	92
Tabla 19 <i>Medidas antropométricas para el diseño de la estación</i> .....	95
Tabla 20 <i>Conceptos relevantes propuestos para el diseño de la estructura</i> .....	96
Tabla 21 <i>Matriz de evaluación y selección de conceptos para diseño mecánico de la estación</i> .....	97
Tabla 22 <i>Tabla comparativa de las propiedades mecánicas de los materiales estructurales</i> .....	98
Tabla 23 <i>Matriz de selección del material de la estructura</i> .....	99
Tabla 24 <i>Cuadro de resumen de esfuerzos, deformaciones y factor de seguridad</i> .....	113
Tabla 25 <i>Valores obtenidos con la comunicación I2C</i> .....	118
Tabla 26 <i>Valores almacenados y reales obtenidos del tensiómetro</i> .....	118
Tabla 27 <i>Medición de temperatura sin compensación</i> .....	120
Tabla 28 <i>Medición de temperatura con compensación</i> .....	121

Tabla 29 <i>Valores de la saturación tomados con oxímetro de pulso y el sensor MAX30100</i> .....	122
Tabla 30 <i>Valores de la frecuencia respiratoria tomados de manera tradicional y con el sensor</i> .....	124
Tabla 31 <i>Valores del peso corporal tomados con las celdas de carga y una balanza comercial</i> .....	126
Tabla 32 <i>Resultados obtenidos al encuestar a los expertos</i> .....	145
Tabla 33 <i>Valores de los elementos del engrane</i> .....	150
Tabla 34 <i>Valores de los elementos de la cremallera</i> .....	151
Tabla 35 <i>Valores de estatura tomados con el tallímetro</i> .....	156
Tabla 36 <i>Resultados obtenidos al encuestar a los expertos</i> .....	158
Tabla 37 <i>Signos vitales y parámetros antropométricos del primer paciente</i> .....	159
Tabla 38 <i>Signos vitales y parámetros antropométricos del segundo paciente</i> .....	160
Tabla 39 <i>Signos vitales y parámetros antropométricos del tercer paciente</i> .....	160
Tabla 40 <i>Signos vitales y parámetros antropométricos del cuarto paciente</i> .....	161
Tabla 41 <i>Signos vitales y parámetros antropométricos del quinto paciente</i> .....	161
Tabla 42 <i>Signos vitales y parámetros antropométricos del sexto paciente</i> .....	162
Tabla 43 <i>Error unificado de la estación</i> .....	162

## Índice de figuras

Figura 1 <i>Robot que toma signos vitales</i> .....	21
Figura 2 <i>Estación de diagnóstico de signos vitales DS20</i> .....	22
Figura 3 <i>Capturas del Dispositivo de Monitoreo</i> .....	23
Figura 4 <i>Prototipo de monitor de signos vitales</i> .....	23
Figura 5 <i>Proceso de diseño del prototipo</i> .....	24
Figura 6 <i>Esquema general del sistema</i> .....	31
Figura 7 <i>Distintos tipos de tecnologías de asiento para sentarse</i> .....	39
Figura 8 <i>Número estimado de casos de cáncer nuevos en el Ecuador en 2020 (Todas las edades)</i> .....	46
Figura 9 <i>Número estimado de casos de cáncer nuevos en el Ecuador en 2020 (0-14 años)</i> .....	47
Figura 10 <i>Número estimado de casos de cáncer prevalentes en el Ecuador en 2020 (0-14 años)</i> .....	48
Figura 11 <i>Fuentes de información para el Big Data enfocada en la salud</i> .....	51
Figura 12 <i>Monitor de frecuencia cardíaca, marca Polar</i> .....	54
Figura 13 <i>Sensor de pletismografía de pulso, marca Iworx</i> .....	55
Figura 14 <i>Monitor de respiración, marca Iworx</i> .....	56
Figura 15 <i>Módulo de detección de sonido, marca Daoki</i> .....	57
Figura 16 <i>Monitor de presión arterial, marca Iworx</i> .....	58
Figura 17 <i>Tensiómetro digital de brazo, marca Omron</i> .....	59
Figura 18 <i>Oxímetro de pulso, marca Microlife</i> .....	61
Figura 19 <i>Sensor Max30100</i> .....	62
Figura 20 <i>Termómetro digital, marca Fortune Medical</i> .....	63
Figura 21 <i>Sensor MLX90614</i> .....	64
Figura 22 <i>Báscula digital, marca Knewel</i> .....	65
Figura 23 <i>Celda de carga de 50kg</i> .....	66
Figura 24 <i>Tallímetro digital, marca Camry</i> .....	67
Figura 25 <i>Entrevista con el objetivo de identificar los requerimientos</i> .....	79
Figura 26 <i>Requerimientos colocados en orden</i> .....	81
Figura 27 <i>Matriz QFD</i> .....	82
Figura 28 <i>Simbología de la Matriz QFD</i> .....	83
Figura 29 <i>Edad vs estatura y peso de niños en Ecuador</i> .....	86
Figura 30 <i>Dimensiones antropométricas de un niño de 6 años (estatura 110 cm)</i> .....	93
Figura 31 <i>Dimensiones antropométricas de un niño de 10 años (estatura 140 cm)</i> .....	94
Figura 32 <i>Dimensiones presentes en las tecnologías de asiento</i> .....	100

Figura 33 <i>Diseño de la estructura del espaldar y el asiento</i> .....	101
Figura 34 <i>Diseño del apoyabrazos derecho</i> .....	102
Figura 35 <i>Plataforma para la medición del peso</i> .....	102
Figura 36 <i>Base de la estación de triaje</i> .....	103
Figura 37 <i>Estructura de la estación ensamblada</i> .....	104
Figura 38 <i>Validación con el esquema CAD (niño de 110 cm)</i> .....	105
Figura 39 <i>Validación con el esquema CAD (niño de 140 cm)</i> .....	106
Figura 40 <i>Sensor de saturación de oxígeno con carcasa</i> .....	107
Figura 41 <i>Sensor de temperatura en la carcasa</i> .....	108
Figura 42 <i>Celda de carga con carcasa y superficie plana</i> .....	108
Figura 43 <i>Tensiómetro Omron HEM-7113 esquematizado</i> .....	109
Figura 44 <i>Monitor de respiración esquematizado</i> .....	109
Figura 45 <i>Paciente con los sensores y dispositivos colocados</i> .....	110
Figura 46 <i>Análisis estático de la estructura base</i> .....	111
Figura 47 <i>Análisis estático de la plataforma</i> .....	112
Figura 48 <i>Soldadura para formar un marco rectangular</i> .....	113
Figura 49 <i>Estructuras soldadas y pulidas</i> .....	114
Figura 50 <i>Estructura base</i> .....	114
Figura 51 <i>Placa central del tensiómetro</i> .....	115
Figura 52 <i>Componentes electrónicos del tensiómetro</i> .....	116
Figura 53 <i>Distribución de pines de la Memoria EEPROM 24C08</i> .....	117
Figura 54 <i>Conexiones internas del tensiómetro</i> .....	117
Figura 55 <i>Transistor en configuración de interruptor</i> .....	119
Figura 56 <i>Esquema de conexión del sensor MLX90614</i> .....	120
Figura 57 <i>Esquema de conexión del sensor MAX30100</i> .....	121
Figura 58 <i>Monitor de frecuencia respiratoria conectado a MyDAQ</i> .....	122
Figura 59 <i>Bloques de adquisición y filtrado de señal en LabVIEW</i> .....	123
Figura 60 <i>Conteo de picos y valles de la señal filtrada</i> .....	123
Figura 61 <i>Esquema de conexión de las celdas de carga y el módulo HX711</i> .....	125
Figura 62 <i>Esquema general de los dispositivos electrónicos</i> .....	127
Figura 63 <i>Valores captados por LabVIEW</i> .....	127
Figura 64 <i>Impresión 3D del acople del sensor de temperatura</i> .....	128
Figura 65 <i>Estación con cableado interno</i> .....	129
Figura 66 <i>Ventana de comandos con acceso al servidor web</i> .....	131
Figura 67 <i>Bloques de programación del protocolo MQTT en LabVIEW</i> .....	132
Figura 68 <i>Datos enviados desde LabVIEW</i> .....	132
Figura 69 <i>Esquema de comunicación del prototipo</i> .....	133

Figura 70 <i>Pantalla de inicio de sesión</i> .....	134
Figura 71 <i>Pantalla de visualización de datos</i> .....	134
Figura 72 <i>Pantalla de visualización de gráficas</i> .....	135
Figura 73 <i>Pantalla de inicio</i> .....	136
Figura 74 <i>Pantalla de medición de signos vitales</i> .....	137
Figura 75 <i>Pantalla de los autores</i> .....	137
Figura 76 <i>Inicialización del Node-Red</i> .....	140
Figura 77 <i>Secuencia para la toma de signos vitales</i> .....	142
Figura 78 <i>Entrevista con los expertos</i> .....	144
Figura 79 <i>Sensor de distancia láser modelo VL53L0X</i> .....	146
Figura 80 <i>Encoder rotatorio</i> .....	147
Figura 81 <i>Engranaje de dientes rectos métricos</i> .....	150
Figura 82 <i>Cremallera mecánica métrica</i> .....	151
Figura 83 <i>Mecanismo piñón-cremallera diseñado</i> .....	152
Figura 84 <i>Ubicación del tallímetro</i> .....	152
Figura 85 <i>Riel telescópico</i> .....	153
Figura 86 <i>Base del riel diseñado</i> .....	154
Figura 87 <i>Mecanismo de medición de estatura</i> .....	155
Figura 88 <i>Sistema piñón cremallera</i> .....	155
Figura 89 <i>Tallímetro acoplado a la estación</i> .....	156
Figura 90 <i>Medición de la estatura de la población objetivo</i> .....	157
Figura 91 <i>Ejemplo de la medición por año de parámetros de un paciente</i> .....	163
Figura 92 <i>Graficas de los parámetros antropométricos y signos vitales del paciente</i> .....	164
Figura 93 <i>Curvas de desarrollo del paciente</i> .....	165

## Resumen

El presente trabajo trata sobre el diseño y la construcción de un prototipo de estación de triaje con tecnología IoT (internet de las cosas) para la toma de signos vitales con potencial aplicación en pacientes pediátricos oncológicos. El proyecto comenzó con el estudio de las dimensiones de la población objetivo, los niños de entre 110 y 140 cm, es decir, entre 6 y 10 años. A partir de estas dimensiones fue desarrollada la estructura principal de la estación, modelándola en el software CAD y realizando simulaciones de esfuerzo para seleccionar los materiales que mejor se acoplan. Además, se seleccionaron los sensores y dispositivos teniendo en cuenta el tamaño, la facilidad de programación y la ubicación en el cuerpo del paciente. Posteriormente fue realizado el acondicionamiento mecánico de estos sensores en la estructura base; con varios acoples impresos en PLA con la ayuda de una impresora 3D.

Una vez programada la interfaz gráfica local para controlar la estación, se creó un espacio de memoria en la nube que se comunica mediante el protocolo MQTT con la computadora que controla la estación, además de una interfaz gráfica web que muestra el historial de los signos vitales y medidas antropométricas de todos los pacientes.

Durante todo el proyecto se contó con la retroalimentación de los médicos de la universidad, adoptando sus recomendaciones. Al final, cuando el prototipo estaba listo y modificado según el criterio de los expertos, se realizaron pruebas con pacientes que pertenecían a la población objetivo, obteniéndose un grado de aceptación del 86% según la encuesta realizada. Además, la precisión de los sensores fue verificada, obteniendo un error promedio del 2.9% para la estación de medición de signos vitales.

*Palabras Clave:* Estación de triaje, signos vitales, pacientes pediátricos oncológicos, interfaz gráfica.

### **Abstract**

A prototype triage and IoT (internet of things) station was designed and built for vital sign monitoring with potential application in pediatric oncology patients. This project began with the study of the target population's dimensions, which are children between 6 and 10 years old, meaning heights between 110 and 140 cm. Based on these dimensions, the main structure of the station was developed through modeling and stress simulations using CAD software to select the best-fitting materials. In addition, devices and sensors were selected according to their size, programming capabilities and patient's physiology. After that, the mechanical conditioning of these devices for their coupling with the main structure, was reached with the aid of 3D printing technology. A local graphical interface was programmed for controlling the station, and a memory space in the cloud was created to communicate the computer and the station via MQTT protocol. A web graphical interface was created as well, which shows the history of vital signs and anthropometric measurements of all the patients. Throughout the project, university doctors were continuously providing feedback and their recommendations were taken. At the end, with a prototype ready to be proven and modified within the expert's and medical criteria, tests were carried out with patients belonging to the target population, leading to an acceptance rate of 86% obtained by the survey conducted. Likewise, the accuracy of the sensors was verified, returning an average error of 2.9% for the vital sign measurement station.

*Key words:* Triage Station, vital signs, pediatric oncology patients, graphical interface.

## Capítulo I

### Introducción

La atención médica de pacientes pediátricos con cáncer es un tema de gran relevancia en la salud pública, ya que estos pacientes requieren de un seguimiento y monitoreo constante de sus signos vitales. Sin embargo, dicha medición puede generar ansiedad y temor en los niños, lo que dificulta su cooperación y aceptación en el proceso. En este contexto, se desarrolló un proyecto de diseño e implementación de un prototipo de estación para la toma de signos vitales con potencial aplicación en pacientes pediátricos oncológicos. El objetivo principal del proyecto es apoyar a estos niños y mejorar su calidad de vida, al mismo tiempo que se busca disminuir el tiempo de medición de signos vitales para el personal médico y almacenar automáticamente la información recopilada. La metodología utilizada se basa en objetivos y segmenta el desarrollo del proyecto por etapas, lo que permitió una retroalimentación constante del personal médico de la universidad para mejorar aspectos importantes y asegurar la aceptación de la estación por la población objetivo.

La pregunta de investigación que guía este proyecto es: ¿Cómo se puede mejorar la atención médica pediátrica a través de la implementación de tecnologías de monitoreo de salud en tiempo real y el uso de plataformas de almacenamiento en la nube para el registro y análisis de datos de pacientes?

En función de este cuestionamiento, se logra construir el prototipo y darle la funcionalidad esperada por el personal médico, ya que tienen acceso al historial completo de la información de los pacientes en la web, y pueden acceder a ello simplemente con un dispositivo que tenga acceso a internet; facilitando la atención médica de los pacientes pediátricos con cáncer.

### **Antecedentes**

#### ***Trabajos internacionales***

Con una previa investigación en el ámbito de dispositivos autónomos para la medición de los signos vitales, se destaca un robot construido por el Instituto Tecnológico de

Massachusetts (MIT) que tiene una anatomía semejante a un canino, cuenta con cuatro cámaras (una cámara infrarroja más tres cámaras monocromáticas) capaces de medir la temperatura de la piel, saturación de oxígeno, frecuencia respiratoria y frecuencia cardíaca; lo interesante del robot es que puede realizar esta tarea a una distancia de 2 metros de la persona, esto lo convierte en el candidato idóneo para la toma de signos vitales en pacientes con una enfermedad muy infecciosa como lo es el COVID-19. En la Figura 1 se presenta al robot, cuya función principal es el monitoreo continuo de los individuos, de esta forma los médicos están al pendiente de cada paciente sin necesidad de su presencia en la misma habitación (Trafton, 2020).

### Figura 1

*Robot que toma signos vitales*



*Nota.* Tomado de “MIT News” por Trafton, 2020, (<https://news.mit.edu/2020/spot-robot-vital-signs-0831>)

En la Figura 2 se presenta una estación de diagnóstico DS20 fabricada por la empresa SCHILLER. Cuenta con varias herramientas, y además de tomar los signos vitales, también puede realizar una valoración física del paciente. En su diseño sobresale su pantalla táctil interactiva de 19 pulgadas que muestra los valores automáticamente, permitiendo la adición

y eliminación de parámetros. El dispositivo posee conexión WI-FI para facilitar el acceso a los datos, asegurando una transmisión directa y rápida (El Hospital, 2016).

## **Figura 2**

*Estación de diagnóstico de signos vitales DS20*



*Nota.* Tomado de “El Hospital” por El Hospital, 2016, (<https://www.elhospital.com/temas/Estacion-de-diagnostico-de-signos-vitales-DS20+112671>)

## **Trabajos nacionales**

En Ecuador también se han desarrollado varios dispositivos enfocados en la toma de los signos vitales. Una tesis de la Universidad Técnica de Ambato describe la implementación de un “Sistema de monitoreo de Signos Vitales y Alerta de Accidentes para Personas con Problemas de Movilidad”. El objetivo del prototipo es medir y verificar constantemente los signos del usuario, en caso de presentarse anomalías, emite una alerta mediante tecnología GSM para que el paciente reciba atención rápidamente. De manera adicional, el dispositivo cuenta con un acelerómetro que permite detectar caídas (Vallejo, 2015). En la Figura 3 se presentan capturas del dispositivo.

### Figura 3

*Capturas del Dispositivo de Monitoreo*



*Nota.* Tomado de “Sistema de Monitoreo de Signos Vitales y Alerta de Accidentes para Personas con Problemas de Movilidad” (p. 66, 67) por Vallejo, 2015, ([https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/15108/1/Tesis\\_t1071ec.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/15108/1/Tesis_t1071ec.pdf))

El mismo año, en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, se realizó una tesis denominada “Diseño y elaboración de un Prototipo de monitor de signos vitales (frecuencia cardíaca, presión arterial y temperatura) aplicando métodos no invasivos con comunicación de datos a dispositivos móviles” (Tintín, 2015). Este dispositivo busca crear un prototipo con un costo relativamente bajo e involucra el diseño electrónico para la fabricación de una PCB. En la Figura 4 se puede visualizar el resultado final del prototipo.

### Figura 4

*Prototipo de monitor de signos vitales*

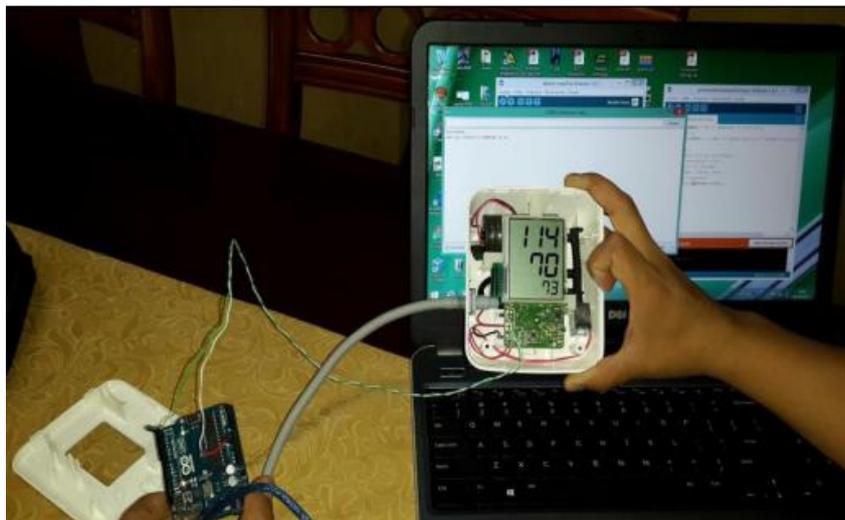


*Nota.* Tomado de “Diseño y elaboración de un Prototipo de monitor de signos vitales aplicando métodos no invasivos con comunicación de datos a dispositivos móviles” (p. 46) por Tintín, 2015, (<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7982/1/UPS-CT004847.pdf>)

Por último, se presenta una tesis realizada en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, se titula “Redes de sensores inalámbricos enfocadas a la Medicina con énfasis en control de los signos vitales en Pacientes Adultos Mayores”. Este trabajo está orientado al desarrollo de una red inalámbrica de sensores para el monitoreo de signos vitales de adultos mayores. El objetivo es que el personal de salud pueda acceder en línea a un monitoreo en tiempo real del paciente, y tome decisiones según su criterio médico. Un punto importante en este proyecto es la comunicación entre un dispositivo electrónico de medición de presión arterial y Arduino, realizando la conversión necesaria para obtener los resultados en formato decimal (Ruiz, 2016). La Figura 5 muestra el cableado entre el dispositivo y la tarjeta de adquisición de datos.

### Figura 5

*Proceso de diseño del prototipo*



*Nota.* Tomado de “Redes de sensores inalámbricos enfocadas a la Medicina con énfasis en control de los signos vitales en Pacientes Adultos Mayores” (p. 88) por Ruiz, 2016, (<http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/11311>)

### ***Análisis Comparativo***

Los trabajos realizados tienen características generales que ayudan a identificar similitudes y diferencias con respecto al proyecto. En la Tabla 1 se indican los aspectos que permiten realizar un análisis y se puede afirmar que ninguno de los trabajos tiene como parámetro de medición el peso del paciente. De igual forma, todos los prototipos nacionales tienen los dispositivos de manera libre, esto puede significar una medición con mayor ruido, a diferencia del proyecto, que cuenta con los dispositivos anclados a la estructura. Por último, la mayoría de los prototipos tienen la posibilidad de visualizar y almacenar los signos vitales de los pacientes de manera local, sin embargo, el proyecto realiza una comunicación con la nube para que el médico examine la información desde cualquier lugar con acceso a internet.

**Tabla 1**

*Tabla comparativa del proyecto y los trabajos revisados*

<b>Proyecto</b>	<b>Categoría</b>	<b>Tipo de Prototipo</b>	<b>Parámetros de medición</b>	<b>Aplicación</b>	<b>Alcance</b>
Robot que Toma Signos Vitales (Boston Dynamics)	Internacional	Prototipo móvil (Dispositivos de medición anclados)	Temperatura corporal Saturación de oxígeno Frecuencia cardíaca Frecuencia respiratoria	General	Envío de datos
Estación de diagnóstico de signos vitales DS20	Internacional	Prototipo móvil (Dispositivos de medición sueltos)	Temperatura corporal Saturación de oxígeno Frecuencia cardíaca Frecuencia respiratoria Presión arterial	General	Visualización, envío y almacenamiento de datos
Sistema de Monitoreo de Signos Vitales y Alerta de Accidentes para Personas con Problemas de Movilidad	Nacional	Prototipo portátil (Dispositivos de medición sueltos)	Temperatura corporal Frecuencia cardíaca Frecuencia respiratoria Presión arterial	Personas con Problemas de Movilidad	Visualización y envío de datos
Diseño y elaboración de un Prototipo de monitor de signos vitales aplicando métodos no invasivos con comunicación de datos a dispositivos móviles	Nacional	Prototipo portátil (Dispositivos de medición sueltos)	Temperatura corporal Frecuencia cardíaca Presión arterial	General	Visualización, envío y almacenamiento de datos
Redes de sensores inalámbricos enfocadas a la Medicina con énfasis en control de los signos vitales en Pacientes Adultos Mayores	Nacional	Prototipo portátil (Dispositivos de medición sueltos)	Temperatura corporal Presión arterial	Adultos Mayores	Visualización, envío y almacenamiento de datos
<b>Diseño e Implementación de un Prototipo de Estación de Triage IoT para la Toma de Signos Vitales con Potencial Aplicación en Pacientes Pediátricos Oncológicos</b>	<b>Nacional</b>	<b>Estación de triaje (Dispositivos de medición anclados)</b>	<b>Temperatura corporal Saturación de oxígeno Frecuencia cardíaca Frecuencia respiratoria Presión arterial Peso</b>	<b>Niños</b>	<b>Visualización, envío, almacenamiento y análisis de datos</b>

## **Justificación e Importancia**

Cada año, a nivel mundial, se diagnostican 400,000 nuevos casos de cáncer en la población pediátrica, que comprende a pacientes de entre 0 y 19 años. En países de ingresos altos, hasta un 80% de estos pacientes pueden ser curados, pero en países de ingresos medios y bajos, como Ecuador, ese porcentaje se reduce significativamente, oscilando entre el 15% y el 45% (Aldaco, 2021).

En el país existen varias fundaciones, grupos y organizaciones que buscan de alguna manera mejorar el entorno y la evolución de pacientes pediátricos oncológicos, estas instituciones brindan ayudas de tipo económicas, médicas y psicológicas. El mismo Gobierno ecuatoriano, mediante el Ministerio de Salud Pública, firmó un convenio de cooperación con el hospital St. Jude Children's Research de Estados Unidos en noviembre de 2021, para realizar trabajos colaborativos y ayudar a los infantes que padecen de esta terrible enfermedad (MSP, 2022).

Los estudios indican que existen varios problemas relacionados con la atención médica convencional en pacientes pediátricos con cáncer. En primer lugar, se ha identificado que estos pacientes pueden experimentar un impacto psicológico negativo al someterse a procedimientos rutinarios de manera convencional. En segundo lugar, se ha encontrado que el tiempo empleado en la toma de signos vitales no es óptimo, ya que se lleva a cabo de manera secuencial en lugar de simultánea.

El objetivo del proyecto es contribuir a esta causa mediante la construcción de una estación de triaje para la toma de signos vitales, específicamente diseñada para pacientes pediátricos oncológicos. De esta forma, se busca simplificar el proceso para los niños y niñas, optimizar el tiempo y mejorar la gestión de la información en las instituciones de salud, además de proporcionar una experiencia nueva, amigable y lo más delicada posible para los pacientes.

Así, para abordar la pregunta de investigación (“¿Cómo se puede mejorar la atención médica pediátrica a través de la implementación de tecnologías de monitoreo de salud en tiempo real y el uso de plataformas de almacenamiento en la nube para el registro y análisis de datos de pacientes?”) se han planteado los siguientes objetivos:

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

Diseñar e implementar un prototipo de estación de triaje IoT para la toma de signos vitales con potencial aplicación en pacientes pediátricos oncológicos.

### ***Objetivos Específicos***

- Analizar el estado del arte para el levantamiento de los requerimientos de los potenciales usuarios.
- Diseñar y construir la estación basándose en los requerimientos y necesidades de la población objetivo.
- Diseñar e implementar los circuitos de acondicionamiento y colocar los sensores biológicos en la estación para realizar la adquisición de datos y obtenerlos en forma digital.
- Implementar una comunicación vía internet para que sea posible la transferencia de datos con la nube, cumpliendo los principios del internet de las cosas (IoT).
- Realizar la integración de los sistemas mecánico, electrónico e IoT con la inclusión de una interfaz de despliegue de información.
- Ejecutar pruebas de laboratorio en términos de precisión, sensibilidad, exactitud, confiabilidad y repetibilidad de la estación.
- Comparar los resultados con datos obtenidos a partir de dispositivos de medición tradicionales para realizar la respectiva validación.

## Descripción del Proyecto

El proyecto consiste en el “Diseño e implementación de un prototipo de estación de triaje IoT para la toma de signos vitales con potencial aplicación en pacientes pediátricos oncológicos” destinada a implementarse en el laboratorio de Mecatrónica y Sistemas Dinámicos de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”. El proyecto está dividido en subsistemas desarrollados de manera independiente, sin dejar de lado la sinergia que debe existir entre ellos hasta obtener un prototipo ergonómico, funcional y preciso en cuanto a la medición de signos vitales.

Para el desarrollo del proyecto se priorizó la confiabilidad en las mediciones de los signos, ya que, al tratarse de una estación que se desempeña en el campo de la medicina, se requiere que la información sea exacta y precisa, indicando el estado actual del paciente.

La Tabla 2 muestra los tres pilares fundamentales del proyecto: el diseño y construcción mecánica de la estación, el desarrollo e implementación de la parte electrónica e instrumentación y, finalmente, el almacenamiento de la información en la nube. Para el primer punto, se diseñó y construyó una silla cómoda y atractiva que permite una postura erguida, necesaria para las mediciones. El diseño también incluye el acondicionamiento mecánico para los sensores y los componentes adicionales, como la tarjeta de adquisición de datos, el cableado y el dispositivo de visualización, con el objetivo de lograr una instalación adecuada del subsistema electrónico. Una vez concluida la instalación física del proyecto, los componentes fueron programados para realizar un diseño experimental, cuyo objetivo fue corroborar la precisión de las mediciones en cada uno de los sensores y hacer ajustes por software cuando fuera necesario. Finalmente, se llevó a cabo el post procesamiento de la información, y con la ayuda de los principios del Internet de las cosas (IoT), se implementó la comunicación con la base de datos para almacenar los valores. De esta manera, el médico puede comparar la información actual con la de sesiones pasadas y emitir un diagnóstico más preciso para el paciente.

Tabla 2

*División en subsistemas de la estación de triaje*

<b>Subsistema</b>	<b>Descripción</b>	<b>Requerimientos</b>
<b>Silla Ergonómica</b>	Es el componente base de la estación de triaje, aquí se ubican los sensores a utilizar. Además, la silla debe cumplir con parámetros de ergonomía para la medición de los signos vitales del paciente.	Diseño en base a una normativa. Dimensionamiento y geometría. Diseño con software CAD. Simulación estructural. Selección de perfiles y materiales.
<b>Adquisición de datos e instrumentación</b>	Es el sistema encargado de adquirir las señales, procesarlas y mostrar los datos en tiempo real al encargado de la estación. Abarca los sensores biológicos, el cableado, la tarjeta de adquisición de datos y la comunicación para la transferencia local de los datos.	Dimensionamiento de dispositivos electrónicos. Acondicionamiento mecánico y electrónico de los sensores. Diseño de interfaz basado en la guía GEDIS. Desarrollo de la programación.
<b>Almacenamiento de datos</b>	Es el sistema que se encarga de la comunicación con el espacio de almacenamiento en la web. Envía la información local desde la computadora con la ayuda de protocolos de comunicación y la presenta de forma resumida como tablas y gráficas para el análisis del médico.	Acceso al almacenamiento en la nube. Presentación de información actual y antigua. Información final de fácil comprensión. Restricción de acceso a la base de datos.

### **Alcance del Proyecto**

El proyecto inicia con el planteamiento del problema y los requerimientos de la población objetivo. Luego, se diseñan e implementan los subsistemas detallados en la Tabla 2, y se llevan a cabo las actividades correspondientes para alcanzar los objetivos, tomando en cuenta la participación y retroalimentación del personal médico en cada etapa.

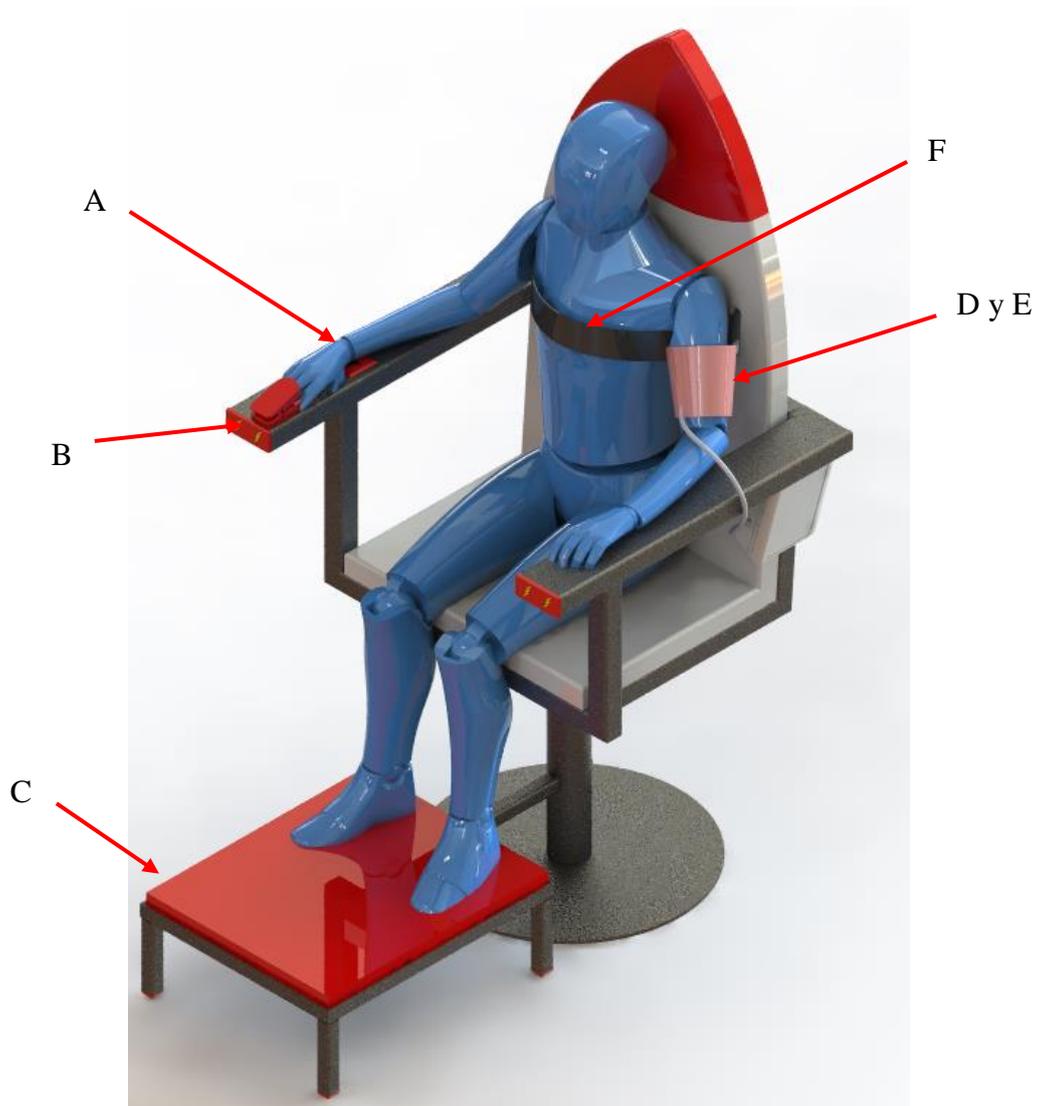
La Figura 6 muestra la ubicación de los sensores y dispositivos a manera de un esquema general del sistema. De esta manera se tiene una idea más clara de la forma que tiene el prototipo y la ubicación que toma el paciente.

- A: Temperatura
- B: Saturación de oxígeno

- C: Balanza
- D: Frecuencia Cardíaca
- E: Presión arterial
- F: Frecuencia Respiratoria

**Figura 6**

*Esquema general del sistema*



Con la estación de triaje funcionando y la comunicación establecida con el servidor web, se realizan pruebas en pacientes pediátricos para comprobar el funcionamiento y evidenciar el almacenamiento de datos en la nube. Gracias a esto el personal médico puede

acceder a la interfaz web desde cualquier lugar, observar los valores obtenidos y realizar un diagnóstico en contraste con las gráficas y la información almacenada.

## **Hallazgos**

Con la implementación del prototipo de estación para la toma de signos vitales en pacientes pediátricos oncológicos, se llevaron a cabo diversas pruebas y evaluaciones en conjunto con el personal de salud. Los resultados obtenidos permitieron identificar una serie de hallazgos relevantes con respecto al desempeño y eficacia del dispositivo. En esta sección se describirán los hallazgos más significativos que aportan información valiosa para la mejora continua del prototipo, y su potencial aplicación en el ámbito de la atención médica pediátrica oncológica.

Durante el desarrollo del proyecto, se encontró que la precisión de los sensores utilizados para la toma de medidas antropométricas y signos vitales era altamente confiable, cumpliendo con los rangos necesarios para la medicina. Además, el tiempo de respuesta de los sensores fue muy rápido y eficiente, permitiendo que el personal de salud pudiera obtener los datos necesarios en un tiempo muy reducido, lo que podría ser de gran ayuda en situaciones de emergencia médica. Esto representa una gran ventaja para la estación, ya que se puede confiar plenamente en los datos obtenidos, además de ahorrar tiempo valioso para el personal médico.

Un hallazgo importante de la implementación del sistema de almacenamiento de información en la nube es su capacidad visual. A través de la creación de tablas y gráficas, es posible mostrar de manera clara y concisa la información de los pacientes, permitiendo una fácil interpretación de los datos; lo cual implica una mejor comprensión de la información para el personal médico y facilita la toma de decisiones en tiempo real.

En cuanto al envío de información al servidor web, la elección del protocolo de comunicación era fundamental para el correcto funcionamiento de la estación. En este

sentido, se decidió utilizar el protocolo MQTT, que permitió una comunicación rápida, eficiente, segura y confiable entre la estación y el servidor en la nube.

### **Organización del Documento**

El documento se encuentra dividido en 5 capítulos. El capítulo I hace referencia a la relevancia del proyecto de titulación, así como a su alcance y objetivos. Este capítulo describe el propósito del proyecto y la problemática que se busca solucionar a través de la propuesta presentada.

El capítulo II presenta una investigación previa sobre diversos temas relacionados con el proyecto, como los signos vitales, el triaje pediátrico, los dispositivos de medición de los signos vitales, el IoT en la salud ecuatoriana y el cáncer infantil. También muestra un análisis del estado del arte para revisar los artículos que se han presentado con relación al tema del proyecto.

El capítulo III detalla la metodología utilizada, y el procedimiento que se siguió para realizar el diseño mecánico, electrónico y la base de datos en la nube.

El capítulo IV especifica el proceso de integración del prototipo, de igual manera la incorporación de un método de medición de estatura que surgió gracias a la retroalimentación de los expertos.

Finalmente, el capítulo V expone las conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros que vienen de la mano con el proyecto.

### **Resumen del Capítulo**

El primer capítulo presenta una introducción detallada del proyecto de titulación, junto con una revisión exhaustiva de trabajos nacionales e internacionales previos relacionados con la estación de triaje. Para facilitar la comparación con estos trabajos, se incluye una tabla comparativa que detalla las características y funcionalidades de cada uno.

Se explica además la importancia y justificación de este proyecto, destacando su objetivo de mejorar la calidad de vida de los pacientes pediátricos oncológicos. También se expone el objetivo general con sus objetivos específicos, que son la guía de este trabajo. La descripción del proyecto se divide en tres pilares fundamentales: el diseño mecánico, el diseño electrónico y el almacenamiento de la información en la nube. Además, se incluye un esquema general del sistema para ofrecer una comprensión más clara del prototipo.

Finalmente, se discuten los hallazgos importantes encontrados durante la realización del prototipo, lo que permite una visión global del proyecto y su impacto en la atención sanitaria pediátrica. Este capítulo forma las bases para el trabajo que sigue y establece el marco conceptual necesario para entender el proyecto en su totalidad.

## Capítulo II

### Marco Conceptual

#### Signos vitales

Para evaluar la condición del paciente y conocer el estado fisiológico básico del cuerpo humano, es necesario medir datos objetivos relacionados con una serie de parámetros conocidos como signos o constantes vitales; que incluyen a la temperatura, la respiración, el pulso, la presión arterial, la presión venosa central, y la saturación de oxígeno. La valoración proporciona una base sólida para el desarrollo de cuidados de enfermería de calidad. Los valores de los signos vitales pueden variar de persona a persona y también pueden cambiar en el mismo individuo en función de la actividad física realizada, la hora del día, la tensión emocional, etc. Estos signos vitales se registran en un gráfico para evaluar rápidamente el estado de salud del paciente. Es crucial tomar y registrar los datos con la mayor precisión posible y notificar cualquier cambio relevante al personal de enfermería. La frecuencia de toma de los signos vitales se ajusta a las particularidades de los cuidados, según su aplicación en atención primaria o especializada. En general, en un hospital los signos vitales se toman y registran dos veces al día, pero si hay algún tipo de alteración se tomarán cada cuatro horas o según lo indique el médico. En condiciones normales, cada signo vital se mantiene en un rango de valores considerado normal. Sin embargo, estos valores pueden variar debido a factores fisiológicos, ambientales, psicológicos y patológicos (Pérez de la Plaza & Fernández Espinosa, 2017).

Para realizar la toma de los signos, existen técnicas invasivas y no invasivas. Las primeras involucran la introducción de un catéter, sonda o vía dentro del paciente para realizar la medición con sensores; mientras que las otras implican procedimientos que no perjudican ningún tejido (Galindo et al., 2015). En la Tabla 3 se presenta un resumen de las constantes vitales del ser humano y sus propiedades más relevantes.

Tabla 3

Aspectos importantes de los signos vitales

Signo vital	Definición	Zonas de medición	Métodos de medición	Valores normales	Dispositivos de medición
<b>Frecuencia cardíaca (FC)</b>	Es la cantidad de pulsos por minuto (ppm) a los que el corazón bombea sangre a los vasos sanguíneos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Radio, muñeca (Radial)</li> <li>- Arteria carótida (Carotídeo)</li> <li>- Fémur, pierna (Femoral)</li> <li>- Cara anterior del codo (Braquial).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se realiza un tacto manual en las zonas de medición y se cuenta las pulsaciones en un minuto o 30 segundos.</li> <li>- Dispositivos basados en fotopleletismografía (detección de cambios de volumen por el flujo sanguíneo mediante luz infrarroja).</li> </ul>	Recién nacido: 120 – 180 ppm Lactante: 100 – 130 ppm Niño: 90 – 110 ppm Adolescente: 70 – 100 ppm Adulto: 60 – 80 ppm.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Monitor de pulso cardíaco.</li> <li>- Oxímetro de pulso.</li> </ul>
<b>Frecuencia respiratoria (FR)</b>	Es el número de veces que el paciente respira por minuto (r/min). Se considera como un ciclo de respiración completo a la fase de inhalación y exhalación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tórax (respiración torácica)</li> <li>- Abdomen (respiración diafragmática)</li> <li>- Nariz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se coloca la mano sobre el tronco del paciente para sentir el movimiento de la caja torácica durante un minuto.</li> <li>- Métodos auscultatorios (utilizando un fonendoscopio sobre la espalda del paciente).</li> </ul>	Recién nacido: 30 – 50 r/min Lactante: 20 – 40 r/min Niño: 15 – 25 r/min Adolescente: 14 – 20 r/min Adulto: 14 – 20 r/min.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fonendoscopio.</li> <li>- Monitor de respiración.</li> <li>- Sensores respiratorios acústicos.</li> </ul>
<b>Saturación de oxígeno</b>	Es un parámetro que permite determinar la cantidad de oxígeno presente en la sangre, expresado en porcentaje.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dedos (índice o medio)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los oxímetros de pulso pueden detectar cambios de volumen en los vasos sanguíneos mediante energía lumínica, esta es capaz de incidir y reflejarse en la sangre, venas y arterias.</li> </ul>	Se considera como parámetro normal cualquier valor que supere el 89%.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Oxímetro de pulso.</li> </ul>

Nota. Adaptado de “Técnicas Básicas de Enfermería” (p. 172) por Galindo, et al., 2015, (<https://www.amazon.com/-/es/C-Galindo/dp/8415991770>)

Tabla 3

Aspectos importantes de los signos vitales (Continuación)

Signo vital	Definición	Zonas de medición	Métodos de medición	Valores normales	Dispositivos de medición
<b>Presión arterial (PA)</b>	Es la presión que la sangre ejerce contra las paredes de las arterias. Existen dos tipos: sistólica y diastólica, que hacen referencia a la contracción y expansión del corazón, respectivamente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Radio, muñeca (Radial)</li> <li>- Cara anterior del codo (Braquial)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Colocar el tensiómetro en la zona de medición junto al estetoscopio e inflar el manguito hasta que no se perciba el pulso arterial. Posteriormente, abrir la válvula para desinflar el manguito suavemente. Cuando se escuche el primer ruido en el fonendoscopio, observar el manómetro y tomar la medida de la presión sistólica. Continuar desinflando el manguito hasta que los ruidos desaparezcan y registrar la presión diastólica.</li> </ul>	<p>Sistólica [mm Hg]</p> <p>Recién nacido: 50 – 75</p> <p>Lactante: 80 – 105</p> <p>Niño: 80 – 120</p> <p>Adolescente: 90 – 140</p> <p>Adulto: 120 – 140</p> <p>Diastólica [mm Hg]</p> <p>Recién nacido: 30 – 50</p> <p>Lactante: 45 – 70</p> <p>Niño: 50 – 90</p> <p>Adolescente: 60 – 90</p> <p>Adulto: 60 – 90</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fonendoscopio.</li> <li>- Estetoscopio.</li> <li>- Tensiómetro o esfigmomanómetro.</li> <li>- Manguito.</li> <li>- Sensor de presión sanguínea.</li> </ul>
<b>Temperatura</b>	Es el equilibrio que existe entre el calor que produce el organismo (mediante el metabolismo) y el que cede al ambiente (por convección)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Boca (Oral)</li> <li>- Tímpano (Timpánica)</li> <li>- Axilas (Axilar)</li> <li>- Recto (Rectal)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Colocar el termómetro en contacto con la zona de medición y mantenerlo durante 5 minutos. Leer y registrar la temperatura.</li> <li>- En caso de disponer de un termómetro infrarrojo, no se requiere de contacto directo, y solo se debe apuntar el dispositivo hacia la zona de medición.</li> </ul>	<p>Los valores normales para la temperatura corporal pueden variar entre 36°C y 37°C.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Termómetro de mercurio.</li> <li>- Termómetro digital.</li> <li>- Termómetro infrarrojo.</li> </ul>

Nota. Adaptado de “Técnicas Básicas de Enfermería” (p. 172) por Galindo, et al., 2015, (<https://www.amazon.com/-/es/C-Galindo/dp/8415991770>)

## Parámetros Antropométricos

Los parámetros antropométricos principales del ser humano son el peso y la estatura, el primero se puede definir como la cantidad de masa que representa el cuerpo del paciente, mientras que la estatura se define como la distancia que existe desde la parte superior de la cabeza hasta el talón. El ser humano adulto contemporáneo promedio tiene una estatura de entre 1,50 m a 1,70 m (mujeres), y entre 1,65 m a 1,85 m (hombres) (Waybackmachine, 2013).

Con los datos de estatura y peso de una persona es posible calcular su IMC (índice de masa corporal) y determinar si el paciente tiene un peso saludable o no. La ecuación para encontrar el IMC es la siguiente.

$$IMC = \frac{\text{peso} \text{ [kg]}}{\text{estatura}^2 \text{ [m}^2\text{]}} \quad (1)$$

- IMC de 18,5-24,9 se considera un peso saludable.
- IMC de 25,0-29,9 se considera sobrepeso.
- IMC de 30,0-39,9 se considera obesidad.
- IMC de 40,0 o más se considera obesidad severa u obesidad mórbida.

## Tecnologías de Asistencia para Sentarse

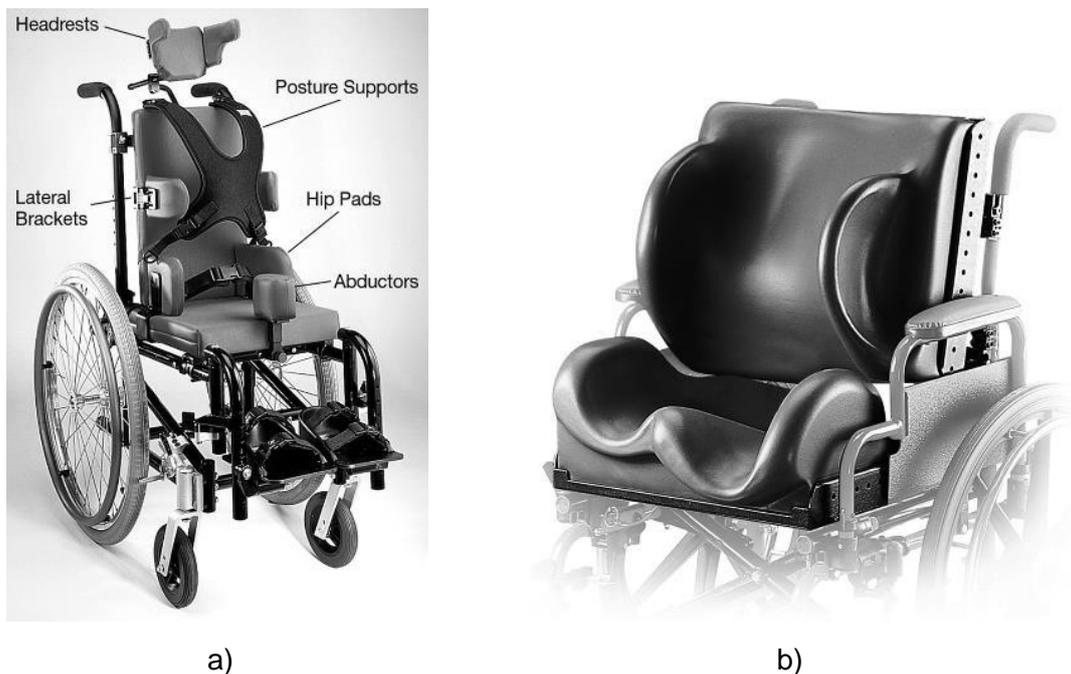
Según la OMS (Organización Mundial de la Salud), una tecnología de asistencia puede definirse como cualquier producto, instrumento o equipo, ya sea adaptado o diseñado específicamente, utilizado para aumentar, mantener o mejorar las capacidades funcionales de una persona con discapacidad. Para un usuario de las tecnologías de asistencia un aspecto fundamental es la confortabilidad, además de que el dispositivo maximice su desempeño a lo largo de distintas áreas de interés, como lo es el trabajo, escuela, juego, tiempo libre, etc. (OMS, 2022).

Con el pasar del tiempo, han surgido tres áreas distintas en las que la intervención de los asientos es muy importante, cada una responde a una necesidad particular del consumidor. Estas tres categorías de intervención son: asiento para el control postural,

asiento para la integridad del tejido, y asientos para mayor comodidad. Independientemente del área a la que esté enfocada la tecnología, se debe tener en cuenta la superficie de contorno que tendrá el espaldar y el asiento, además del rango de ajuste para los componentes; por tal motivo se tienen sistemas que van desde superficies de contorno relativamente planas, hasta sistemas con contornos personalizados que se construyen para coincidir de la manera eficiente con la silueta del cuerpo del usuario (Cook & Polgar, *Assistive Technologies: Principles and Practice*, 2019). En la Figura 7 se muestra un ejemplo de la constitución de un sistema de asiento plano, y de un sistema con superficie de contorno personalizada.

### Figura 7

*Distintos tipos de tecnologías de asiento para sentarse. a) Asiento plano, b) Asiento con superficie de contorno personalizada*



Tomado de “*Assistive Technologies: Principles and Practice*” (p. 206,207) por Cook & Polgar, 2012, (Mosby, an imprint of Elsevier Inc)

Existen varios aspectos a considerar para el desarrollo de una tecnología de asistencia para sentarse, los más importantes para satisfacer completamente la necesidad del usuario se presentan a continuación.

- Proporcionar un control postural óptimo para permitir la participación en actividades de interés.
- Brindar un equilibrio óptimo entre estabilidad y movilidad cuando el usuario está sentado.
- Mantenimiento de la alineación esquelética neutra.
- Prevenir las deformidades esqueléticas, en caso de que estas ya existan, minimizar su influencia en las funciones corporales y el desempeño del usuario en las actividades de la vida diaria.
- Asegurar la integridad tisular y redistribuir la presión.
- Proporcionar una posición de confort y de apoyo, que reduzca la fatiga experimentada por el usuario mientras está sentado.
- Mejorar la función respiratoria y circulatoria.
- Facilitar las actividades del cuidador (Cook & Polgar, Assistive Technologies: Principles and Practice, 2019).

Para cumplir con los objetivos nombrados es necesario ir de la mano con los estándares de calidad al momento de la construcción y fabricación de los dispositivos de asistencia. La normativa ISO (Internacional Organization for Standardization) es una excelente guía para abordar esa tarea, ya que un caso de estudio pasa por varias etapas que van desde un nuevo elemento de trabajo, hasta un estándar internacional válido. Gracias a esto, los usuarios de las tecnologías de asistencia obtienen acceso a productos más seguros, confiables y de mayor eficiencia.

El estándar ISO se ha enfocado mayoritariamente en las sillas de ruedas, haciendo énfasis en los medios de freno en marcha, frenos de estacionamiento y en el dispositivo de control en caso de que la silla sea eléctrica; obviamente sin dejar a un lado los criterios de sujeción y confortabilidad del usuario. Un claro ejemplo es la norma ISO 7176-19 publicada en 2008, dicha norma se aplica a las sillas de ruedas manuales y eléctricas, incluyendo los asientos orientados hacia adelante sobre vehículos motorizados y que son controlados por

niños o adultos con una masa corporal igual o superior a 22 kg. La norma determina los requisitos de diseño y rendimiento, los métodos de prueba asociados y la literatura de preventa, instrucciones y advertencias para el usuario. Se aplica a las sillas de ruedas completas, incluido un armazón de base y un sistema de asiento, así como a las sillas de ruedas equipadas con componentes adaptables adicionales, diseñados para facilitar el cumplimiento de uno o más de los requisitos (ISO, 2022).

La normativa ISO puede ser aplicada internacionalmente, sin embargo, el Ecuador está regido por la normativa INEN (Servicio Ecuatoriano de Normalización). Si se requiere de un enfoque específico en las tecnologías de asiento, no existe algo que abarque los dispositivos de asistencia, pero existe la posibilidad de adaptarse con las normas de calidad que contribuyen a la eficiencia y seguridad de los dispositivos médicos, como por ejemplo la norma INEN 14971 cuya finalidad es ayudar a los fabricantes a identificar los peligros asociados con el dispositivo médico, estimar, evaluar y controlar dichos riesgos y hacer seguimiento de la eficacia de los controles. De igual manera existe la norma INEN 1647, que establece los requisitos de construcción y dimensiones generales de los asientos. A pesar de que se enfoque en muebles de oficina, se la puede tomar como punto de referencia para la construcción de un dispositivo de asistencia para sentarse (INEN, 2020).

## **Triaje**

El triaje es un proceso que ayuda a la evaluación y clasificación de pacientes en un hospital o centro de emergencias, para determinar la gravedad de los síntomas y la necesidad de atención médica inmediata. Se basa en el motivo de consulta del paciente y suele utilizar diversas escalas que incluyen una serie de criterios para clasificar a los pacientes en diferentes categorías. El objetivo del triaje es permitir que los médicos y enfermeros brinden atención a las personas que más lo necesitan de manera más eficiente, es decir en el momento y lugar adecuados (Ciprés Añaños & Domínguez Romero, 2020).

### ***Escalas del triaje***

Un modelo de triaje, que se realiza de manera sistemática, utiliza una escala con cinco niveles de gravedad bien definidos. Este sistema debe ser fácil de reproducir, válido, útil, y debe ser utilizado siempre por personal que lo conozca en profundidad y que haya sido entrenado previamente, es importante que el personal que lo utiliza esté debidamente capacitado y sea capaz de aplicarlo de manera consistente y precisa. Cada nivel de la escala se relaciona directamente con un nivel de urgencia del paciente, esto significa que los pacientes con mayores niveles de gravedad recibirán atención prioritaria y se determinará el lugar de atención, las necesidades que deben cubrirse y los tiempos máximos de espera en función del nivel otorgado. Es importante tener en cuenta que la priorización de la atención se basa en la gravedad de la condición del paciente, y no necesariamente en la edad, el estatus socioeconómico o cualquier otro factor (Ortiz del Moral, 2021). Los niveles mencionados por el autor son los siguientes.

- Nivel I: Máxima prioridad. Comprende situaciones de riesgo vital inmediato, pueden requerir maniobras de resucitación.
- Nivel II: Situación de emergencia. Conllevan un riesgo vital alto, situaciones tales como inestabilidad hemodinámica o dolor intenso.
- Nivel III: Situación de urgencia. Situaciones que pueden conllevar riesgo, pero el paciente se encuentra estable.
- Nivel IV: Urgencias menores. No tiene compromiso vital, situaciones poco urgentes, pueden conllevar la necesidad de prueba diagnóstica o terapéutica.
- Nivel V: Situaciones no urgentes. Situaciones clínica sencillas, no graves, consultas administrativas etc.

Gracias a estos niveles esenciales se puede identificar de forma rápida a las personas que se encuentran en situación de compromiso vital, priorizar la atención en función de los niveles de gravedad establecidos, reevaluar periódicamente a los pacientes con un nivel mayor de gravedad y asegurar un área adecuada para la atención de los usuarios. Así se

garantiza que el modelo de triaje funciona de manera eficiente y efectiva (Ortiz del Moral, 2021).

### ***Papel del personal médico y de enfermería***

El personal médico y de enfermería de una estación de triaje tiene un papel crucial en la evaluación y clasificación de los pacientes en función de la gravedad de sus síntomas y la necesidad de atención médica inmediata. Esto implica realizar una evaluación rápida y precisa de los signos vitales del paciente, así como evaluar otros factores como el nivel de dolor o la dificultad para respirar. El personal de la estación de triaje debe ser capaz de utilizar una escala de triaje de manera consistente y precisa para determinar el nivel de urgencia del paciente y brindar la atención médica adecuada en consecuencia. Además, deben estar preparados para adaptarse a situaciones cambiantes y tomar decisiones rápidas y precisas en situaciones de emergencia.

El personal de enfermería se encarga de planificar las intervenciones de enfermería iniciales y puede ser responsable de utilizar técnicas diagnósticas o terapéuticas médicas según los protocolos de triaje avanzado. Estos procedimientos pueden incluir el uso de hielo, inmovilizaciones, ECG (electrocardiogramas), y otros tratamientos médicos iniciales. Por otro lado, el médico puede tener un papel importante en el proceso de triaje. Ya que podría brindar apoyo puntual al personal de enfermería que realiza esta actividad. Es importante que el médico y el personal de enfermería trabajen juntos para garantizar que los pacientes reciban la atención médica adecuada en el momento oportuno (OMS, 2010).

### ***El triaje pediátrico***

En el caso de los niños, se utiliza el TEP (triángulo de evaluación pediátrica) para determinar su estado fisiológico, evaluando la apariencia, circulación cutánea y trabajo respiratorio. Esta herramienta es universal para todos los pacientes pediátricos, independientemente de la razón de la consulta, y puede ser utilizada por cualquier miembro del equipo de salud. Se considera que es una evaluación rápida y fácil de realizar, además

permite evaluar la gravedad de los niños y brindar tratamiento inmediato a los que lo requieren (Albuja Echeverría , 2020). El desglose del TEP se presenta en la Tabla 4.

**Tabla 4**

*Interpretación del triángulo de evaluación pediátrica*

<b>Apariencia</b>	<b>Trabajo Respiratorio</b>	<b>Circulación Cutánea</b>	<b>Estado Fisiológico</b>
Normal	Normal	Normal	Normal/Estable
Alterado	Normal	Normal	Disfunción SNC (Sistema Nervioso Central)
Normal	Alterado	Normal	Dificultad Respiratoria
Alterado	Alterado	Normal	Fallo respiratorio
Normal	Normal	Alterado	Shock compensado
Alterado	Normal	Alterado	Shock descompensado
Alterado	Alterado	Alterado	Fallo cardiopulmonar

*Nota.* Adaptado de “Triage y Ruta de Atención del Paciente Pediátrico en la Pandemia COVID-19” (p. 10) por Albuja Echeverría, 2020 (<https://www.unicef.org/ecuador/informes/triaje-y-ruta-de-atención-del-paciente-pediátrico-en-la-pandemia-covid-19>)

La valoración de la apariencia incluye evaluar el tono de piel, la mirada, el lenguaje y la facilidad para calmar al niño. La estimación del trabajo respiratorio engloba escuchar ruidos patológicos (incluso sin el uso de un fonendoscopio) y calificar la respiración, incluyendo retracciones, aleteo nasal, agitación o taquipnea, cabeceo y posición anormal. La evaluación de la circulación cutánea incluye observar la palidez, la cianosis y la piel marmórea.

A continuación, el paciente pediátrico es valorado de acuerdo con la escala de Triage de Manchester. Los niños que presentan signos de disfunción del sistema nervioso central, dificultad respiratoria, falla respiratoria, shock compensado, shock descompensado y fallo cardiopulmonar se consideran inestables y deben ser atendidos en los niveles de prioridad 1 y 2, por otro lado, los niños que no presentan estos signos y se encuentran en estado fisiológico regular se consideran estables y deben ser atendidos en los niveles de prioridad 3, 4 y 5 (Albuja Echeverría , 2020). La Tabla 5 presenta de manera detallada los niveles de prioridad con los respectivos tiempos de espera.

**Tabla 5**

*Niveles de prioridad de atención de acuerdo con el triaje de Manchester*

<b>Nivel de Prioridad</b>	<b>Tiempo Estimado de Espera</b>	<b>Color</b>
1. Prioridad absoluta con atención inmediata y sin demora.	0 minutos	ROJO
2. Situaciones muy urgentes de riesgo vital, inestabilidad o dolor muy intenso.	Hasta 10 minutos	NARANJA
3. Urgente, pero con flujo sanguíneo estable, con potencial riesgo vital que probablemente exige pruebas diagnósticas y/o terapéuticas	Hasta 60 minutos	VERDE
4. Urgencia menor, sin potencial de riesgo vital.	Hasta 120 minutos	AMARILLO
5. No urgencia. Poca complejidad en la patología del paciente.	Hasta 240 minutos	AZUL

*Nota.* Adaptado de “Triage y Ruta de Atención del Paciente Pediátrico en la Pandemia COVID-19” (p. 12) por Albuja Echeverría, 2020 (<https://www.unicef.org/ecuador/informes/triaje-y-ruta-de-atención-del-paciente-pediátrico-en-la-pandemia-covid-19>)

### **El cáncer en el Ecuador**

El cáncer es una enfermedad caracterizada por la proliferación anormal y descontrolada de células en el cuerpo. Hay muchos tipos de cáncer, y cada uno puede afectar a diferentes partes del cuerpo. Según la OMS (Organización Mundial de la Salud), el cáncer es una enfermedad caracterizada por la división celular anormal y el crecimiento sin control en cualquier parte del cuerpo (OMS, 2022). Por otro lado, El NCI (Instituto Nacional del Cáncer de los Estados Unidos, por sus siglas en inglés) describe el cáncer como una enfermedad que se produce cuando las células anormales del cuerpo crecen sin control y pueden invadir tejidos cercanos o diseminarse (metástasis) a otras partes del cuerpo (NCI, 2021).

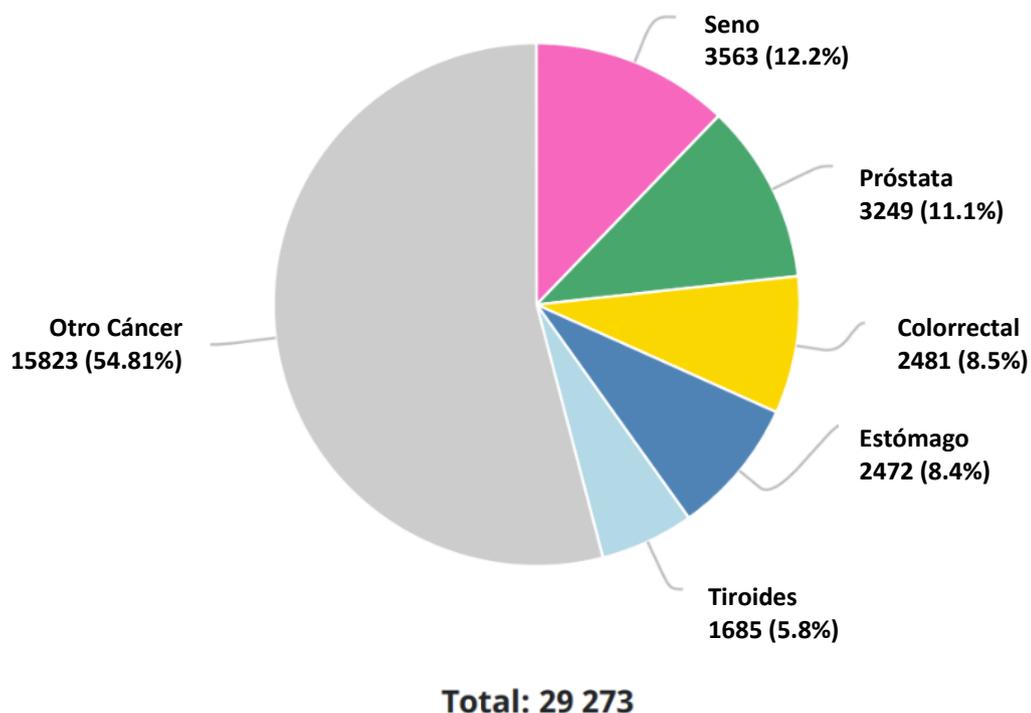
En general, estas entidades coinciden en que el cáncer es una enfermedad que puede afectar a cualquier parte de la anatomía humana y se caracteriza por el crecimiento anormal y descontrolado de células en el cuerpo.

Según la OMS, en América Latina, el cáncer es la segunda causa más común de muerte por enfermedad después de las enfermedades cardiovasculares, y para el caso del

Ecuador, el cáncer de mama, el cáncer de próstata y el cáncer de colon son los tres tipos más comunes de cáncer en mujeres y hombres, respectivamente. La Figura 8 presenta a detalle el porcentaje de cada tipo de cáncer con respecto al total de casos nuevos diagnosticados en el país, destacando que según el MSP (Ministerio de Salud Pública del Ecuador), para el año del 2020, en el Ecuador se registraron 76.062 casos de cáncer prevalente, esto quiere decir que los pacientes tienen cinco años de padecerlo, además existen 29.273 casos nuevos de cáncer y 15.123 pacientes fallecieron (MSP, 2022).

### Figura 8

*Número estimado de casos de cáncer nuevos en el Ecuador en 2020 (Todas las edades)*



*Nota.* Adaptado de “Global Cancer Observatory - IARC” por OMS, 2021, (<https://gco.iarc.fr/today/data/factsheets/populations/218-ecuador-fact-sheets.pdf>)

### **El Cáncer Infantil**

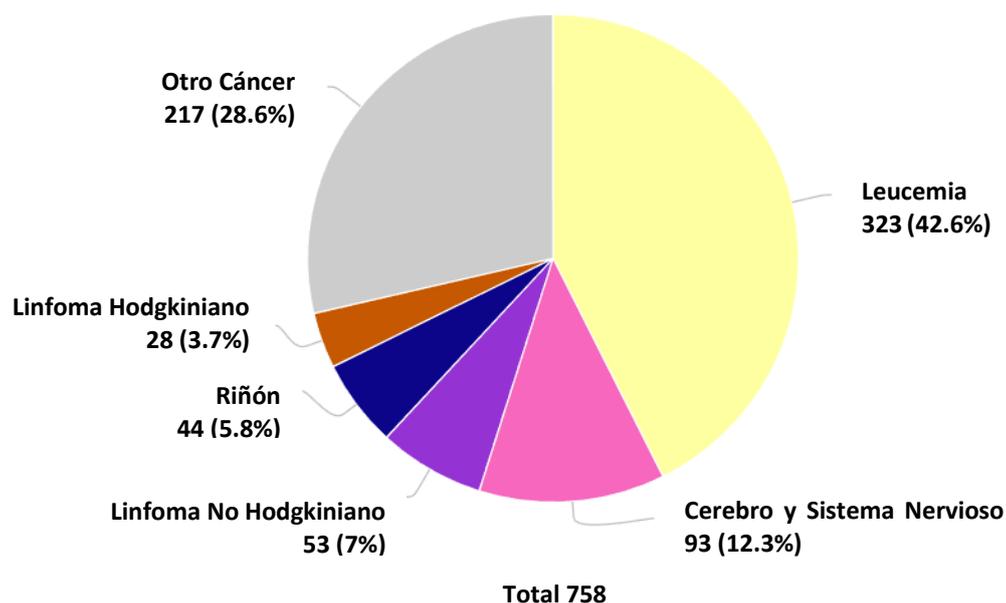
El término cáncer infantil hace referencia a los tumores que afectan a los niños y adolescentes. Dichos tumores son diferentes de los que se presentan en adultos, y requieren tratamientos y enfoques específicos; en términos generales, el cáncer es la segunda causa de muerte en dicha población, y es superada solo por los accidentes. La tasa de supervivencia

de un niño con cáncer depende del país en el que viva. En los países de altos ingresos, más del 80% de los niños con cáncer son curados, mientras que, en los países de ingresos bajos o medianos, menos del 30% de los niños con cáncer son curados (OMS, 2021).

Según el CNII (Consejo Nacional para la Igualdad Intergeneracional), el estado ecuatoriano define respectivamente como niño y niña a los ciudadanos y ciudadanas, que tengan una edad correspondiente al rango de 1 a 12 años; mientras que los y las adolescentes son quienes se encuentra entre los 12 y 17 años (CNII, 2018). A continuación, se presentan las cifras correspondientes a los pacientes pediátricos oncológicos según la OMS. En el caso de la Figura 9 se tienen los datos de incidencia de cancer infantil, con un total de 758 casos nuevos en el año 2020, mientras que en la Figura 10 se tiene los casos de cancer que han prevalecido en un lapso de 5 años, sumándose un total de 2577 casos.

### Figura 9

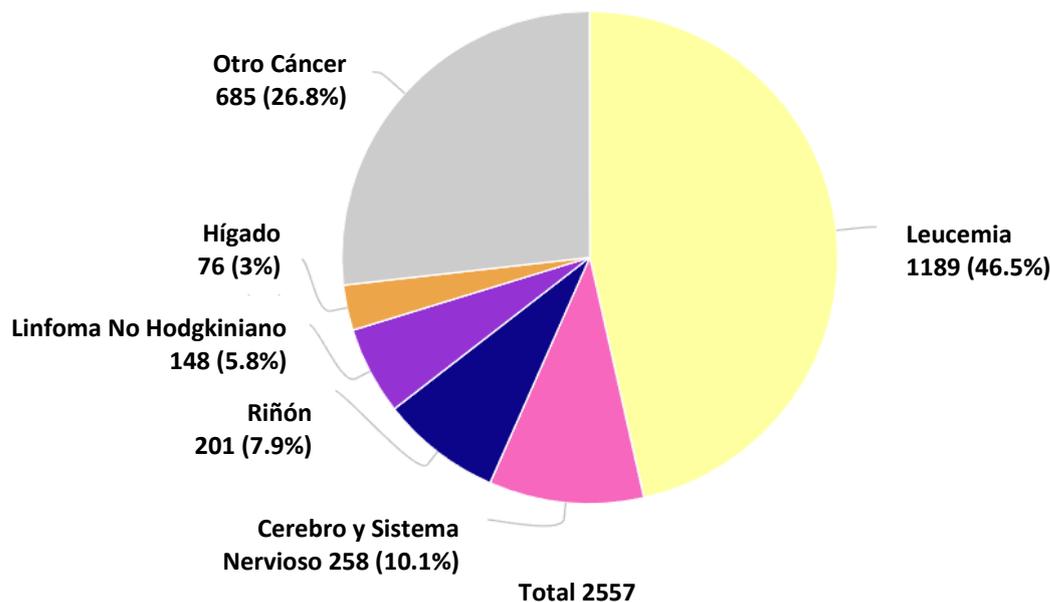
Número estimado de casos de cáncer nuevos en el Ecuador en 2020 (0-14 años)



Nota. Adaptado de "Global Cancer Observatory - IARC" por OMS, 2021, ([https://gco.iarc.fr/today/online-analysis-pie?v=2020&mode=cancer&mode\\_population](https://gco.iarc.fr/today/online-analysis-pie?v=2020&mode=cancer&mode_population))

**Figura 10**

Número estimado de casos de cáncer prevalentes en el Ecuador en 2020 (0-14 años)



*Nota.* Adaptado de “Global Cancer Observatory - IARC” por OMS, 2021, ([https://gco.iarc.fr/today/online-analysis-pie?v=2020&mode=cancer&mode\\_population](https://gco.iarc.fr/today/online-analysis-pie?v=2020&mode=cancer&mode_population))

Ambas gráficas muestran que la leucemia es la enfermedad principal que afecta a los pacientes pediátricos oncológicos, llegando casi a abarcar la mitad del total de casos, seguida por aquellos pacientes con afectaciones en el cerebro, sistema nervioso y el riñón, esto solo por destacar los tipos más comunes de cáncer en niños de la población ecuatoriana.

La mortalidad por cáncer en Ecuador puede estar influenciada por factores como la disponibilidad de servicios de atención médica de calidad, la accesibilidad a los tratamientos, el estilo de vida y hábitos de salud de la población. En el caso de los pacientes pediátricos se conoce que para el año 2020 se tuvieron aproximadamente 284 muertes a causa de la enfermedad, estas son encabezadas por los tipos de cáncer más comunes presentes en la población (OMS, 2020).

El diagnóstico y la detección temprana del cáncer son factores clave para mejorar la calidad de vida de los pacientes no solo en Ecuador, sino en todo el mundo. Cuanto antes se detecta la enfermedad, mayores son las opciones de tratamiento y las posibilidades de una

recuperación exitosa. Existen varias formas de detectar el cáncer temprano, incluyendo exámenes físicos, pruebas de laboratorio y pruebas de imagen. Es fundamental seguir un plan de cuidado de la salud regular y consultar a un profesional de atención médica si se presentan síntomas o factores de riesgo, ya que el tratamiento puede ser complicado para muchos pacientes debido a la complejidad de la enfermedad. Por lo tanto, el apoyo psicológico y emocional es esencial para mejorar la calidad de vida y ayudar a enfrentar los desafíos que conlleva el cáncer. (OMS, 2022).

### **Tecnología Digital Enfocada en la Salud**

En la actualidad, la tecnología digital enfocada en la salud se ha sintetizado en un concepto conocido como "e-health" o "salud digital". Este fenómeno o tendencia social busca integrar las TIC (tecnologías de la información y la comunicación) en productos, servicios, procesos de salud, cuidados, hábitos y comportamientos saludables. Esta tendencia surge a raíz de la expansión de las TIC, el desarrollo del internet y la sociedad 2.0 y 3.0, que están transformando la sociedad mediante cambios tecnológicos cada vez más acelerados. En este contexto, la salud digital surge como una consecuencia inevitable de la digitalización de la sociedad, involucrando diversas tecnologías y dispositivos como los teléfonos inteligentes con sus aplicaciones, el análisis de Big Data, la inteligencia artificial y la robótica. (Arroyon Menéndez & Díaz Velázquez, 2021).

La tendencia social de la salud digital se manifiesta en diversos ejemplos que utilizan medios digitales enfocados en la salud. Entre los más representativos está la telemedicina, que permite consultas médicas, diagnósticos, evaluaciones de riesgo y atención a los pacientes a distancia; la educación médica y la interacción entre el personal involucrado en la salud; dispositivos para la administración de medicamentos; registros electrónicos, triaje, herramientas en línea y agendas de citas para la gestión de la información de los pacientes; difusión y promoción de mensajes educativos para la salud a través de sitios web y blogs; seguimiento epidemiológico digital de brotes y enfermedades; monitoreo del medio ambiente mediante sensores que recopilan información en plataformas digitales; y seguimiento

biométrico mediante aplicaciones en los teléfonos inteligentes, entre otros. Todos estos ejemplos contribuyen a que los pacientes puedan mejorar su estilo de vida y satisfacer sus necesidades en el campo de la salud. (Arroyon Menéndez & Díaz Velázquez, 2021).

La FDA (Agencia Reguladora de Alimentos y Medicamentos) desempeña un papel crucial en la promoción de la salud digital al establecer estándares de seguridad y calidad para dispositivos médicos digitales, como dispositivos inteligentes, sensores, software, aplicaciones y servicios en línea. Esta entidad ha desarrollado programas para garantizar que los dispositivos sean seguros y efectivos, lo que incluye herramientas de verificación de datos, certificación de calidad y evaluación de los riesgos asociados. Además, la FDA se ocupa de temas relacionados con la privacidad y la protección de datos, promulgando directrices específicas para la protección de la información compartida por los dispositivos médicos digitales, que incluyen el uso de encriptación y autenticación para proteger la información compartida. Por lo tanto, se puede afirmar que la FDA tiene un papel activo en la promoción de la salud digital, asegurando que los dispositivos médicos digitales sean seguros, efectivos y protejan la información compartida. Esto es fundamental para garantizar que los pacientes reciban el mejor cuidado de salud posible. (Fleming et al., 2020).

La salud digital tiene una relación estrecha con el Big Data, ya que esta herramienta es fundamental en el campo de la medicina debido a su capacidad para analizar grandes cantidades de datos y proporcionar información valiosa al sector sanitario, el Big Data ha cambiado significativamente el enfoque de la medicina y ha permitido avances y descubrimientos importantes en el área. Los profesionales de la salud ahora pueden utilizar, de manera más eficiente, los datos recopilados para mejorar el diagnóstico, tratamiento y pronóstico de enfermedades, así como para identificar riesgos y patrones en los datos de los pacientes para descubrir nuevas tendencias en enfermedades. En conclusión, el Big Data ha permitido nuevas formas de mejorar la seguridad y el bienestar de los pacientes a través de la salud digital. (Menasalvas et al., 2016).

En la Figura 11 se muestra las potenciales fuentes para el Big Data enfocado en la salud según La Sociedad Médica de Massachusetts. A partir de estas fuentes de información, Andrian Vyslotskyi escribe un artículo que propone algunos beneficios del Big Data aplicado en la salud, tales como la reducción de errores médicos, prevención de enfermedades globales, cuidados de salud preventivos, modelos del comportamiento de las enfermedades, alertas en tiempo real, personalización de la atención por paciente, predecir costos de los tratamientos, analizar y prever los riesgos de tratamientos, identificar pacientes de alto riesgo, prevención de suicidios, desarrollo de nuevas terapias y medicamentos, prevención de visitas innecesarias, entre otros (Vyslotskyi, 2020).

### Figura 11

*Fuentes de información para el Big Data enfocada en la salud*



*Nota.* Adaptado de “N-iX” por Vyslotskyi, 2020, (<https://www.n-ix.com/big-data-healthcare-key-benefits-uses-cases/>)

### IoT en la Salud Ecuatoriana

Existen algunos proyectos que abordan el uso del IoT enfocado en la salud de los ecuatorianos. Por ejemplo, en Ibarra se realizó un proyecto en el año 2022, presenta un dispositivo portátil IoT (Internet de las cosas) que se puede instalar en vehículos y que permite medir el grado de contaminación en las zonas urbanas de la ciudad. Este prototipo utiliza el

protocolo MQTT que permite enviar la información recopilada por los sensores a una computadora, en una base de datos temporal, y clasifica a la contaminación como baja, media o alta según los resultados que arrojen los sensores (Alvear et al., 2022).

En 2020, la Universidad Politécnica Salesiana publicó un proyecto enfocado en el sistema de salud ecuatoriano. En este estudio se llevó a cabo un análisis detallado de las diferentes arquitecturas, modelos, estándares, evaluaciones, mecanismos y procedimientos de ciberseguridad aplicados a los dominios de IoT, así como al área de salud pública y privada. Además, se presentó una propuesta de modelo basado en IoT que mejora la protección de la integridad, confidencialidad y disponibilidad de la información, tomando en cuenta la arquitectura, dispositivos y datos del hospital en cuestión. Esta iniciativa es importante para mejorar la seguridad de la información en el sistema de salud, lo que puede tener un impacto positivo en la calidad del cuidado que se brinda a los pacientes. (Tanzado et al., 2020).

MilNova es otro proyecto desarrollado en Ecuador y publicado en 2017, enfocado en el campo de la salud y militar, desarrollado en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Este proyecto propone un método de monitorización de ciertos parámetros de salud como la oximetría de pulso, la frecuencia cardíaca y la temperatura corporal del personal militar, así como su posición por GPS. Toda la información recopilada por los sensores es transmitida de manera inalámbrica y pasa a una etapa de almacenamiento y procesamiento, para luego realizar un análisis y posibles predicciones (Reyes et al., 2017).

En Ecuador, el uso del IoT se ha extendido a varios sectores, incluyendo la salud. Esto ha permitido el desarrollo de proyectos más avanzados y útiles para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.

### **Dispositivos de Medición de los Signos Vitales**

Para evaluar el estado de salud de un paciente, es necesario examinar físicamente al paciente y medir datos objetivos relacionados con una serie de parámetros, conocidos como

signos vitales: temperatura, respiración, pulso, presión arterial y presión venosa central. Actualmente, la oximetría de pulso también es considerada un signo vital importante por muchos. La evaluación de estos parámetros proporciona una base sólida para desarrollar cuidados de enfermería de calidad.

### ***Frecuencia cardíaca***

También llamado pulso arterial, es el movimiento o vibración que se puede sentir cuando se presiona ligeramente sobre una arteria en una superficie ósea, como por ejemplo el cuello o el brazo. Este movimiento refleja las características de la contracción del corazón y se produce cuando la sangre es expulsada con fuerza a través de las arterias, causando una onda de expansión que hace que se dilaten y aumenten de tamaño. Entre un latido cardíaco y otro, las arterias se contraen y vuelven a su tamaño normal (Pérez de la Plaza & Fernández Espinosa, 2017).

**Monitor de frecuencia cardíaca.** Se trata de un dispositivo que mide la frecuencia cardíaca durante el ejercicio. Puede incluir una banda para el pecho que se conecta a un reloj o dispositivo portátil para mostrar los datos de la frecuencia cardíaca en tiempo real. Estos equipos son comúnmente utilizados por atletas y personas interesadas en monitorear su condición física para mejorar su rendimiento (Polar, 2022). A continuación, se presentan las características destacables de un monitor de la marca Polar, seguido de una imagen del dispositivo en la Figura 12.

- Ubicación: En contacto con el pecho
- Comunicación inalámbrica
- Rango de medición: 30-240 latidos por minuto
- Temperatura de operación: -10°C a +50°C
- Voltaje de operación: 3.0V a 3.6V
- Material: Poliuretano y poliéster
- Resistencia al agua

**Figura 12**

Monitor de frecuencia cardíaca, marca Polar



*Nota.* Tomado de “Polar H10” por Polar, 2022, (<https://www.polar.com/en/sensors/h10-heart-rate-sensor>)

**Sensor de pletismografía de pulso.** La pletismografía se basa en el principio de que cuando el flujo sanguíneo aumenta en una extremidad, el volumen de esa extremidad también aumenta. El dispositivo utiliza un sensor de presión para medir este cambio de volumen y, por lo tanto, calcular el flujo sanguíneo. Este dispositivo puede ser utilizado para estudiar la circulación en pacientes con enfermedades cardíacas, vasculares y pulmonares (Iworx, 2018). Se presentan los aspectos importantes, seguido de una fotografía del sensor de pletismografía de pulso de la marca Iworx en la Figura 13.

- Ubicación: En contacto con el dedo índice
- Salida de pulso típica: 100 mV de amplitud
- Frecuencia de respuesta:  $\pm 0/1$  a 750 Hz
- Dimensiones:  $\varnothing:0,86$  x h: $0,35$  in

### Figura 13

Sensor de pletismografía de pulso, marca Iworx



Nota. Tomado de "Pulse Plethysmograph (PT-104)" por Iworx, 2018, (<https://iworx.com/products/sensors/din8-sensors/pt-104/?v=3fd6b696867d>)

### **Frecuencia respiratoria**

La respiración es un proceso vital para el cuerpo humano que permite el intercambio de gases entre el aire y la sangre. El bulbo raquídeo es el encargado de controlar el proceso de respiración a través del sistema nervioso. La respiración consta de dos fases: inspiración y espiración. La inspiración se produce cuando el tórax se expande y el aire entra en los pulmones, mientras que la espiración se produce cuando los músculos del tórax se relajan y el dióxido de carbono es expulsado. La respiración se divide en tres procesos: la ventilación, que es la parte mecánica de la respiración; la difusión, que se lleva a cabo en los alvéolos pulmonares; y la perfusión, que es el transporte de oxígeno desde los capilares alveolares a las células (Pérez de la Plaza & Fernández Espinosa, 2017).

**Monitor de respiración.** Es un dispositivo utilizado para medir la profundidad y frecuencia relativa de la respiración en un sujeto humano durante experimentos en los que no es práctico monitorear la respiración con un espirómetro. Permite medir fácil, precisa y discretamente las tasas de respiración y las amplitudes relativas mientras el sujeto realiza otra tarea. Consta de dos componentes: un sensor piezoeléctrico que produce un voltaje en respuesta al movimiento y un cinturón elástico que se coloca alrededor del tórax para sujetar

el sensor en su lugar (Iworx, 2018). Seguidamente, se presentan los aspectos importantes y una fotografía del sensor de pletismografía de pulso de la marca Iworx en la Figura 14.

- Ubicación: Sobre el pecho
- Salida de voltaje: 100 mV de amplitud
- Dimensiones: 50x50x2 mm

#### Figura 14

*Monitor de respiración, marca Iworx*



*Nota.* Tomado de “Respiration Belt (RM-204)” por Iworx, 2018, (<https://iworx.com/products/sensors/rasensors/rm-204/?v=3fd6b696867d>)

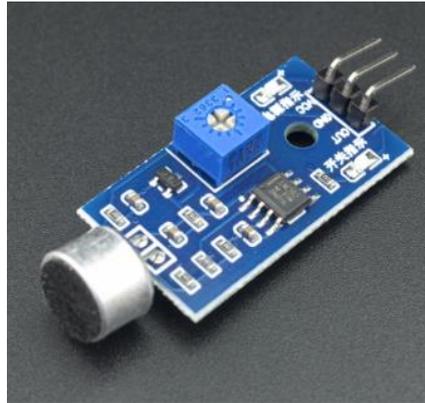
**Módulo de detección de sonido.** Se lo utiliza para detectar la intensidad de sonido en el ambiente. Cuenta con un potenciómetro para ajustar la sensibilidad, lo que permite que solo se detecten ciertos niveles de frecuencia de sonido. Se incluye una pequeña placa con un agujero que permite su fijación en cualquier tipo de superficie mediante un tornillo y tuerca. Proporciona una señal de salida digital de un solo canal, que puede ser procesada mediante una tarjeta de adquisición o microcontrolador, según sea necesario. Cuando no hay presencia de sonido, la señal de salida y el indicador envían un nivel bajo de tensión (Vistrónica, 2018). A continuación, se presentan los aspectos importantes y una fotografía del módulo de la marca Daoki en la Figura 15.

- Voltaje de operación: 5V.
- Temperatura de operación: -40°C a +85°C.

- Indicador lumínico tipo LED de alimentación.
- Indicador lumínico tipo LED de activación de salida digital.
- Dimensiones: Largo 4.3cm; ancho 1.5cm; alto 1.4 cm.

### Figura 15

*Módulo de detección de sonido, marca Daoki*



*Nota.* Tomado de “Módulo de detección de sonido” por Vistrónica, 2018, (<https://www.vistronica.com/sensores/modulo-de-deteccion-de-sonido-detail.html>)

### **Presión arterial**

La tensión arterial es la presión que ejerce la sangre sobre las paredes de las arterias. Al medir la tensión arterial de un paciente, se está evaluando la fuerza con la que la sangre fluye a través de las arterias. Cuando el corazón se contrae, ejerce una alta presión sobre las arterias, conocida como presión sistólica o presión máxima. Cuando el corazón se relaja entre cada contracción, la presión arterial disminuye, conocida como presión diastólica o presión mínima (Pérez de la Plaza & Fernández Espinosa, 2017).

**Monitor de presión arterial.** El dispositivo mide la presión arterial utilizando un manguito colocado en el brazo superior del sujeto, lo infla a una presión superior a la presión sistólica, lo que bloquea el flujo sanguíneo al brazo inferior, por lo que no se puede ver ninguna pulsación cuando se utiliza un pletismógrafo de pulso. A medida que se reduce la presión en el manguito, la salida del sensor de presión disminuye y el flujo sanguíneo vuelve a medida que la presión cae por debajo de la presión sistólica del sujeto. La presión sistólica

se identifica en la grabación como el punto en el que se ve por primera vez la pulsación. A medida que la presión continúa reduciéndose, la amplitud de la onda de pulso aumenta hasta alcanzar un máximo. El punto en el que se ve la primera onda de pulso de amplitud máxima durante la reducción de la presión del manguito es la presión diastólica (Iworx, 2018). Se presentan los aspectos importantes a continuación, junto con una fotografía del monitor de presión arterial de la marca Iworx en la Figura 16.

- Ubicación: Alrededor del brazo
- Rango de entrada: 0 – 300 mmHg
- Rango de salida: 0V a 0.7341V
- Valores de escala predeterminados: 1V = 408.6mmHg, 0.2447V = 100mmHg

### Figura 16

*Monitor de presión arterial, marca Iworx*



*Nota.* Tomado de “Blood Pressure Monitor” por Iworx, 2018,  
(<https://iworx.com/products/sensors/tasensors/bp-220/?v=3fd6b696867d>)

**Tensiómetro digital.** Un tensiómetro digital es un dispositivo utilizado para medir la presión arterial. Se compone de un manguito que se coloca alrededor del brazo o la muñeca del sujeto y un dispositivo electrónico que muestra los resultados de la medición. El manguito se infla con aire mediante una bomba manual o automática, y el dispositivo electrónico utiliza un sensor para medir la presión arterial. La medición se realiza en dos etapas, sistólica y

diastólica, y los resultados se muestran en una pantalla digital. Los tensiómetros digitales suelen tener características adicionales como la capacidad de almacenar varias mediciones, promedios de lecturas y alarmas para lecturas anormales (De Arana, 2022). Seguidamente se presentan los aspectos importantes y una fotografía de un tensiómetro digital para el brazo de la marca Omron en la Figura 17.

- Ubicación: Alrededor del brazo
- Rango de entrada: 0 – 30 mmHg
- Precisión: 3 mmHg
- Temperatura de operación: 10 a 40 °C
- Medidas: 11cm (largo) x 9.5cm (ancho) x 6cm (alto máximo).

### Figura 17

*Tensiómetro digital de brazo, marca Omron.*



*Nota.* Tomado de “El país” por De Arana, 2020, (<https://elpais.com/mexico/escaparate/estilo-de-vida/2022-02-07/tensiometro-digital-que-es-para-que-se-usa-y-por-que-lo-necesitas.html>)

### **Saturación de oxígeno**

La sangre está compuesta principalmente de agua y el oxígeno se disuelve en ella para ser transportado. Sin embargo, el ser humano tiene altas demandas metabólicas y no es posible disolver suficiente oxígeno en la sangre para cubrir las necesidades básicas. Para compensar esto, existe un método que aumenta la capacidad de transporte de oxígeno en la

sangre mediante una molécula especial llamada hemoglobina. La saturación de oxígeno (SpO<sub>2</sub>) es una medición que indica el porcentaje de hemoglobina en la sangre que está unida al oxígeno. Cuando la hemoglobina está unida al oxígeno, se llama hemoglobina oxigenada, y cuando no lo está, se llama hemoglobina desoxigenada. La saturación de oxígeno se mide mediante un sensor de pulso que se coloca en el dedo, la oreja o el lóbulo de la nariz. El sensor utiliza la luz para medir la cantidad de hemoglobina oxigenada en la sangre (CardiacSense, 2022).

**Oxímetro de pulso.** Es un dispositivo utilizado para medir el nivel de oxígeno en la sangre. Puede presentarse en forma de un pequeño dispositivo con una pinza o como un aparato portátil con un sensor que se coloca en el dedo o en el lóbulo de la oreja. El dispositivo emite rayos de luz que pasan a través de la sangre para medir los niveles de oxígeno, en la mayoría de las presentaciones, el oxímetro también puede indicar la frecuencia cardíaca (American Thoracic Society, 2011). Se presentan los aspectos importantes seguidos de una fotografía de un oxímetro de la marca Microlife en la Figura 18.

- Peso: 50 g
- Tamaño: 62 x 37 x 32 mm
- Eficacia: +/-1%
- Rango SpO<sub>2</sub>: 35 –100%
- Rango Pulso: 25 –250 BPM
- Resolución: 1% para SpO<sub>2</sub>, 1 BPM para pulso
- Temperatura de funcionamiento: 5 - 40 °C

**Figura 18**

*Oxímetro de pulso, marca Microlife*



*Nota.* Tomado de “Oxímetro de pulso Microlife” por CorpMaster, 2023, ([https://corpmaster.net/store/diagnostico-medico/oximetro-de-pulso-microlife/.](https://corpmaster.net/store/diagnostico-medico/oximetro-de-pulso-microlife/))

**Sensor Max30100.** El sensor es una solución integrada de oximetría de pulso y monitor de frecuencia cardíaca. Combina dos LED, un fotodetector, óptica optimizada y procesamiento de señal analógico de bajo ruido para detectar señales de pulso y frecuencia cardíaca. Funciona con suministros de energía de 1.8V y 3.3V y se puede apagar mediante software con un corriente de espera mínima, permitiendo que la fuente de alimentación permanezca conectada en todo momento (How to Electronics, 2022). A continuación, se muestran los aspectos importantes seguidos de una fotografía del sensor.

- Alimentación de 1.8V y 3.3V
- Consume muy poca energía
- Corriente de apagado ultra baja (0.7 $\mu$ A, típicamente)
- Capacidad de salida de datos rápida
- Tipo de interfaz: I2C (inter integrated circuits)
- Dimensiones: 1.9x1.5x1.1 mm

## Figura 19

Sensor Max30100



*Nota.* Tomado de “Interfacing MAX30100 Pulse Oximeter Sensor with Arduino” por How to Electronics, 2022, (<https://how2electronics.com/interfacing-max30100-pulse-oximeter-sensor-arduino/>)

### ***Temperatura corporal***

La temperatura es un signo vital que mide la cantidad de calor que tiene el cuerpo, está determinada por el equilibrio entre el calor que produce el cuerpo y el calor que pierde. El ser humano produce calor a través de la actividad muscular y el metabolismo energético, mientras que pierde calor a través de la evaporación, la radiación, la conducción y la convección. El hipotálamo, que es el centro termorregulador del cuerpo y controla la temperatura a través del sistema nervioso (Pérez de la Plaza & Fernández Espinosa, 2017).

***Termómetro Digital.*** Se caracteriza por utilizar un sensor electrónico para detectar la temperatura y mostrar el resultado en una pantalla digital. Existen diferentes tipos de termómetros digitales, como los utilizados para medir la temperatura corporal, la temperatura ambiental, la temperatura de alimentos y bebidas, entre otros. Estos dispositivos son precisos, fáciles de usar y requieren poca o ninguna interpretación para leer los resultados (Quintanilla, 2022). Seguidamente se presentan los aspectos importantes y una fotografía de un termómetro para uso médico en la Figura 20.

- Su uso puede ser oral o axilar.
- Aviso sonoro para la toma de temperatura

- Aviso sonoro para la verificación de temperatura
- Advertencia de Fiebre
- Batería 1.5V (LR/SR41)

## Figura 20

*Termómetro digital, marca Fortune Medical*



*Nota.* Tomado de “Termómetro Digital” por Quintanilla, 2022,  
(<https://sydquintanilla.com/product/termometro-digital/>)

**Sensor MLX90614.** Se trata de un sensor de temperatura sin contacto que se basa en la tecnología infrarroja, puede medir la temperatura de un objeto específico entre  $-70^{\circ}\text{C}$  y  $382.2^{\circ}\text{C}$ , y una temperatura ambiente entre  $-40^{\circ}\text{C}$  y  $125^{\circ}\text{C}$  sin necesidad de hacer contacto físico con el objeto en observación. Cuenta con un puerto I2C (inter integrated circuits) para comunicar la lectura de temperatura a los microcontroladores a través de un bus I2C. Este dispositivo es altamente preciso debido a su convertidor analógico digital. Dicho convertidor de 17 bits está integrado en el módulo y emite valores con una resolución de  $0.14^{\circ}\text{C}$  (Del Valle Hernández, 2020). Se presentan los aspectos importantes y una fotografía del sensor en la Figura 21.

- La tensión de operación es de 3.6 voltios a 5.5 voltios
- El rango de temperatura ambiente es de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $125^{\circ}\text{C}$
- El rango de temperatura de objeto es de  $-70^{\circ}\text{C}$  a  $382.2^{\circ}\text{C}$
- La resolución de medición es de  $0.02^{\circ}\text{C}$
- La resolución del ADC es de 17 bits
- Se adapta para aplicaciones de 8-16 voltios y se puede integrar fácilmente
- Es un sensor de alta sensibilidad y eficiente en el consumo de energía

**Figura 21**

Sensor MLX90614



*Nota.* Tomado de “Termómetro infrarrojo con Arduino MLX90614” por Del Valle Hernández, 2022, (<https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/termometro-infrarrojo-con-arduino-mlx90614/>)

**Dispositivos de Medición de los Parámetros Antropométricos**

Los parámetros antropométricos son una serie de medidas que se toman del cuerpo humano con el objetivo de describir su forma y dimensión. Estos parámetros se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo diseño de productos, diseño de espacios, evaluación de la salud y el bienestar, investigación en biología y ergonomía, entre otras. (Carbajal Azcona, 2013).

***Peso Corporal***

El peso corporal es un indicador de la cantidad de masa que tiene un cuerpo. Se suele medir en kilogramos (kg) o libras (lb) y se utiliza como una medida de la cantidad de tejido corporal, incluyendo músculo, hueso, grasa y órganos. Es un factor importante para evaluar el estado nutricional y físico de una persona. El peso ideal o saludable puede variar para cada individuo, dependiendo de factores como la edad, el género, la estatura y la composición corporal. El peso corporal se utiliza junto con otros indicadores como el índice de masa corporal (IMC) y el perímetro abdominal para evaluar el riesgo de enfermedades como la diabetes tipo 2, la enfermedad cardíaca y la hipertensión (Carbajal Azcona, 2013).

**Báscula digital.** Es un dispositivo de medición que utiliza tecnología electrónica para medir la masa de una persona y mostrar el resultado en una pantalla digital. Utiliza una célula de carga, que es un dispositivo que convierte la fuerza mecánica del peso en una señal eléctrica para realizar la medición. La mayoría de las básculas digitales también tienen características adicionales como la capacidad de medir la masa muscular, la masa ósea y la grasa corporal. También suelen contar con una conectividad para guardar o compartir los datos con otras aplicaciones o dispositivos (Badecol, 2020). Se presentan los aspectos importantes y una fotografía de una báscula digital en la marca Kenwell en la Figura 22.

- Capacidad 180kg
- Mide el peso, % de grasa y masa muscular, % agua corporal, % hueso y calorías
- Material: Plástico y Acero
- Auto encendido al pararse en la báscula
- Uso con memoria para 12 usuarios
- Pantalla LCD 74 x 35.6mm

## Figura 22

*Báscula digital, marca Kenwell*



*Nota.* Tomado de “Báscula Digital Pesa Persona” por Badecol, 2020, (<https://www.badecol.com/products/bascula-pesa-persona-electronica-medidora-de-porcentaje-masa-grasa-agua-capacidad-180-kg-ef-741>)

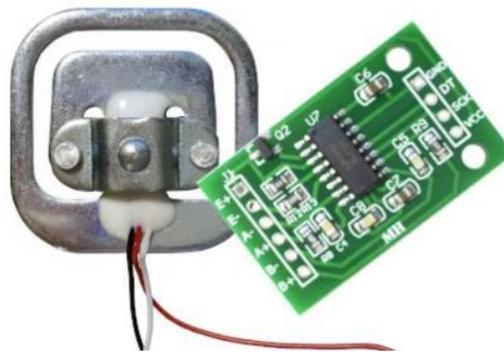
**Celdas de carga.** Una célula de carga es un dispositivo utilizado para medir la fuerza o el peso de un objeto. Se compone de un material sensible a la deformación, como el

acero o el aluminio, que se conecta a un circuito eléctrico. Cuando se aplica una carga a la célula, la deformación del material se traduce en un cambio en la resistencia eléctrica, que luego se utiliza para calcular el peso de la carga. Estas células de carga suelen utilizarse en aplicaciones de pesaje, como básculas, plataformas de pesaje y sistemas de medición de fuerza dinámica (Luuk, 2021). Seguidamente se tiene los aspectos importantes y una fotografía de una celda de carga de 50kg en la Figura 23.

- Voltaje de operación: Menor que 10V
- Capacidad: Hasta 50 kg
- Sensibilidad de salida:  $1.0 \pm 0.1 \text{ mV} / \text{V}$
- No linealidad: 0,03% FS
- Repetibilidad: 0,03% FS
- Resistencia:  $1000 \Omega \pm 20$
- Temperatura de funcionamiento: 0 – 50°C

### Figura 23

*Celda de carga de 50kg*



*Nota.* Tomado de “50kg Load Cells with HX711 and Arduino. 4x, 2x, 1x Diagrams.” por Luuk, 2021, (<https://circuitjournal.com/50kg-load-cells-with-HX711>)

### **Estatura**

La estatura es una medida de la altura del cuerpo humano y es uno de los parámetros antropométricos más utilizados. Se mide desde la planta del pie hasta la parte superior de la cabeza o el cuero cabelludo, sin incluir el pelo. Es influenciada por una combinación de

factores genéticos y ambientales, incluyendo la nutrición, la actividad física y la salud general. Durante la infancia y la adolescencia, la estatura aumenta, pero luego comienza a disminuir a medida que las personas envejecen. (Torrescano, 2018).

**Tallímetro digital.** Funciona utilizando la tecnología de ultrasonidos para determinar la altura mediante la medición de la distancia desde el dispositivo hasta la parte superior de la cabeza o el cuero cabelludo de una persona. El tallímetro digital por ultrasonido envía un pulso desde un emisor hasta el objetivo y luego mide el tiempo que tarda en regresar. La distancia se determina utilizando la velocidad del sonido y el tiempo de viaje. (Topmedic, 2022). A continuación, se presentan los aspectos importantes y una fotografía de un tallímetro de la marca Camry en la Figura 24.

- Medición inalámbrica de estatura mediante haz ultrasónico.
- Almacenamiento de 8 memorias para 8 usuarios diferentes.
- Rango de medición desde 25cm hasta 2 metros.
- Divisiones de 1mm.
- Pantalla LCD.
- Unidades: cm/in.

## Figura 24

*Tallímetro digital, marca Camry*



*Nota.* Tomado de “Tallímetro Digital Portátil Camry – 2 metros – Pantalla LCD” por Topmedic, 2022, (<https://topmedic.cl/products/tallimetro-digital-portatil>)

## Estado del Arte

En este segmento se realiza una comparación y análisis de 16 artículos relevantes de los últimos 5 años. En la Tabla 6 y la Tabla 7 se resumen los parámetros más importantes relacionados con la adquisición de datos, la aplicación local y el componente IoT, así como los signos vitales que se miden. Estos parámetros se comparan con las características del prototipo, denominado "Estación de Triage IoT", que se encuentra ubicado hasta el final.

De la revisión de los artículos se puede evidenciar que la mayoría están enfocados en pacientes adultos, adultos mayores o pacientes con enfermedades específicas y en estado crónico, esto proporciona un realce en cuanto al prototipo planteado ya que se enfoca en pacientes pediátricos. Por otra parte, en los artículos se plantean diseños de sistemas en los que los dispositivos de medición y sensores se encuentran simplemente conectados mediante cables a una caja de control, a diferencia de la estación de triaje IoT que cuenta con todos los dispositivos integrados en una estructura. También se puede destacar que en ningún artículo se usa una tarjeta de adquisición de datos como la MyDAQ de National Instruments, dicha tarjeta resulta muy conveniente por que cuenta con una resolución de 24 bits y una tasa de muestreo rápida, lo que garantiza una mayor precisión de los datos adquiridos, además de que es compatible con una amplia gama de sensores, actuadores y dispositivos electrónicos.

La revisión de los artículos muestra que ninguno de ellos mide todos los signos vitales, aunque algunos miden hasta 4 de ellos. En contraste, la Estación de Triage IoT del presente proyecto mide 6 de los signos vitales más importantes y además puede tomar la medida del peso del paciente, esto es muy alentador en cuanto a su utilidad y complejidad.

Para una mejor distribución, en la Tabla 6 y la Tabla 7 se presentan contracciones como: comunicación (Com), temperatura (Temp), saturación de oxígeno (Oxi), frecuencia respiratoria (Fres), frecuencia cardíaca (Fcar), presión sistólica (Psys), presión diastólica con (Pdia) y almacenamiento (Alm).

Tabla 6

Resumen de artículos revisados en el estado del arte (Parámetros de medición)

Artículo	Mercado Objetivo	Tipo de sistema	Adquisición de datos			Parámetros de medición						
			Com.	Sensores y dispositivos Usados	Software	Peso	Temp.	Oxi.	Fres.	Fcar.	Psys.	Pdia.
(Saha et al., 2021)	Adultos	Sensores y placas en protoboard	Serial, ZigBee	Arduino Nano, sensor de temperatura DS18B20, módulo de comunicación ZigBee	Arduino IDE, XCTU		x					
(Afef et al., 2019)	Pacientes cardiacos	Dispositivos médicos acoplados a caja de control	Bluetooth	Teléfono inteligente, sensor portátil Zephyr BT, monitor de presión arterial inalámbrico Omron, sensor de temperatura basado en Bluetooth G plus	–		x			x	x	x
(Panessai & Abdulbaqi, 2020)	General	Módulo biomédico	Serial	Arduino Nano, AD8232 ECG módulo monitor de Pulso Cardíaco, electrodos, sensor de pulso SEN-11574, sensor de temperatura DS18B20	Arduino IDE		x			x		
(Liu et al., 2019)	General	Visión Artificial	RFID	Lector RFID Impinj Speedway R420, antena-Alien-ALR-8696-C	–					x		
(Zubairi et al., 2018)	Pacientes en traslado	Monitoreo en ambulancia	Serial	Tarjeta eHealth, Arduino, Sensores eHealth, Raspberry Pi 3 con pantalla	Arduino IDE		x	x			x	
(Breteler et al., 2020)	Pacientes con lesiones	Dispositivos médicos en una caja de control	–	Parche de salud, dispositivo SensiumVitals	–			x	x	x		

Tabla 6

Resumen de artículos revisados en el estado del arte (Parámetros de medición) (Continuación)

Artículo	Mercado Objetivo	Tipo de sistema	Adquisición de datos			Parámetros de medición						
			Com.	Sensores y dispositivos Usados	Software	Peso	Temp.	Oxi.	Fres.	Fcar.	Psys.	Pdia.
(Khanam et al., 2019)	Adultos mayores, pacientes crónicos	Visión Artificial	–	Computadora, cámara de video	–				x	x		
(Ashfaq et al., 2022)	Pacientes crónicos	Sensores acoplados en un prototipo	I2C y Serial	Raspberry pi 4, sensor de frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno MAX30102, sensor de temperatura MLX90614	–		x	x			x	
(Rahman & Vandika, 2020)	General	Sensores acoplados a una caja de control	I2C y Serial	Arduino Uno, sensor de temperatura MLX90614	Arduino IDE		x					
(Yakubu, & Wereko, 2021)	Adultos mayores y Pacientes crónicos	Sensores y placas en protoboard	Serial	Arduino Uno, Sensor de temperatura LM35, sensor de pulso SEN-11574, ADS1292R ECG/respiration shield, pantalla LCD	Arduino IDE		x		x		x	
(Cabanillas C & Amachi C, 2021)	Pacientes covid-19	Sensores y placas en protoboard	Serial	ESP8266, sensor de oxímetro de pulso MAX30102, sensor LM35	Arduino IDE		x	x				
(Kommey et al., 2018)	General	Sensores y placas en proto protoboard	Serial	Arduino Uno, sensor de pulso SEN-11574, Sensor lm35, pantalla LCD, módulo bluetooth	Arduino IDE		x				x	



Tabla 7

Resumen de artículos revisados en el estado del arte (Aplicación local y IoT)

Artículo	Aplicación Local			IoT				
	Datos tiempo real	Interfaz de usuario	Alerta	Método de conexión	Interfaz de usuario	Control de Usuario	Alm. de datos	Análisis de datos
(Saha et al., 2021)	Si	Despliegue de datos	No	–	–	–	–	–
(Afe et al., 2019)	Si	Despliegue de datos y gráficas	Color rojo en valores anómalos	Teléfono inteligente	Despliegue de datos con información del estado y tratamiento del paciente	Si	Si	Si
(Panessai & Abdulbaqi, 2020)	No	Despliegue de datos y gráficas	No	–	–	–	–	–
(Liu et al., 2019)	Si	No	No	–	–	–	–	–
(Zubairi et al., 2018)	Si	Despliegue de datos	No	ESP8266	Despliegue de datos y gráficas	Si	Si	Si
(Breteler et al., 2020)	Si	No	No	–	No	No	No	No
(Khanam et al., 2019)	Si	No	No	–	No	No	No	No
(Ashfaq et al., 2022)	Si	Despliegue de datos	Envía SMS y correo al médico	Módulo Wi-Fi para Raspberry	Despliegue de datos y gráficas	Si	Si	Si
(Rahman & Vandika, 2020)	Si	No	Envía SMS y correo al médico	ESP8266	Si	No	Si	No
(Yakubu, & Wereko, 2021)	Si	No	No	ESP8266	No	No	No	No

Tabla 7

Resumen de artículos revisados en el estado del arte (Aplicación local y IoT) (Continuación)

Artículo	Aplicación Local			IoT				
	Datos tiempo real	Interfaz de usuario	Alerta	Método de conexión	Interfaz de usuario	Control de Usuario	Alm. de datos	Análisis de datos
<b>(Cabanillas C &amp; Amachi C, 2021)</b>	Si	No	No	ESP8266	Despliegue de datos y gráficas	No	No	No
<b>(Kommey et al., 2018)</b>	Si	Despliegue de datos	Alerta en aplicación móvil	Teléfono inteligente	Despliegue de datos y gráficas	Si	Si	No
<b>(Alsahlany et al., 2020)</b>	Si	No	No	ESP32	Despliegue de datos	No	No	No
<b>(Sollu et al., 2018)</b>	Si	No	No	–	No	No	No	No
<b>(Swaroop et al., 2019)</b>	Si	No	No	Módulo Wi-Fi para Raspberry	Despliegue de datos	No	No	No
<b>(Wong et al., 2019)</b>	Si	No	No	Módulo Wi-Fi para Raspberry	Despliegue de datos y gráficas	Si	Si	Si
<b>Estación de Triage IoT</b>	Si	Despliegue de datos	No	Laptop	Si	Si	Si	Si

## Resumen del Capítulo

El capítulo empieza con la definición de algunos conceptos importantes como los signos vitales, parámetros antropométricos y tecnologías de asistencia para sentarse. Los signos vitales son una serie de parámetros que permiten conocer la condición del paciente y el estado fisiológico básico del cuerpo humano, incluyendo la frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, saturación de oxígeno, presión arterial y temperatura. Además, se definen los rangos normales, los métodos, las posibles zonas de medición y los dispositivos que sirven para medir cada uno de estos signos vitales. Este capítulo define como principales parámetros antropométricos al peso y a la estatura, y expone cómo se utiliza el índice de masa corporal (IMC) para determinar si el paciente tiene un peso saludable o no. También trata sobre las tecnologías de asistencia para sentarse, que pueden ser de dos tipos: las de asiento plano y las que tienen la superficie de contorno personalizada según el usuario.

La segunda parte del capítulo profundiza en otros conceptos como el triaje, que es un proceso que ayuda a la evaluación y clasificación de pacientes en un hospital o centro de emergencias. Esta parte explica las escalas de triaje y detalla el triaje pediátrico, que tiene en cuenta el triángulo de evaluación pediátrica para determinar el estado fisiológico de un niño. También expone sobre el cáncer en el país y detalla que esta enfermedad es la segunda causa más común de muerte después de las enfermedades cardiovasculares. Plantea posibles causas del desarrollo de esta enfermedad y propone recomendaciones para mejorar la calidad de vida de los pacientes. Además, aborda la tecnología digital enfocada en la salud y explica su estrecha relación con el Big data, lo que permite nuevas formas de seguridad y bienestar para los pacientes. También habla sobre el internet de las cosas (IoT) y su uso en la salud ecuatoriana, mencionando algunos proyectos realizados en el país.

La tercera parte del capítulo explica en detalle cada parámetro de medición de los dispositivos de medición de signos vitales y parámetros antropométricos, además destaca las

características más relevantes de los dispositivos que pueden ayudar a medir cada uno de estos parámetros.

Finalmente, hay una sección dedicada al estado del arte, donde se encuentra un análisis de 16 artículos para comparar el prototipo desarrollado y destacar los aspectos adicionales y complementarios que tiene en comparación con los otros artículos.

## Capítulo III

### Diseño, Construcción y Programación de la Estación de Triage

#### Metodología

Se siguió una metodología basada en objetivos, esta plantea un enfoque sistemático y estructurado para planificar y desarrollar un proyecto, además se centra en definir y alcanzar metas claras y medibles. Involucra la identificación de los objetivos del proyecto, la definición de las actividades necesarias para alcanzarlos, y la monitorización y control continuo del progreso en relación con los objetivos establecidos; permitiendo tener una visión clara y concentrada sobre lo que se quiere lograr y cómo lograrlo. Seguidamente se muestran los objetivos planteados.

**Objetivo 1:** Analizar el estado del arte para el levantamiento de los requerimientos de los potenciales usuarios.

Actividad 1: Recolectar información de la población objetivo.

Actividad 2: Definir los requerimientos básicos de los usuarios.

**Objetivo 2:** Diseñar y construir la estación basándose en los requerimientos y necesidades de la población objetivo.

Actividad 1: Diseñar el sistema mecánico.

Actividad 2: Realizar cotizaciones de materiales para la construcción.

Actividad 3: Implementar la estructura de la estación.

**Objetivo 3:** Diseñar e implementar los circuitos de acondicionamiento y colocar los sensores biológicos en la estación para realizar la adquisición de datos y obtenerlos digitalmente.

Actividad 1: Diseñar el sistema electrónico.

Actividad 2: Colocar los sensores biológicos en la estación.

Actividad 3: Programar la tarjeta de adquisición de datos.

Actividad 4: Calibrar los sensores.

**Objetivo 4:** Implementar una comunicación vía internet para que sea posible la transferencia de datos con la nube, cumpliendo los principios del internet de las cosas (IoT).

Actividad 1: Crear un espacio de memoria en la nube para almacenar la información.

Actividad 2: Realizar la comunicación entre la estación y la nube, de manera que se pueda acceder a la información de manera remota.

**Objetivo 5:** Realizar la integración de los sistemas mecánico, electrónico e IoT con la inclusión de una pantalla de despliegue de información.

Actividad 1: Diseñar e implementar la interfaz gráfica.

Actividad 2: Almacenar los datos en la nube a partir de la adquisición realizada por el sistema electrónico.

**Objetivo 6:** Ejecutar pruebas de laboratorio en términos de precisión, sensibilidad, exactitud, confiabilidad y repetibilidad de la estación.

Actividad 1: Realizar pruebas de funcionamiento.

Actividad 2: Verificar que la precisión, sensibilidad, exactitud, confiabilidad y repetibilidad de la estación sea aceptable.

**Objetivo 7:** Comparar los resultados con datos obtenidos a partir de dispositivos de medición tradicionales para realizar la respectiva validación.

Actividad 1: Realizar mediciones con los instrumentos tradicionales.

Actividad 2: Validar los resultados.

## Identificación de requerimientos

Después de revisar la bibliografía y el estado del arte, se identificaron los requisitos clave que se encuentran detallados en la Tabla 8. Estos requisitos fueron posteriormente evaluados y clasificados por prioridad a través de una conversación con un experto en salud, lo que permitió establecer las características de calidad más importantes.

**Tabla 8**

*Justificación de requerimientos identificados con la búsqueda de información previa*

<b>Requerimiento</b>	<b>Justificación</b>
Seguridad	Guarda una estrecha relación con la integridad física y mental del usuario, este aspecto será explorado con más profundidad a través de una entrevista.
Múltiples parámetros de medición	Es importante conocer los signos vitales que siempre se miden para evaluar el estado del paciente.
Mediciones confiables	Hace referencia a que los valores de los parámetros medidos sean lo suficientemente precisos y exactos en función de la realidad.
Almacenamiento automático de datos	Se relaciona con la relevancia de almacenar la información del estado del paciente en una base de datos.
Visualización remota de la información	La visualización remota facilita a que el médico encargado se informe del estado del paciente.
Tiempo de medición corto	Hace referencia al tiempo que se demora la estación en tomar los signos vitales de cada paciente
Tiempo de funcionamiento prolongado	Alude a la capacidad de la estación para operar de manera ininterrumpida y sin fallos durante un período prolongado de tiempo.
Facilidad de uso	Tiene relación con la facilidad de entender el funcionamiento del sistema.
Diseño Amigable	Permite reducir el grado estrés y ansiedad que presenta el paciente.

## **Entrevista**

En la búsqueda de la opinión de un experto en el campo de la salud, se contó con la colaboración del doctor Giuseppe Proaño, un profesional con más de 20 años de experiencia en la atención de diversos pacientes en su propia clínica. Antes de iniciar la entrevista, se brindó una explicación detallada del proyecto en cuestión, incluyendo su propósito, importancia y objetivos. En la Figura 25 se muestra una fotografía de la entrevista a manera de evidencia.

### **Figura 25**

*Entrevista con el objetivo de identificar los requerimientos*



Según el experto, una estación de triaje para pacientes pediátricos con conectividad a internet es un dispositivo sumamente útil que, mediante un diseño amigable, puede reducir el nivel de estrés y ansiedad de los niños al momento de acudir al médico. El experto enfatizó que dicho diseño debe ser atractivo tanto para niños como para niñas.

Se discutió acerca de la importancia de los parámetros a medir al momento de tomar los signos vitales. El médico explicó que la temperatura corporal, la frecuencia cardíaca y la presión arterial son los más relevantes, aunque en los últimos años la saturación de oxígeno se ha vuelto crucial debido a las complicaciones de enfermedades cardiopulmonares, y se complementa con la frecuencia respiratoria. Además, destacó la necesidad de considerar el peso del paciente para proporcionar la dosis correcta de medicamentos.

Durante la discusión con el experto, se abordó el tema de la medición de la estatura en la estación. Llegando a la conclusión de que, debido a la forma inicial de la estación, la medición resultaba un tanto imprecisa al tomarla con el paciente sentado. El experto sugirió que esta medición podría realizarse manualmente e incluirse en la interfaz del usuario junto con los otros valores medidos.

Por último, un aspecto que consideró importante es el almacenamiento automático de datos en la nube. Según su criterio, esto podría reducir considerablemente la carga laboral que tienen los encargados de la toma de signos vitales, incluso podría reducir los tiempos de acción por parte de la unidad. En la Tabla 9 se presentan los requerimientos de mayor importancia.

**Tabla 9**

*Requerimientos Importantes Según la Entrevista*

<b>Requerimiento</b>	<b>Especificación</b>
Parámetros de medición	Temperatura corporal, frecuencia cardíaca, presión arterial, saturación de oxígeno, frecuencia respiratoria y el peso
Mediciones confiables	Los valores deben ser precisos, y en caso de que exista un error este deberá estar dentro del rango específico para cada parámetro
Diseño Amigable	Aceptado por niños y niñas.

Por último, se le solicitó al experto que ordene de mayor a menor importancia los requerimientos previamente identificados. Esto se encuentra representado en la Figura 26.

**Figura 26***Requerimientos colocados en orden***Requerimientos**

En esta etapa, se presenta la matriz QFD (Quality Function Deployment), esta se desarrolló a partir de la entrevista realizada y otros elementos identificados en la búsqueda de información. La matriz QFD es una herramienta utilizada en el diseño y desarrollo de productos y servicios, se enfoca en identificar las necesidades y expectativas del cliente y convertirlas en características y especificaciones técnicas del producto o servicio. Esta herramienta permite establecer un proceso de planificación riguroso y detallado que asegure que el producto o servicio cumpla con las necesidades y expectativas del cliente. La Figura 27 muestra la matriz QFD con los requerimientos y características de calidad, donde por motivos de espacio se ha representado las características subjetivas con Subj. Adicionalmente, la Figura 28 muestra la simbología de la matriz para un mejor entendimiento.

Figura 27

Matriz QFD

				Columna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
				Dirección de mejora: Minimizar (▼), Maximizar (▲), o Valor Objetivo (x)	▲	▲	x	▲	▼	▲	▼	▲	▲	
Fila	Máximo valor de relación	Peso relativo	Peso	Características de calidad	Requerimientos	Sensibilidad de los sensores	Precisión de los sensores	Velocidad de adquisición de datos	Interfaz de usuario intuitiva y amigable	Tiempo de medición	Tiempo de funcionamiento	Tiempo de respuesta de la base de datos	Seguridad de la base de datos	Confortabilidad del paciente
						1	9	20.0	9.0	Seguro	▲	▲		
2	9	17.8	8.0	Múltiples parámetros de medición	⊕	⊕	⊕	▲						⊕
3	9	15.6	7.0	Mediciones confiables	⊕	⊕			⊕					▲
4	9	13.3	6.0	Estancia mínima del paciente	⊕		▲		⊕	⊕				
5	3	11.1	5.0	Diseño amigable										⊕
6	9	8.9	4.0	Facilidad de uso				⊕	▲				⊕	
7	9	6.7	3.0	Funcionamiento prolongado			▲	▲		⊕				
8	3	4.4	2.0	Almacenamiento automático de datos			▲					⊕	▲	
9	9	2.2	1.0	Visualización remota de la información								⊕	⊕	
Valor objetivo o límite					2 segundos	2 unidades	1 segundo	Subj. (Usabilidad)	2 minutos	12 horas	0.1 segundos	Subj.	Subj.	
Máximo valor de relación					3	9	9	9	9	9	9	9	3	9
Importancia					160.0	213.3	184.4	104.4	175.6	100.0	33.3	37.8	282.2	
Peso relativo					12.4	16.5	14.3	8.1	13.6	7.7	2.6	2.9	21.9	

**Figura 28**

*Simbología de la Matriz QFD*

Simbología	
⊙ Relación fuerte	▼ Minimizar
○ Relación moderada	▲ Maximizar
△ Relación débil	X Llegar a un valor objetivo

*Nota.* Adaptado de “Free QFD Templates” por OFD ONLINE, 2020, (<https://qfdonline.com/templates/>)

En base a la Matriz QFD, se propone la Tabla 10, donde se describen las cualidades relevantes. Durante el diseño se pondrá en primer lugar las características más significativas, pero todas ellas serán evaluadas con el objetivo de crear un prototipo que funcione de manera óptima y tenga el mejor rendimiento posible.

**Tabla 10**

*Explicación de características de calidad identificadas en la matriz QFD*

Atributo de calidad	Descripción	Relevancia
Confortabilidad del paciente	Se refiere a la comodidad y bienestar que experimenta el paciente. La confortabilidad es importante porque influye en la calidad de la experiencia y en la eficacia de su tratamiento. Depende totalmente de la forma, el tamaño y la suavidad de la estación.	1
Precisión de los sensores	La precisión de los sensores depende de la ubicación de estos en la estación, y del acondicionamiento mecánico que se proporcione a cada uno, de esta manera se tiene una medición acorde a la realidad.	2
Velocidad de adquisición de datos	La velocidad de medición se lo puede configurar con la tarjeta de adquisición, y dependerá netamente de los dispositivos y sensores de medición.	3
Tiempo de medición	Se refiere al tiempo que tarda la estación en tomar los signos vitales del paciente, dependerá tanto de la colaboración del paciente como de los dispositivos de medición.	4

**Tabla 10**

*Explicación de características de calidad identificadas en la matriz QFD (Continuación)*

<b>Atributo de calidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Relevancia</b>
Sensibilidad de los sensores	Es la capacidad de detectar pequeñas señales o cambios en cuanto a la medición, esto afecta a la medición final de los signos vitales.	5
Interfaz de usuario intuitiva y amigable	La interfaz debe ser intuitiva y fácil de manejar para el usuario. Se evaluará esta cualidad con la ayuda de expertos voluntarios	6
Tiempo de funcionamiento	Tiene que ver con el tiempo continuo de funcionamiento de la estación, depende de la fuente de energía y de los dispositivos utilizados.	7
Seguridad de la base de datos	La base de datos debe contar con una verificación de usuario mediante una contraseña, esto para que los datos de los pacientes no queden desprotegidos.	8
Tiempo de respuesta de la base de datos	Se refiere al tiempo que tarda el usuario en conectarse a la base de datos en la nube, depende principalmente de la conexión a internet que posea.	9

### **Segmentación de la población objetivo**

Para dimensionar el prototipo, se toma en cuenta factores como la edad, talla y otros parámetros antropométricos de la población, añadiendo que el proyecto tiene una posible aplicación en pacientes pediátricos oncológicos, por lo que las tecnologías de asistencia deben ser personalizadas para satisfacer sus necesidades y requisitos específicos. (Cook & Polgar, *Assistive Technologies: Principles and Practice*, 2020).

Por lo mencionado, se lleva a cabo una segmentación teniendo en cuenta que la niñez es la etapa de la vida en donde la persona se encuentra en constante desarrollo, sobre todo físico. Los niños crecen hasta cierta edad y es distinta en cada caso. Como generalidad, se conoce que una mujer puede crecer hasta los 17 años y un hombre hasta los 21, en dependencia

de la edad a la que comienza su pubertad. Esto significa que, no existe una referencia o correspondencia exacta entre la edad del niño y su estatura (Tarupi et al., 2020).

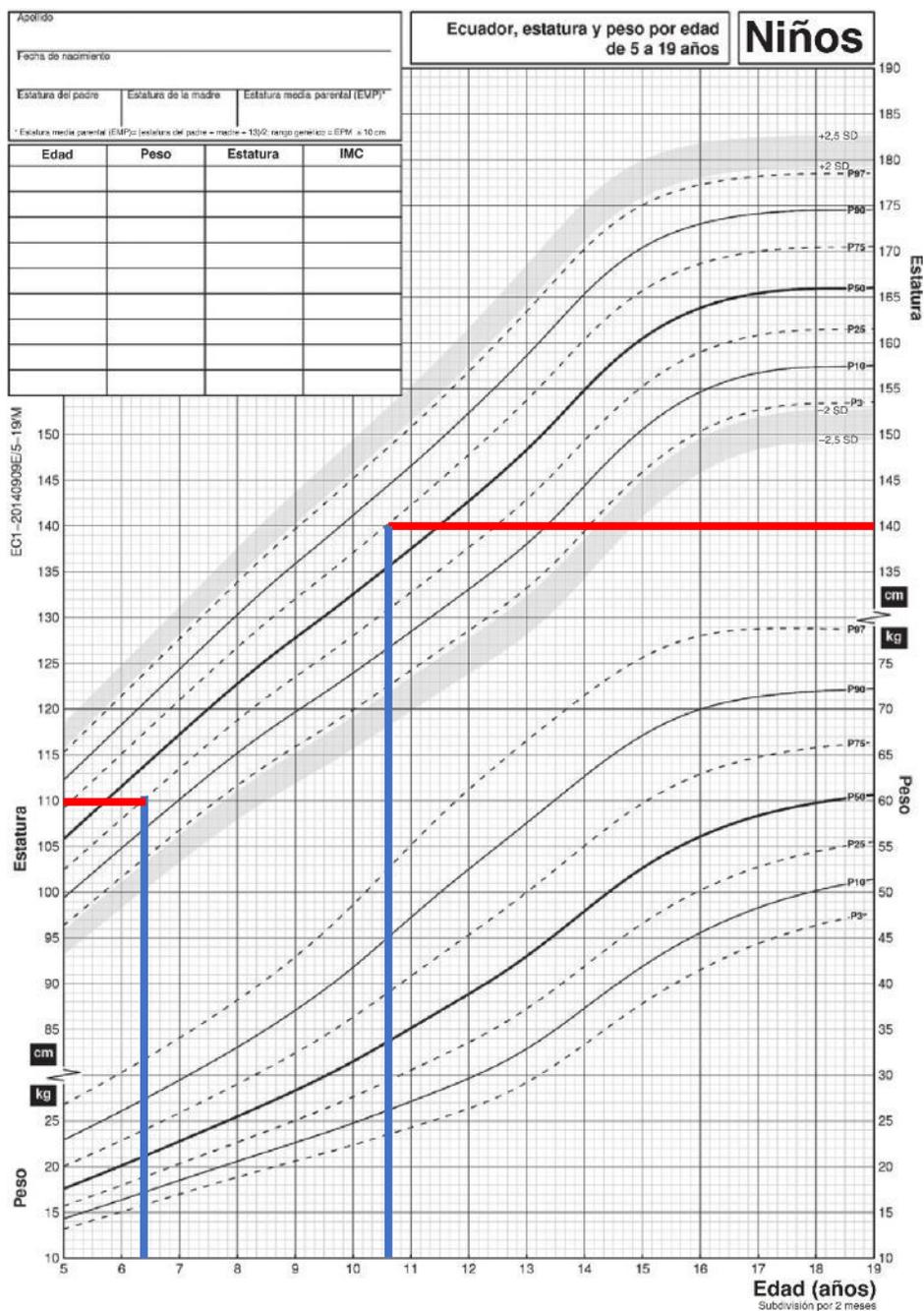
Partiendo de esta premisa, se delimita a la población objetivo en base a dos parámetros, la edad del paciente (que puede ser tomada como un dato referencial según estadísticas encontradas en bibliografía) y la estatura del paciente (que en definitiva es el dato que predomina para la construcción de la estación de triaje). Como se menciona anteriormente, la relación edad-estatura no puede ser exacta, sin embargo, existe información estadística que permite realizar una aproximación para estos valores.

La información que se presenta a continuación proviene de un trabajo titulado “Referencias de peso, estatura e índice de masa corporal para niñas y niños ecuatorianos de 5 a 19 años de edad”, producto de una colaboración entre la Facultad de Ciencias de la Salud Eugenio Espejo, la Universidad Tecnológica Equinoccial de Quito (UTE), y otras entidades internacionales. El artículo en mención tiene como objetivo recabar información específica de la situación de los niños entre 5 y 19 años en Ecuador, con referencias nacionales de peso, estatura e índice de masa corporal (Tarupi et al., 2020).

En la Figura 29 se visualiza la información de la población ecuatoriana organizada como curvas de desarrollo, la edad se posiciona en el eje horizontal, mientras que el peso y la estatura en el vertical. Dada la naturaleza variable de la información, los autores han estimado tanto el peso y la estatura en los percentiles 3, 10, 25, 50, 75, 90 y 97. Como información adicional, los autores indican que, respecto a la estatura, los niños son más altos que las niñas en todos los rangos de edad, con mayores diferencias a partir de los 13 años (Tarupi et al., 2020).

Figura 29

Edad vs estatura y peso de niños en ecuador



Nota. Tomado de “Referencias de peso, estatura e índice de masa corporal para niños ecuatorianos de 5 a 19 años” (p. 11) por Tarupi, et al., 2020, (<https://www.sap.org.ar/docs/publicaciones/archivosarg/2020/v118n2a08.pdf>)

Para realizar la segmentación por edades se elige un percentil como base. Se optó por seleccionar el percentil 75 ya que tiene un buen grado de aceptación y es un poco más flexible a diferencia de los percentiles 97 y 90. Es decir que con el percentil seleccionado se puede tener un buen grado de precisión en cuanto a la segmentación de la población, sin dejar a un lado el aspecto de un rango un poco más amplio.

Como se observa en la Figura 29, se ha encontrado los puntos de intersección de la estatura de 140 cm para percentil 75, se trazó una paralela hacia el eje vertical que representa la edad. De aquí se obtiene que el límite superior de edad sería 10 años con 6 meses. El mismo procedimiento se realiza para el límite inferior de edad, con la diferencia que se toma el percentil 25 que es el complemento del anterior, gracias a esto se puede decir que el límite inferior serían los 6 años con 4 meses de edad.

Finalizando la segmentación, se puede afirmar que el 75% de niños que tengan la edad perteneciente al rango mencionado, medirán entre 110 y 140 cm. No obstante, si se desea tener un rango con valores numéricos aproximados, se podría decir que es de 6 a 10 años.

### **Selección de sensores y dispositivos electrónicos**

Para seleccionar los dispositivos a utilizar se ha planteado una matriz de evaluación de criterios en base a las variables de medición, en esta se indica los parámetros evaluados por filas con sus respectivas ponderaciones, siendo “5” una calificación excelente y “1” una muy baja. Los parámetros son: Facilidad de programación, precisión, costo asequible, disponibilidad y acoplamiento a la estructura base. El primer parámetro asegura una integración sin complicaciones en el sistema y la precisión garantiza mediciones confiables y de alta calidad.

El costo asequible permite utilizar recursos de manera eficiente, mientras que la disponibilidad asegura el acceso continuo a los componentes necesarios, por último, el acoplamiento a la estructura base es crucial para una integración física adecuada. Estos criterios

de selección son válidos porque permiten elegir dispositivos que cumplan con los requisitos técnicos, económicos y de compatibilidad necesarios para el éxito del proyecto.

De la Tabla 11 a la Tabla 16 se muestran las matrices de evaluación para cada variable que se quiere medir en la estación de triaje, donde por motivos de espacio se ha representado calificaciones con Calif. y evaluación ponderada con Eval.

**Tabla 11**

*Matriz de evaluación y selección del dispositivo para medir la frecuencia cardíaca*

Criterios	Monitor de frecuencia cardíaca			Sensor de pletismografía de pulso		Tensiómetro digital	
	Peso	Calif.	Eval.	Calif.	Eval.	Calif.	Eval.
Facilidad de programación	0.25	3	0.75	4	1	4	1
Precisión	0.3	5	1.5	4	1.2	5	1.5
Costo asequible	0.15	3	0.45	3	0.45	4	0.6
Disponibilidad	0.15	5	0.75	5	0.75	3	0.45
Acoplamiento a la estructura base	0.15	3	0.45	5	0.75	4	0.6
Total	1		3.9		4.15		4.15
<b>¿Seleccionar?</b>			No		Si		Si

**Tabla 12**

*Matriz de evaluación y selección del dispositivo para medir la frecuencia respiratoria*

Criterios	Monitor de respiración			Módulo de detección de sonido	
	Peso	Calif.	Eval.	Calif.	Eval.
Facilidad de programación	0.25	4	1	4	1
Precisión	0.3	4	1.2	3	0.9
Costo asequible	0.15	3	0.45	4	0.6
Disponibilidad	0.15	5	0.75	5	0.75
Acoplamiento a la estructura base	0.15	4	0.6	2	0.3
Total	1		4		3.55
<b>¿Seleccionar?</b>			Si		No

**Tabla 13***Matriz de evaluación y selección del dispositivo para medir la presión arterial*

Criterios	Monitor de presión			Tensiómetro digital	
	Peso	Calif.	Eval.	Calif.	Eval.
Facilidad de programación	0.25	3	0.75	4	1
Precisión	0.3	3	0.9	5	1.5
Costo asequible	0.15	3	0.45	4	0.6
Disponibilidad	0.15	5	0.75	3	0.45
Acoplamiento a la estructura base	0.15	4	0.6	4	0.6
Total	1		3.45		4.15
¿Seleccionar?			No		Si

**Tabla 14***Matriz de evaluación y selección del dispositivo para medir la saturación de oxígeno*

Criterios	Oxímetro de pulso			Sensor Max30100	
	Peso	Calif.	Eval.	Calif.	Eval.
Facilidad de programación	0.25	3	0.75	5	1.25
Precisión	0.3	5	1.5	4	1.2
Costo asequible	0.15	4	0.6	5	0.75
Disponibilidad	0.15	4	0.6	5	0.75
Acoplamiento a la estructura base	0.15	4	0.6	5	0.75
Total	1		4.05		4.7
¿Seleccionar?			No		Si

**Tabla 15***Matriz de evaluación y selección del dispositivo para medir la temperatura corporal*

Criterios	Termómetro digital			Sensor MLX90614	
	Peso	Calif.	Eval.	Calif.	Eval.
Facilidad de programación	0.25	3	0.75	5	1.25
Precisión	0.3	5	1.5	4	1.2
Costo asequible	0.15	4	0.6	4	0.6
Disponibilidad	0.15	4	0.6	4	0.6
Acoplamiento a la estructura base	0.15	3	0.45	4	0.6
Total	1		3.9		4.25
¿Seleccionar?			No		Si

**Tabla 16**

*Matriz de evaluación y selección del dispositivo para medir el peso corporal*

Criterios	Balanza digital			Celda de carga de 50 kg	
	Peso	Calif.	Eval.	Calif.	Eval.
Facilidad de programación	0.25	3	0.75	5	1.25
Precisión	0.3	5	1.5	4	1.2
Costo asequible	0.15	4	0.6	5	0.75
Disponibilidad	0.15	5	0.75	5	0.75
Acoplamiento a la estructura base	0.15	4	0.6	4	0.6
Total	1		4.2		4.55
<b>¿Seleccionar?</b>			No		Si

De la Tabla 11 se destaca que hay una igualdad en los valores del sensor de pletismografía de pulso y el tensiómetro digital para la medición de la frecuencia cardíaca, sin embargo, en la Tabla 13 se observa que el dispositivo con mayor valoración para medir la presión arterial es el tensiómetro, por tal motivo se utilizará este mismo dispositivo para la medición del pulso.

Después de la selección de los elementos, se determinó que se requerirían dos sistemas de adquisición de datos diferentes para llevar a cabo el proyecto. El monitor de respiración es compatible con los dispositivos embebidos de National Instruments, mientras que los sensores se conectarían a las tarjetas de Arduino. En primera instancia, el trabajo con el Arduino Nano es buena opción, pero en caso de que la tarjeta llegara a saturarse debido a problemas de software, se cambiaría por una tarjeta de mayor rango. En cuanto a los sistemas de control de National Instruments, se evaluaron dos opciones, la tarjeta MyRIO y MyDAQ. La primera alternativa requiere de la versión de LabVIEW publicada en 2019 para su funcionamiento, por otro lado, la tarjeta MyDAQ tiene su librería disponible en la versión actualizada de software, razón por la cual es la seleccionada. En la Tabla 17 se presenta un resumen de los sensores seleccionados y su tarjeta correspondiente.

**Tabla 17**

*Cuadro de resumen de dispositivos y sensores seleccionados*

<b>Parámetro de medición</b>	<b>Dispositivo seleccionado</b>	<b>Dispositivo de adquisición de datos</b>
Frecuencia cardíaca	Tensiómetro digital	Arduino Nano
Frecuencia respiratoria	Monitor de respiración	MyDAQ
Presión arterial	Tensiómetro digital	Arduino Nano
Saturación de oxígeno	Sensor Max30100	Arduino Nano
Temperatura corporal	Sensor MLX90614	Arduino Nano
Peso corporal	Celda de carga de 50 kg	Arduino Nano

### **Diseño mecánico del Prototipo**

El diseño depende principalmente de la confortabilidad física y emocional del paciente, por esta razón el primer paso es definir la forma y el tamaño de la estructura base de la estación, seguidamente se seleccionan los sensores y dispositivos médicos porque de estos depende su ubicación en la estación, y por ende hay que tener en cuenta el espacio que ocuparán y su forma de sujeción a la estructura, además del respectivo acondicionamiento mecánico.

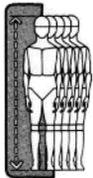
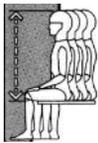
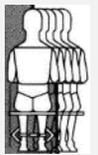
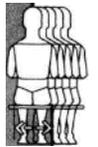
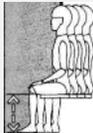
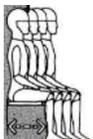
### **Definición de dimensiones**

Previamente se definió el rango de los pacientes pediátricos, dicho rango va entre 1.10m y 1.40m de estatura, expresado en términos de edad, se podría decir que la estación de triaje está dirigida a niños de 6 a 10 años aproximadamente. La definición de dimensiones está basada en las medidas antropométricas de los niños en el rango de estatura establecido, que no son más que las medidas físicas y geométricas del cuerpo humano, como la altura, el peso, la circunferencia de la cintura, la longitud de los brazos, entre otros. Según Panero y Zelnik (2009) “El tamaño y dimensión del cuerpo son los factores humanos más importantes por su relación con la denominada adaptación ergonómica (ergofitling) del usuario al entorno, aspecto de la interfase hombre-máquina a la que con tanta asiduidad aluden los ergonomistas” (pág. 19).

Gracias al trabajo de los autores nombrados es posible conocer, de manera general, todas las dimensiones antropométricas que se requieren de la población objetivo para realizar el diseño de la estructura base, dichas dimensiones se muestran en la Tabla 18, dónde por motivos de espacio se ha representado medidas antropométricas con medidas ant.

**Tabla 18**

*Medidas antropométricas de niños de 6 y 10 años*

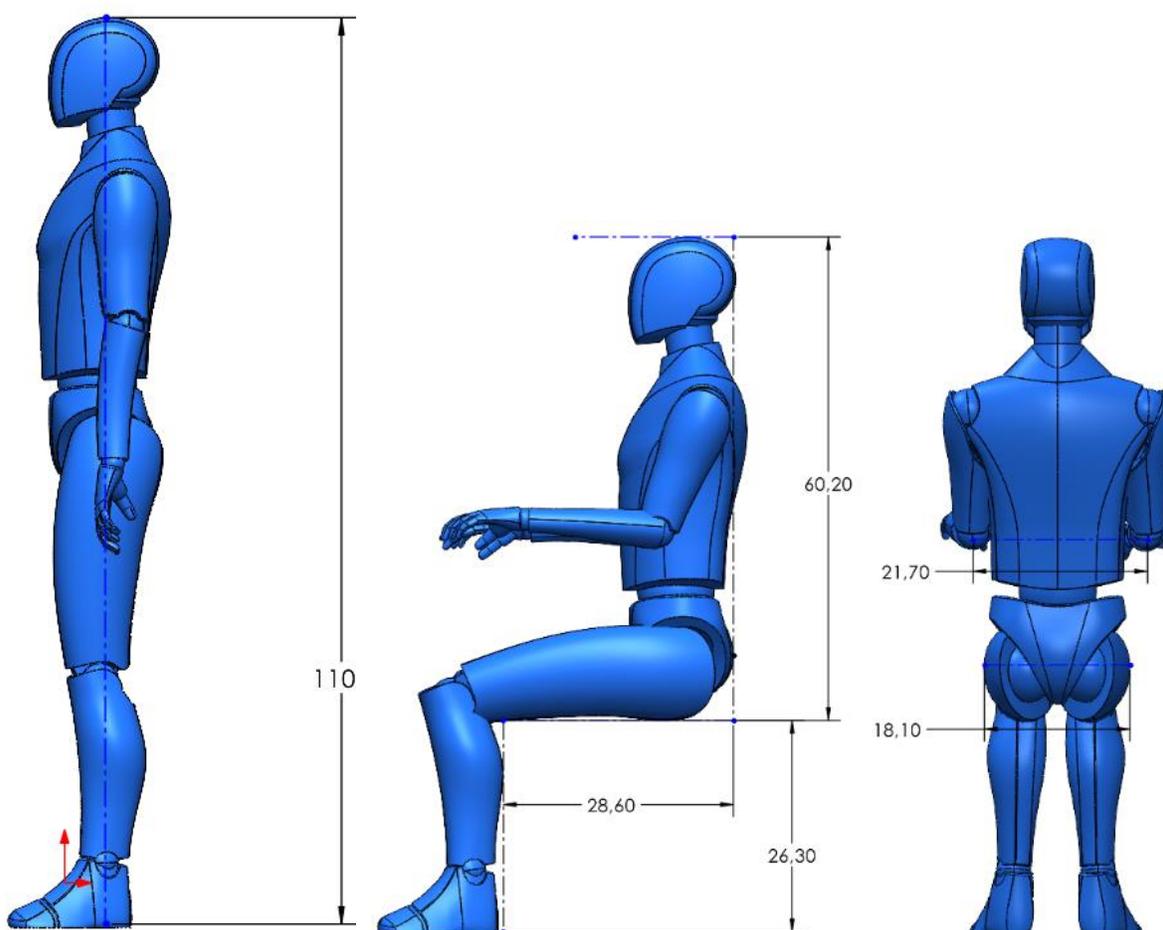
Medidas ant.	Percentil	6 años			10 años		
		5%	50%	95%	5%	50%	95%
Peso [kg]		17.4	24.1	28	25.5	32.5	45
Estatura [cm]		110.7	118.5	128.0	129.3	140.6	151.3
Distancia Asiento – Cabeza [cm]		60.2	67.1	69.5	67.4	73.1	78.5
Anchura Codos [cm]		21.7	26.2	28.8	24.3	28.5	34.4
Anchura Caderas [cm]		18.1	21.3	23.5	21.1	24.1	28.9
Altura Poplítea [cm]		26.3	29.3	32.6	32.2	35.9	39.7
Largo Nalga Poplítea [cm]		28.6	31.9	37.4	35.3	39.7	46.5

*Nota.* Adaptado de “Las dimensiones humanas en los espacios interiores” (p. 106-110) por Panero & Zelnik, 2017, (<https://editorialgg.com/las-dimensiones-humanas-en-los-espacios-interiores-ebook.html>)

Como se observa en la Tabla 18, los autores se basan en la edad para definir las medidas antropométricas, y acotarlas a manera de percentiles de 5%, 50% y 95 %. Para el presente proyecto, se debe discernir las medidas en base a la altura, ya que el rango es de 110cm a 140cm. Al centrarse en la edad de 6 años, la estatura más cercana que se tiene a los 110 cm corresponde al percentil del 5%, con un valor de 110.7 cm. Por otro lado, para la edad de 10 años, la estatura más cercana a los 140 cm corresponde al percentil del 50%, con un valor de 140.6 cm. Con estas dimensiones antropométricas se procede a realizar un esquema CAD que represente la morfología de los niños entre el rango establecido. En la Figura 30 y la Figura 31 se presenta dicho esquema, resaltando que las dimensiones están en cm.

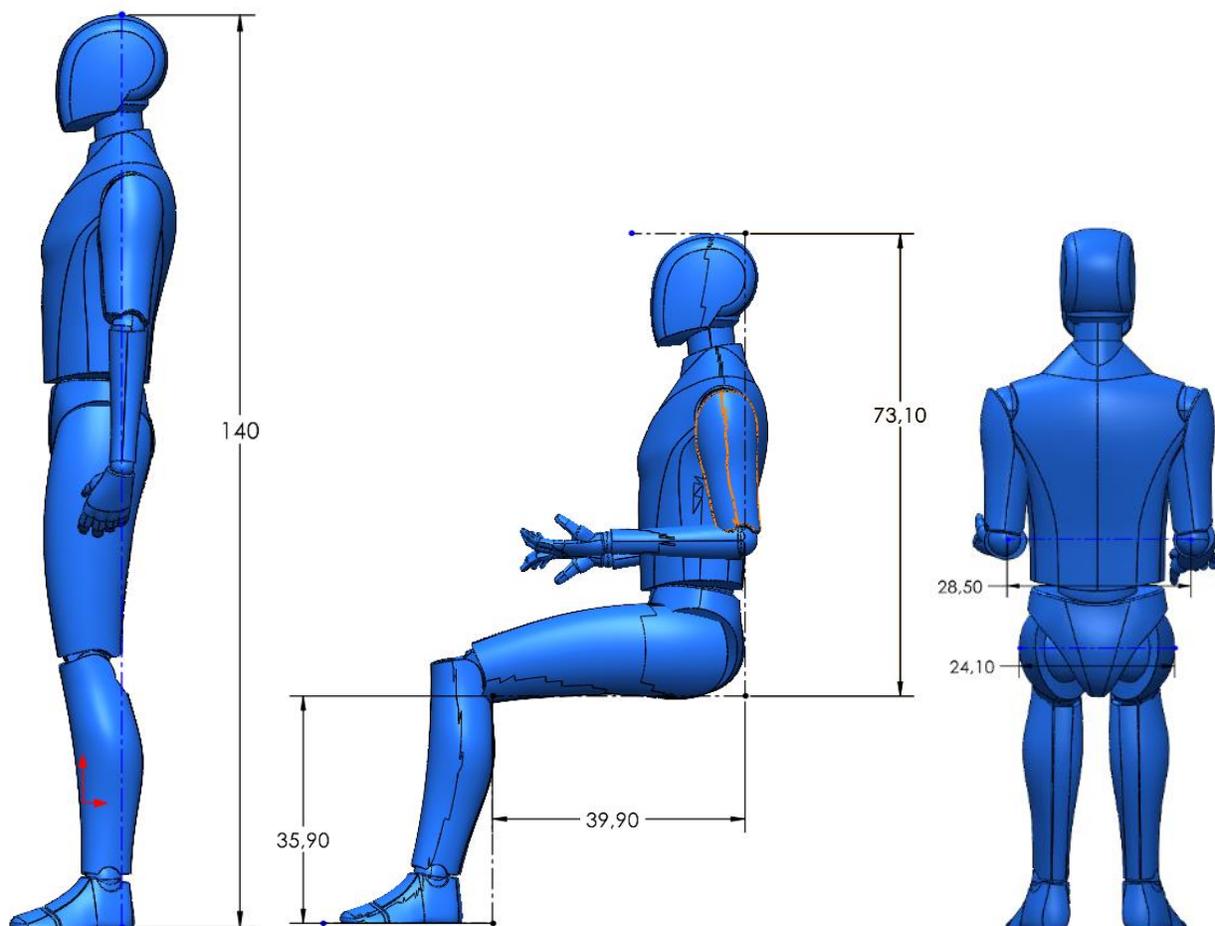
### Figura 30

*Dimensiones antropométricas de un niño de 6 años (estatura 110 cm)*



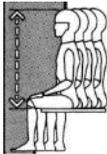
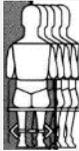
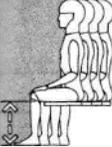
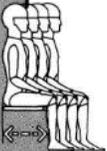
**Figura 31**

*Dimensiones antropométricas de un niño de 10 años (estatura 140 cm)*



Lo siguiente es seleccionar las dimensiones que sirven para el dimensionamiento de la estructura, puesto que hay que tener criterio, para que, tanto el niño de 110cm como el de 140cm pueda tener cabida de manera correcta en la estación. Las dimensiones útiles se muestran en la Tabla 19.

**Tabla 19***Medidas antropométricas para el diseño de la estación*

<b>Medida Antropométrica</b>		<b>Dimensión</b>
Peso [kg]		45
Distancia Asiento – Cabeza [cm]		73.1
Anchura Codos [cm]		28.5
Anchura Caderas [cm]		24.1
Altura Poplítea [cm]		26.3
Largo Nalga Poplítea [cm]		28.6

*Nota.* Adaptado de “Las dimensiones humanas en los espacios interiores” (p. 106-110) por Panero & Zelnik, 2017, (<https://editorialgg.com/las-dimensiones-humanas-en-los-espacios-interiores-ebook.html>)

### **Diseño estructural**

Una vez definidas las dimensiones y ubicación de los sensores y dispositivos de medición para la población objetivo, se procede a diseñar la estación de triaje. Se desarrollaron tres conceptos en el software de diseño CAD, presentados en la Tabla 20. El concepto A se enfoca en la facilidad de construcción y transporte, con todos los dispositivos embebidos en la estructura, incluyendo la celda de carga en la base. El concepto B presenta una mejora significativa en el diseño para una mejor aceptación por parte de la población objetivo. Por último, el concepto C

se basa en los conceptos anteriores y busca optimizar el costo final del prototipo y la apariencia atractiva para el usuario objetivo.

**Tabla 20**

*Conceptos relevantes propuestos para el diseño de la estructura*

	<b>Concepto A</b>	<b>Concepto B</b>	<b>Concepto C</b>
<b>Detalles</b>	Diseño simple pero confortable para la población objetivo. Los equipos se ubican en la estructura.	Diseño complejo pero muy confortable para la población.	Diseño sencillo pero confortable para la población objetivo. Forma llamativa para la población objetivo.
<b>Ventaja</b>	Fácil construcción de la estructura y acople del tapizado.	Forma muy llamativa para la población objetivo. Celdas de carga de precio asequible.	Celdas de carga asequibles. Fácil construcción de la estructura y del tapizado.
<b>Desventajas</b>	La celda de carga de alta calidad es costosa. Forma poco llamativa para la población	Construcción de la estructura con tapizado compleja. Se requiere de una estructura adicional para medir el peso.	Se requiere de una estructura adicional para medir el peso.
<b>Imagen referencial</b>			

La Tabla 21 presenta una matriz de evaluación de criterios para seleccionar el modelo adecuado de la estación de triaje, los criterios considerados son: Facilidad de manufactura, dispositivos embebidos, diseño llamativo, facilidad de movilización, menor costo de dispositivos, confortabilidad del paciente. El concepto C recibió la ponderación más alta, lo que hizo que los demás modelos propuestos fueran descartados. Básicamente, el concepto ganador combina

aspectos de los conceptos A y B por lo que no se considera desarrollarlos juntos. En la tabla se ha representado calificaciones con Calif. y evaluación ponderada con Eval. por motivos de espacio.

**Tabla 21**

*Matriz de evaluación y selección de conceptos para diseño mecánico de la estación*

Criterios	Peso	Concepto A		Concepto B		Concepto C	
		Calif.	Eval.	Calif.	Eval.	Calif.	Eval.
Facilidad de manufactura	0.2	5	1	3	0.6	5	1
Dispositivos embebidos	0.15	5	0.75	3	0.45	4	0.6
Diseño llamativo	0.2	2	0.4	5	1	4	0.8
Facilidad de movilización	0.1	5	0.5	2	0.2	4	0.4
Menor costo de dispositivos	0.15	3	0.45	4	0.6	5	0.75
Confortabilidad del paciente	0.2	3	0.6	5	1	4	0.8
<b>Total</b>	1		3.7		3.85		4.35
<b>¿Continuar?</b>			No		No		Si

### **Selección del material de la estructura**

En la Tabla 22 se detallan las propiedades mecánicas de los materiales estructurales más comunes en el país, como lo son el Acero ASTM A36, la aleación de aluminio 1060 y el acero inoxidable AISI 304. Es importante considerar estos aspectos ya que determinan la resistencia, rigidez, tenacidad, ductilidad y capacidad de resistir la fatiga que tiene cada material. Estas propiedades garantizan la capacidad para soportar cargas, resistir deformaciones excesivas, absorber energía y mantener la integridad estructural en diversas condiciones de carga y entorno. Al considerar estas propiedades, se selecciona el material adecuado que asegura la durabilidad, seguridad y rendimiento de la estructura a lo largo de su vida útil.

**Tabla 22**

*Tabla comparativa de las propiedades mecánicas de los materiales estructurales*

<b>Propiedad mecánica</b>	<b>Acero ASTM A36</b>	<b>Aleación de Aluminio 1060</b>	<b>Acero Inoxidable AISI 304</b>
Módulo elástico [GPa]	210 000	69	193
Coefficiente de Poisson	0.29	0.33	0.3
Módulo cortante [GPa]	78 000	26	79
Densidad de masa [kg/m <sup>3</sup> ]	7 800	2 700	7 900
Límite de tracción [MPa]	400	125	550
Límite de compresión [MPa]	220	90	330
Límite elástico [MPa]	205	60	550
Coefficiente de expansión térmica [K <sup>-1</sup> ]	0.000012	0.000023	0.000011
Conductividad térmica [W/(m.K)]	44	205	16.2
Calor específico [J/kg.K]	486	910	500
Cociente de amortiguamiento del material	0.01	0.03	0.3

*Nota.* Adaptado de “Tablas Propiedades Mecánicas y Perfiles” por Beer et al., 2011, ([https://www.academia.edu/34453780/Mecanica\\_de\\_Materiales\\_5ta\\_Ed\\_Beer\\_Johnston\\_DeWolfe\\_Mazurek\\_McGraw\\_Hill](https://www.academia.edu/34453780/Mecanica_de_Materiales_5ta_Ed_Beer_Johnston_DeWolfe_Mazurek_McGraw_Hill))

De acuerdo con los requerimientos principales de la estructura, se realiza una matriz de selección, presentada en la Tabla 23. Luego de evaluar varios criterios como la resistencia, el costo y la disponibilidad del material en el mercado; el acero ASTM A36 consigue la mayor puntuación, por esta razón, se utiliza dicho material tanto para las simulaciones de esfuerzos como para la construcción de la estación. En la tabla mencionada se ha representado calificaciones con Calif. y evaluación ponderada con Eval. por motivos de espacio.

**Tabla 23***Matriz de selección del material de la estructura*

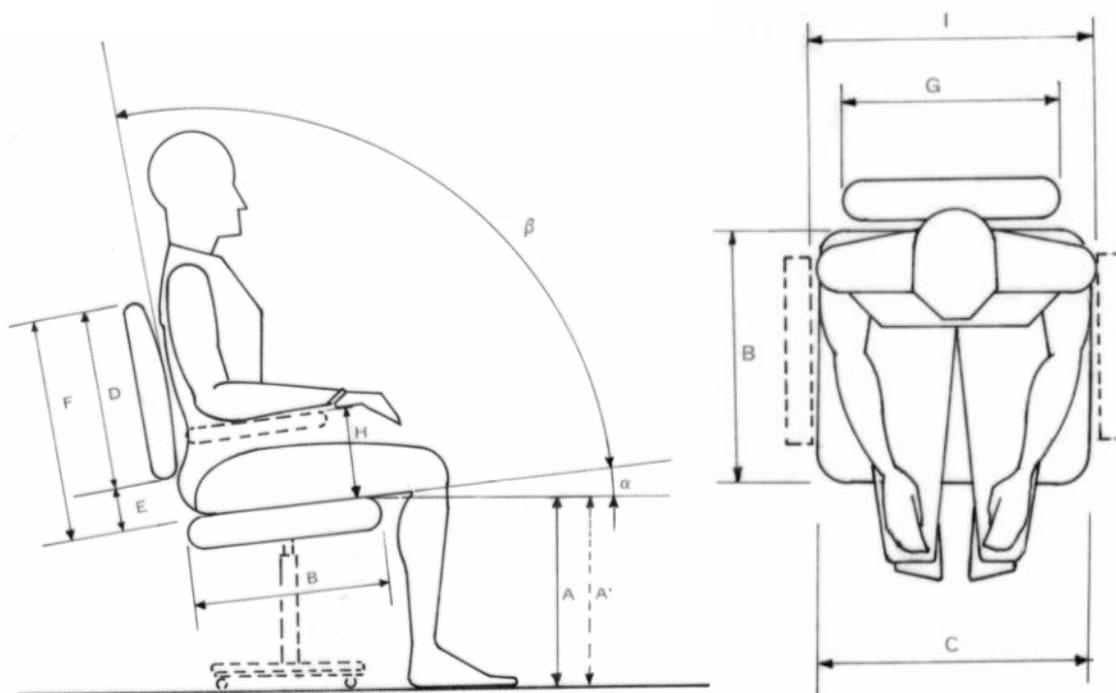
<b>Criterios</b>	<b>Peso</b>	<b>Acero ASTM A36</b>		<b>Aleación de Aluminio 1060</b>		<b>Acero Inoxidable AISI 304</b>	
		<b>Calif.</b>	<b>Eval.</b>	<b>Calif.</b>	<b>Eval.</b>	<b>Calif.</b>	<b>Eval.</b>
Maquinabilidad Sencilla	0.15	4	0.6	5	0.75	4	0.6
Costo de Soldadura	0.25	5	1.25	4	1	3	0.75
Disponibilidad en el mercado	0.15	5	0.75	4	0.6	3	0.45
Menor peso	0.1	3	0.3	5	0.5	3	0.3
Menor costo por metro	0.15	5	0.75	4	0.6	3	0.45
Resistencia a la tracción, compresión y flexión	0.2	5	1	3	0.6	3	0.6
Total	1		4.65		4.05		3.15
<b>¿Se recomienda?</b>			Si		No		No

***Diseño asistido por computador***

Se pretende realizar el diseño de la estructura con base en los requerimientos planteados anteriormente, para ello se emplea el software de diseño CAD. Al tratarse de una tecnología de asiento se debe recurrir a una guía además de las medidas antropométricas de la población objetivo. La norma INEN 1647 tiene como objetivo establecer los requisitos de construcción y las dimensiones generales de las tecnologías de asientos, sin importar los materiales utilizados para su fabricación. En la Figura 32 se muestra un boceto de las dimensiones correspondientes para el desarrollo de la silla.

### Figura 32

Dimensiones presentes en las tecnologías de asiento



*Nota.* Adaptado de “Norma INEN 1647” (p. 3) por Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN, 2020, (<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1647.pdf>)

De la Figura 32 se destacan las dimensiones correspondientes a las variables  $\alpha$  y  $\beta$ , ya que estos valores son desconocidos para el desarrollo del prototipo.  $\alpha$  representa la pendiente del asiento con respecto al plano horizontal, mientras que  $\beta$  es la inclinación del respaldo con relación al asiento. La norma recomienda una inclinación en el rango de los  $0^\circ$  a los  $5^\circ$  y de los  $95^\circ$  a los  $105^\circ$  respectivamente (INEN, 2020).

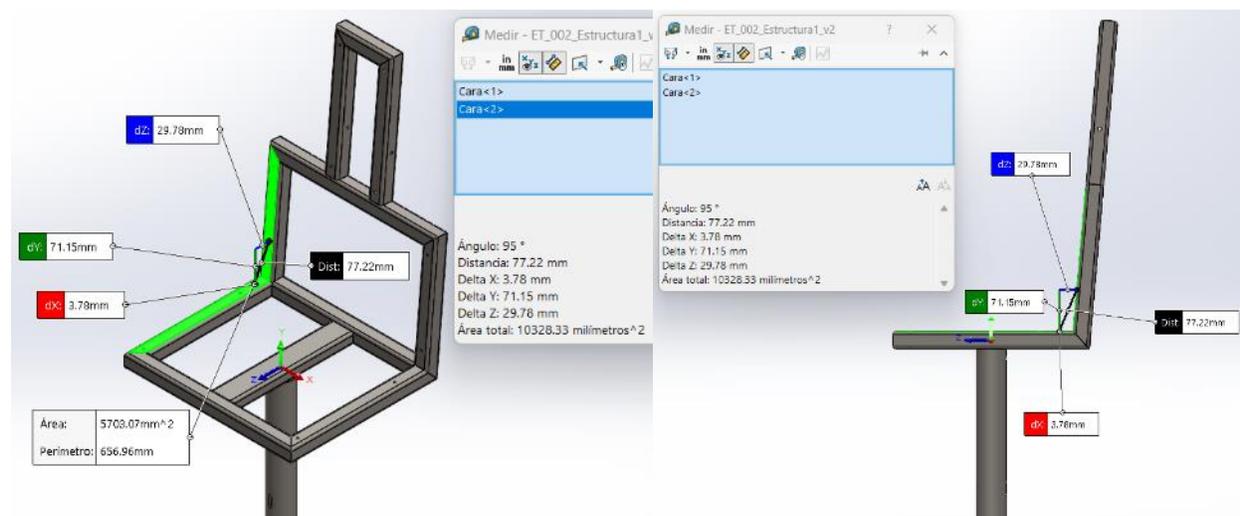
Para la medición de los signos vitales se requiere que la persona se encuentre en una posición erguida, por tal motivo los ángulos de inclinación  $\beta$  y  $\alpha$  tomarán el menor valor posible, que corresponde a los  $95^\circ$  y  $0^\circ$ . Todos los demás valores se tomarán de las medidas antropométricas de la población objetivo presentados en la Tabla 19. Además de que en primera instancia se colocarán los perfiles de construcción de menor espesor disponibles en el mercado,

es decir que solo servirán para los requerimientos de forma y geometría; más adelante se determinará los espesores correspondientes en función de la optimización del diseño.

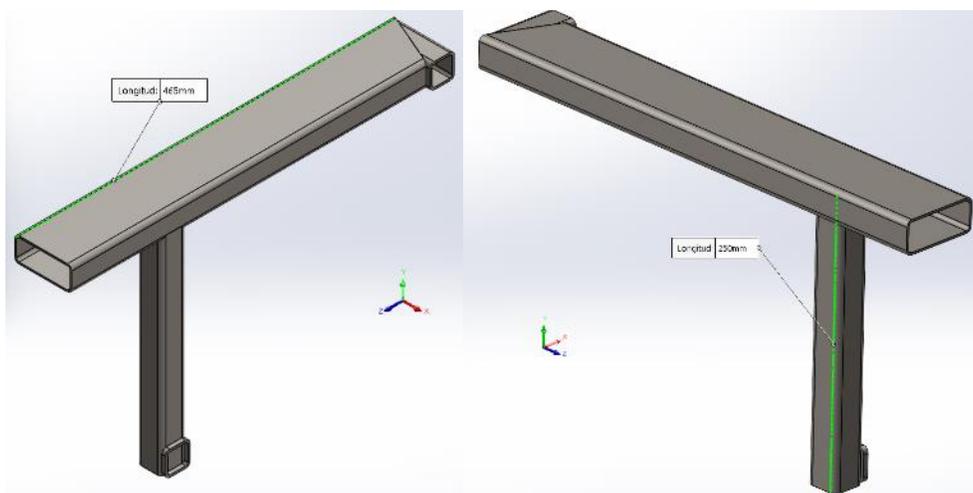
Lo primero que se procede a diseñar es la estructura del espaldar y del asiento, para ello se tiene en cuenta que esta debe estar sostenida por un tubo en el centro para conectarla a la base de la estructura. En la Figura 33 se puede evidenciar lo dicho anteriormente, además de los valores descritos para los ángulos  $\beta$  y  $\alpha$ .

**Figura 33**

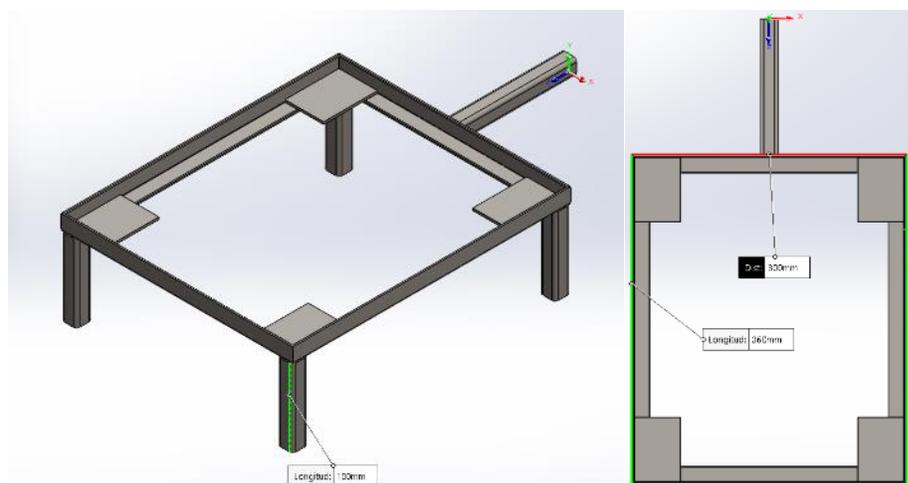
*Diseño de la estructura del espaldar y el asiento*



Lo que sigue es desarrollar el diseño de los apoya brazos, teniendo en cuenta las dimensiones antropométricas de la población objetivo y la ubicación de los dispositivos y sensores para la medición de los signos vitales. En la Figura 34 se presenta el diseño del apoyabrazos derecho con las dimensiones principales.

**Figura 34***Diseño del apoyabrazos derecho*

Según la matriz de evaluación de conceptos, se decidió por usar unas celdas de carga de menor costo, por tal motivo se requiere de un componente adicional denominado “plataforma”. En este componente se van a ubicar cuatro celdas de carga, y debe estar a una altura prudente del suelo. De esta manera, se garantiza un acceso fácil a esta área cuando se requiera hacer algún arreglo o cambio. En la Figura 35 se presenta la estructura de la plataforma con sus respectivas placas para el posicionamiento de las celdas de carga.

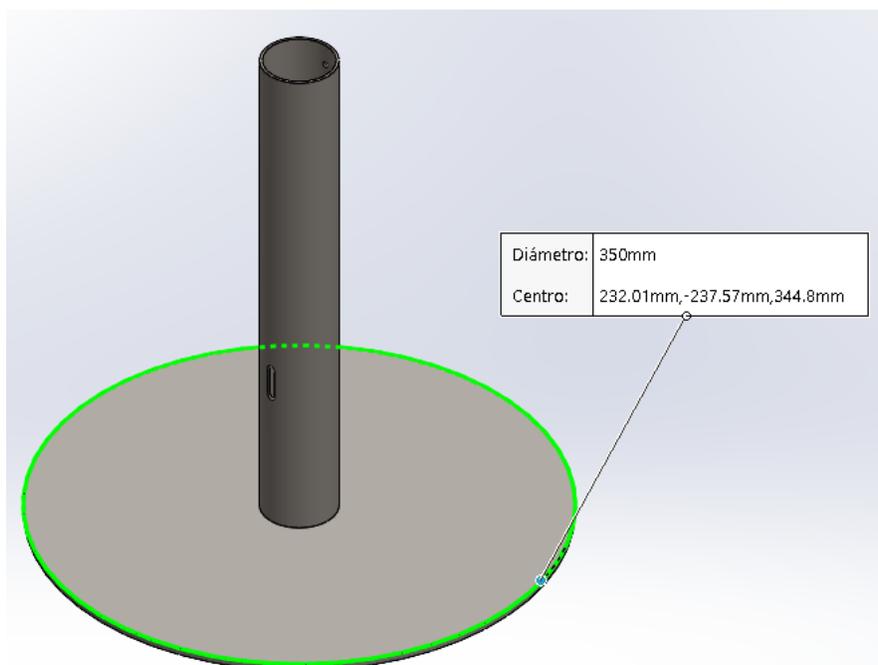
**Figura 35***Plataforma para la medición del peso*

Se nota que del lado posterior sale un tubo cuadrado, esto se colocó para realizar un anclaje mediante un perno a la estructura principal y que la plataforma no pueda ser desplazada.

Luego se realiza el diseño de la base para la estación de triaje, se optó por la opción más sencilla y funcional que es colocar un tubo circular unido a una base redonda, dicha base debe ser capaz de soportar al paciente cuando este se posiciona en la estación, restringiendo cualquier tipo de inclinación por parte de la estructura. La base se muestra en la Figura 36.

### Figura 36

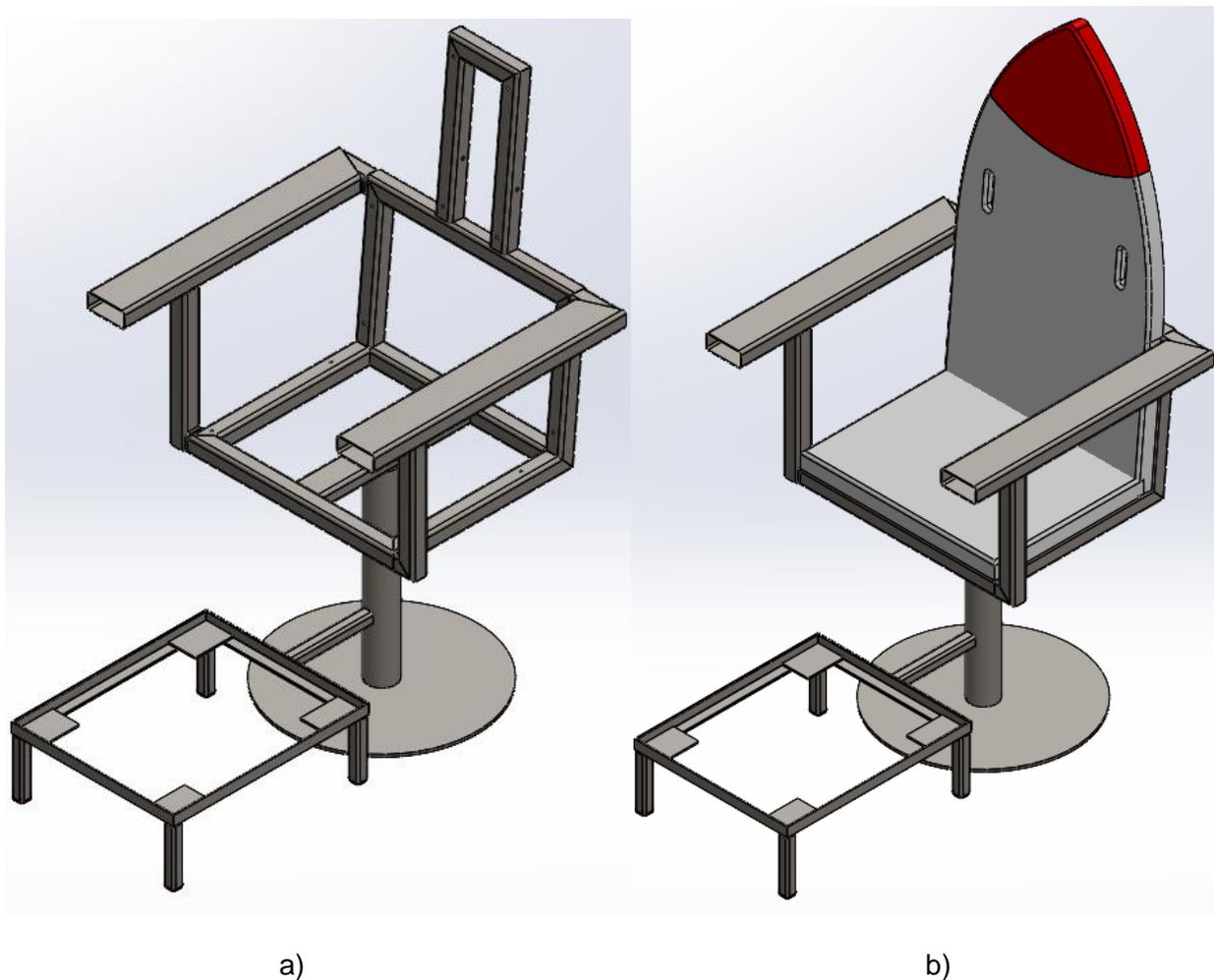
*Base de la estación de triaje*



Lo siguiente es realizar el ensamble de todas las partes y también colocar el espaldar y el asiento con la forma que corresponde. En la Figura 37 se puede visualizar la estructura metálica de la estación de triaje a la izquierda (a), mientras que en la derecha se la tiene con los componentes tapizados (b).

**Figura 37**

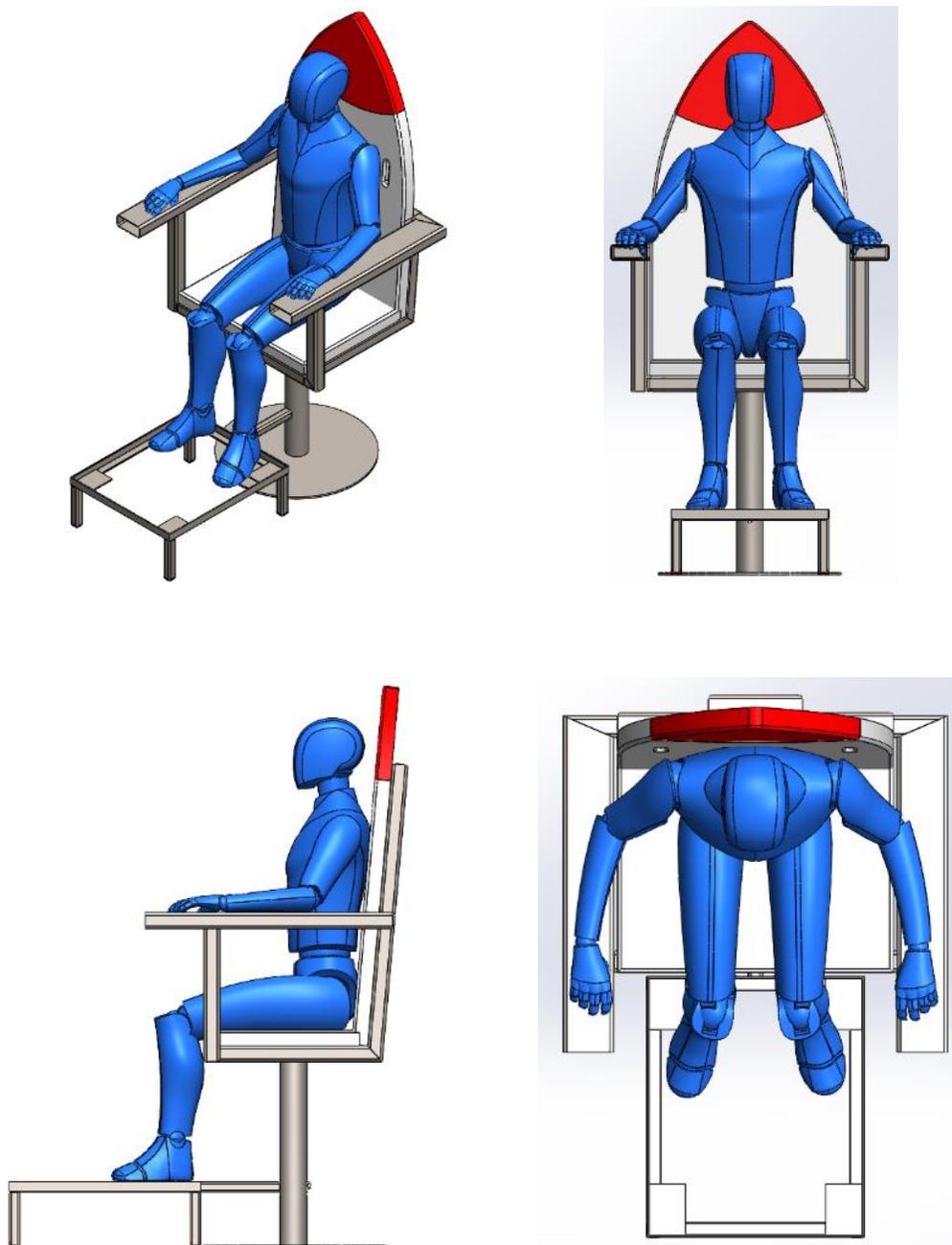
*Estructura de la estación ensamblada*



Por último, se requiere una validación del diseño del prototipo con la ayuda del esquema CAD de la población objetivo. En la Figura 39 se puede evidenciar que el niño de 110 cm de estatura puede posicionarse de manera correcta en la estación, al igual que el niño de 140 cm como se observa en la Figura 39.

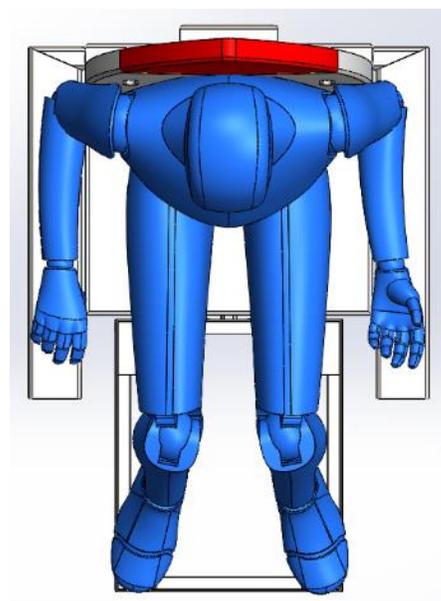
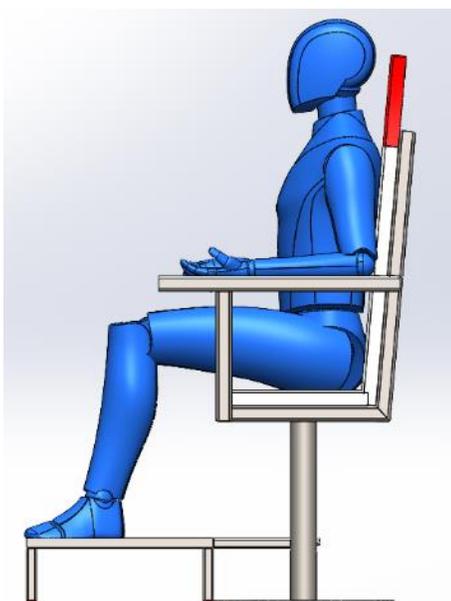
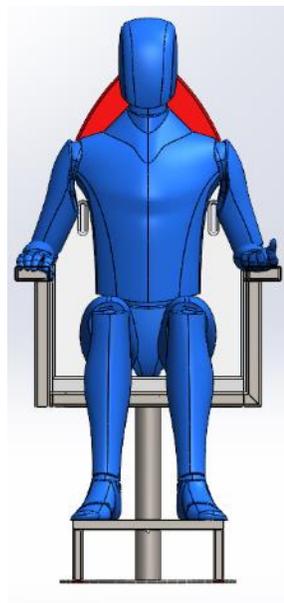
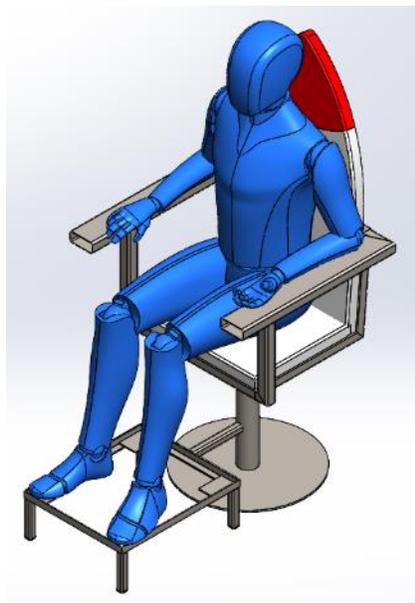
**Figura 38**

*Validación con el esquema CAD (niño de 110 cm)*



**Figura 39**

*Validación con el esquema CAD (niño de 140 cm)*



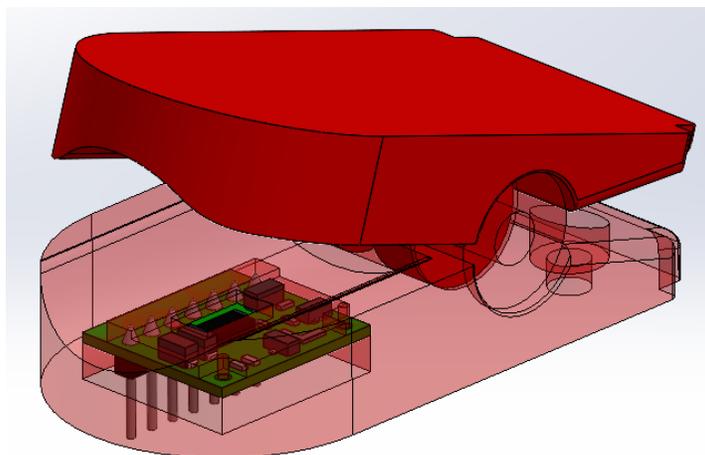
### ***Acondicionamiento mecánico de los sensores y dispositivos***

Como ya se conoce la ubicación de los dispositivos, se realizan perforaciones a la estructura para que puedan ser ubicados. En el caso de algunos dispositivos se requiere de una carcasa para colocarlos de manera correcta. La manufactura de dicha carcasa se realiza con la ayuda de la impresión 3D con el filamento PLA (Poliácido Láctico), ya que dicho elemento es un material asequible y accesible en el país.

**Saturación de oxígeno.** Lo primero que se realiza es la esquematización del sensor, seguidamente se diseña la carcasa de manera idéntica a la de los oxímetros de pulso comerciales ya que de esta manera se garantiza el entorno correcto para el funcionamiento del sensor. En la Figura 40 se observa la carcasa con la inclusión del sensor esquematizado.

#### **Figura 40**

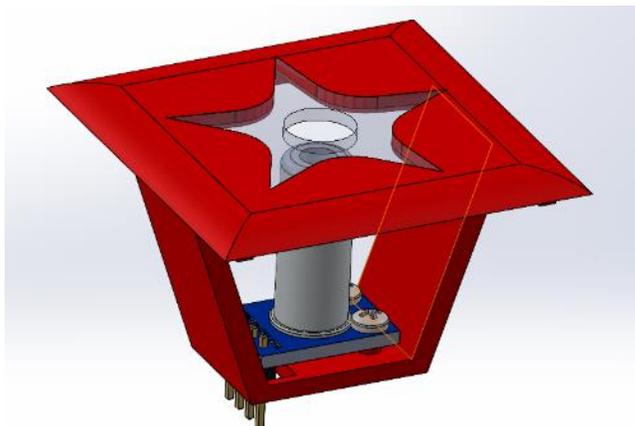
*Sensor de saturación de oxígeno con carcasa*



**Temperatura corporal.** De igual forma, se realiza la esquematización del sensor. Posteriormente se diseña una carcasa que permita que el láser del termómetro apunte directamente al paciente. En la Figura 41 se observa la carcasa con la inclusión sensor esquematizado.

**Figura 41**

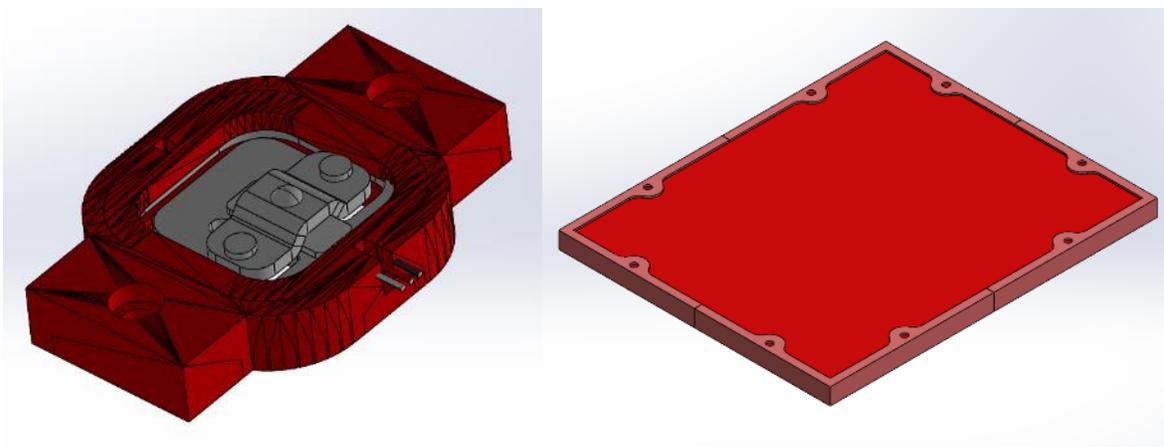
*Sensor de temperatura en la carcasa*



**Peso corporal.** La medición se la realizará con cuatro celdas de carga y una superficie plana que se colocará sobre ellas para que pueda ejercer la carga correspondiente al peso del paciente. La superficie contará con perforaciones que permitirán el anclaje a la estructura de la plataforma; mientras que las celdas de carga tendrán su carcasa al igual que los dispositivos mencionados anteriormente. Las celdas de carga y la superficie se las visualiza en la Figura 42.

**Figura 42**

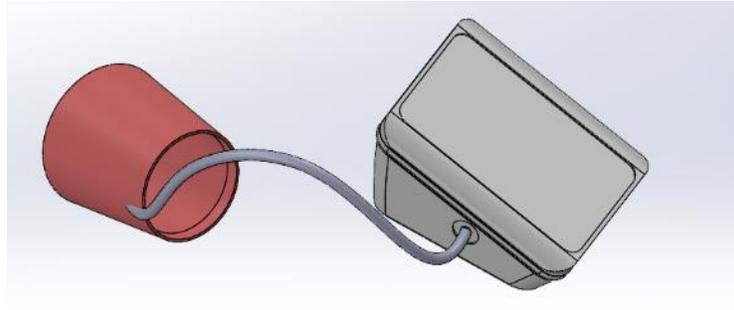
*Celda de carga con carcasa y superficie plana*



**Presión arterial y pulso.** A diferencia de los dispositivos anteriores, el tensiómetro no requiere de ningún componente impreso en 3D, simplemente se debe empotrar la caja en la estructura base. En la Figura 43 se observa el tensiómetro esquematizado en el software CAD.

**Figura 43**

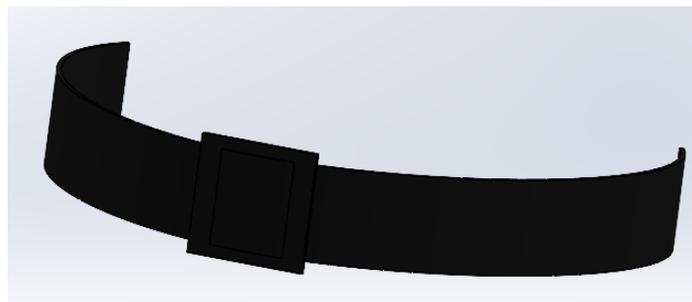
*Tensiómetro Omron HEM-7113 esquematizado*



**Frecuencia respiratoria.** El sensor para medir este parámetro requiere ser posicionado en el pecho del paciente, para ello se utiliza un cinturón que presione el sensor con la caja torácica y pueda realizarse la medición. En la Figura 44 se presenta el cinturón con el sensor esquematizado.

**Figura 44**

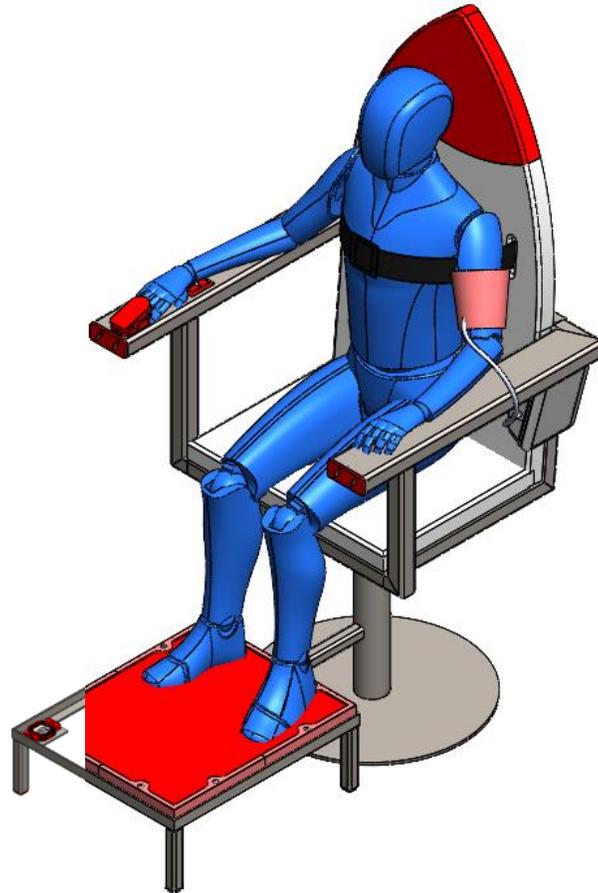
*Monitor de respiración esquematizado*



Al conocer las dimensiones de los elementos impresos en 3D, se procede a perforar la estructura de la silla para anclar los sensores en su respectivo lugar de medición, en la Figura 45 se observa al paciente con los dispositivos de medición ubicados de manera correcta.

**Figura 45**

*Paciente con los sensores y dispositivos colocados*



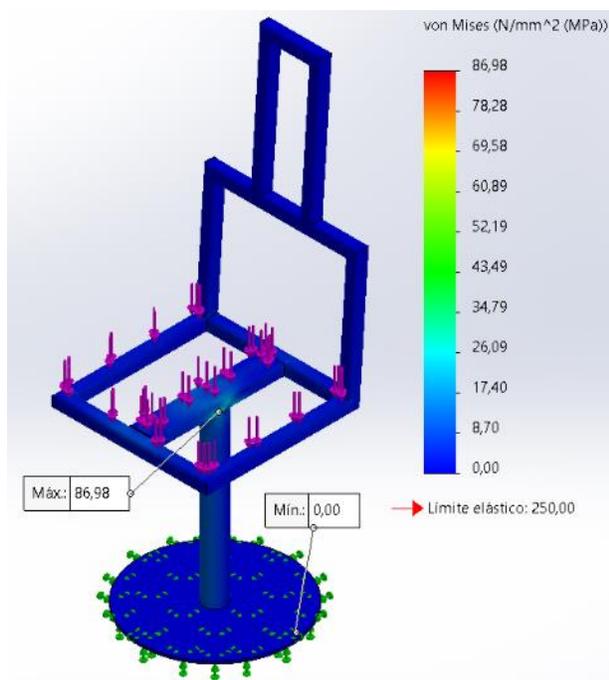
### ***Análisis Estático de la Estructura***

Se debe aclarar que, en primera instancia, se colocó los perfiles de menor espesor que son fáciles de conseguir en el país y que cumplían con los requerimientos para conformar la estructura. Con dichos perfiles se procede a realizar el análisis estático en el software CAD, teniendo en cuenta el lugar donde se distribuirá el peso del paciente.

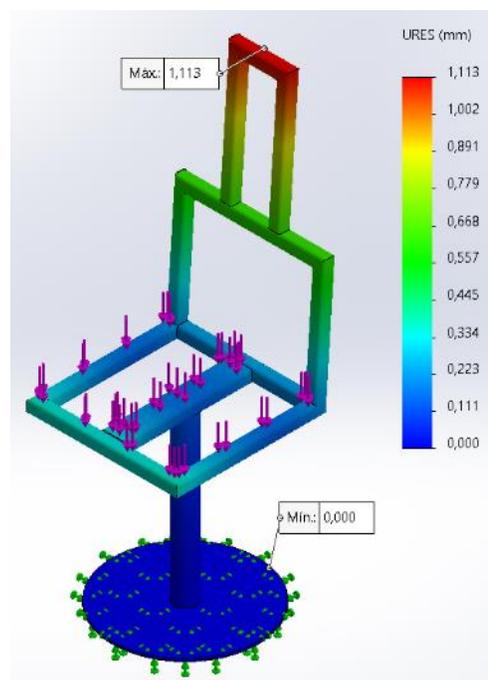
**Estructura base.** Para la estructura se consideró el peso máximo de la población objetivo, es decir 45 kg, de esta manera se obtuvieron los resultados de la Figura 46 referentes al esfuerzo de Von Mises (a), desplazamientos (b), deformaciones unitarias (c) y factor de seguridad (d).

Figura 46

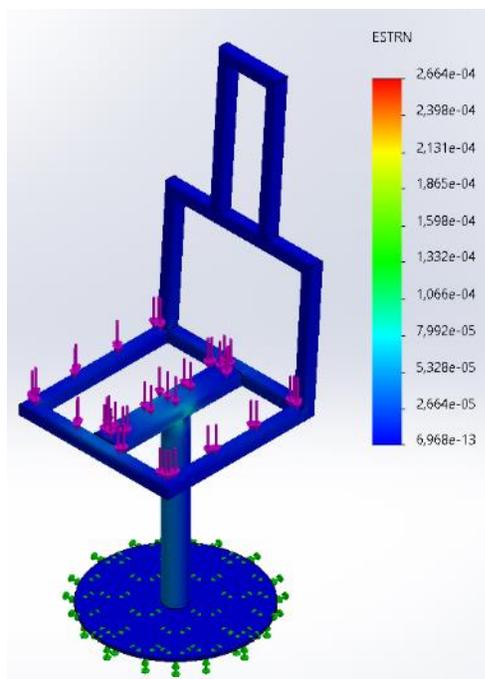
Análisis estático de la estructura base



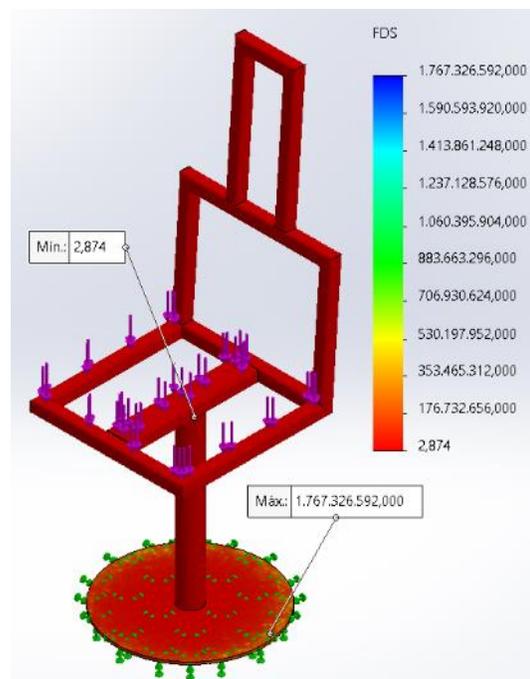
(a)



(b)



(c)

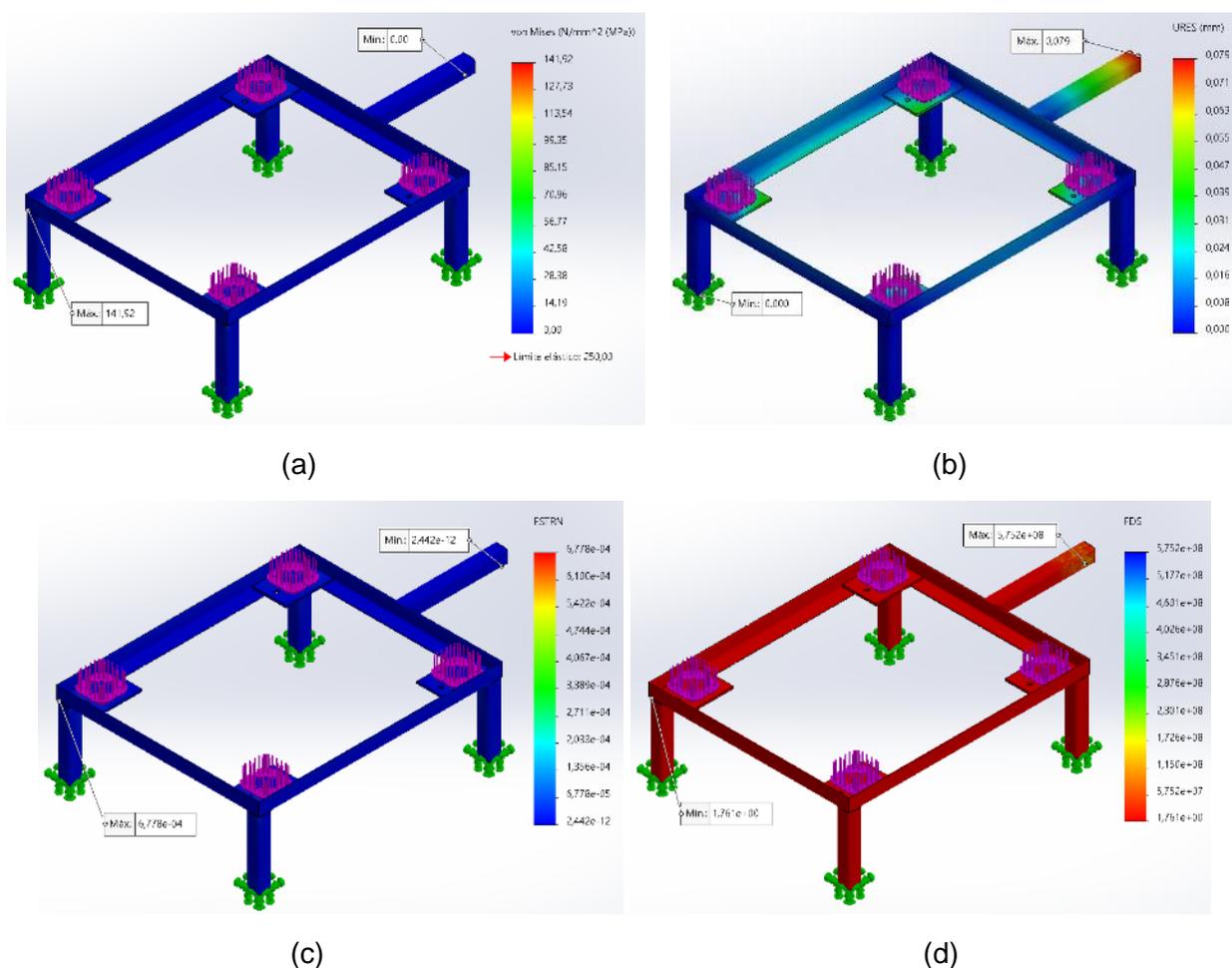


(d)

**Plataforma.** Al igual que el elemento anterior, para la plataforma se consideró el peso máximo de la población objetivo, de esta manera se obtuvieron los resultados de la Figura 47 referentes al esfuerzo de Von Mises (a), desplazamientos (b), deformaciones unitarias (c) y factor de seguridad (d).

**Figura 47**

*Análisis estático de la plataforma*



Además, se puede apreciar en la Tabla 24 un resumen de los valores más significativos conseguidos para los elementos analizados. Es importante señalar que, con el objetivo de mantener un diseño uniforme, se procuró conservar las medidas, los espesores y las características generales similares, a la vez que se garantizó una unión entre los componentes simulados que es equivalente a lo que se construyó en la realidad. El resultado final es un

seguridad mínimo de 1.7 en la plataforma, con esto se puede decir que no existe nada de sobredimensionamiento.

**Tabla 24**

*Cuadro de resumen de esfuerzos, deformaciones y factor de seguridad*

<b>Estructura</b>	<b>Esfuerzo máximo Von Mises [MPa]</b>	<b>Desplazamientos [mm]</b>	<b>Deformaciones unitarias</b>	<b>Factor de seguridad</b>
Estructura base	86.98	1.11	$2.66 \times 10^{-4}$	2.87
Plataforma	141	0.079	$6.78 \times 10^{-4}$	1.7

### ***Construcción de la Estructura***

Como paso previo a la construcción, se desarrollaron los planos de la estructura que serán presentados en la sección de anexos. Lo siguiente es conseguir los perfiles estructurales que están indicados en los planos para cortarlos y soldarlos según las medidas. Como ejemplo, en la Figura 48 se muestra una unión de dos tubos cuadrados para formar un marco rectangular.

**Figura 48**

*Soldadura para formar un marco rectangular*



Se realizan todas las juntas soldadas hasta formar las estructuras especificadas en los planos, posteriormente, para tener un buen acabado se desbasta el exceso de cordón hasta que quede una superficie plana tal como se observa en la Figura 49

**Figura 49**

*Estructuras soldadas y pulidas*



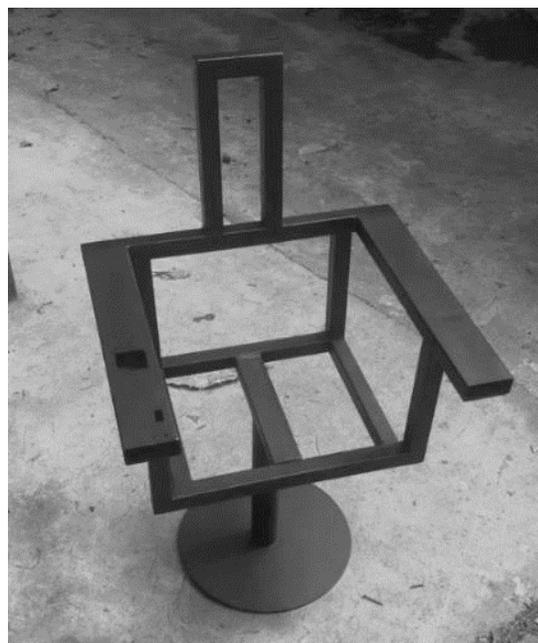
Para finalizar con esta etapa se ensamblan todas las partes hasta conformar la estructura base de la estación de triaje, además, ya no se requiere de ningún tipo de modificación mayor, por tal motivo también se pinta la estructura para evitar el desgaste de la superficie. En la Figura 50 se muestra la estructura base pulida (a) y pintada (b).

**Figura 50**

*Estructura base*



(a)



(b)

## Diseño electrónico del prototipo

Una vez seleccionados los sensores y dispositivos, se procede a realizar el dimensionamiento correcto de la estructura. A continuación, se adquieren las señales de cada variable y se acondicionan.

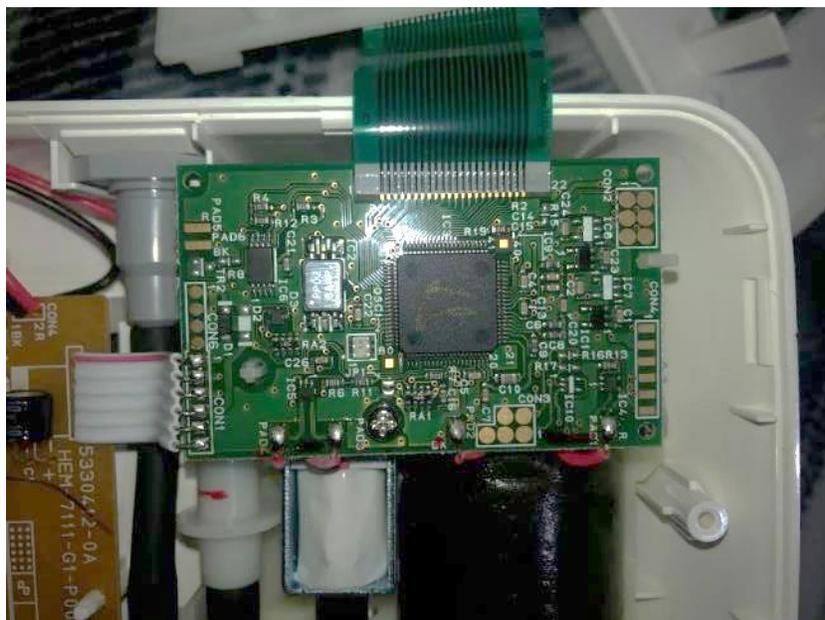
### ***Adquisición de las señales de los sensores y equipos***

La adquisición de señales es un elemento crucial del proyecto, ya que asegura la confiabilidad y precisión del sistema. A continuación, se detallan los pasos necesarios para su captación y su acondicionamiento.

**Presión arterial y frecuencia cardíaca.** El tensiómetro Omron HEM-7113 es un dispositivo médico comercial que no dispone de ninguna salida para realizar la comunicación con la tarjeta de adquisición, en la Figura 51 se muestra la placa interna del tensiómetro en donde se realiza la ingeniería inversa.

### **Figura 51**

*Placa central del tensiómetro*



Luego de llevar a cabo una revisión interna del hardware, se han identificado varios elementos que podrían utilizarse para adquirir los datos que se necesitan; de entre ellos destaca el microprocesador (a) y la memoria EEPROM (b) que se los presenta en la Figura 52.

### Figura 52

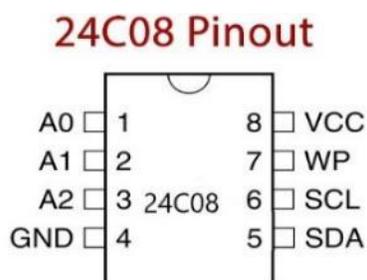
*Componentes electrónicos del tensiómetro*



Luego de examinar cuidadosamente cada uno de los componentes anteriores, se ha identificado que la memoria es equivalente a la EEPROM 24C08. Destacando que el pin 4 corresponde a GND, mientras que el pin 5 es utilizado para transportar la información serial de datos (SDA), y el pin 6 es utilizado para enviar la señal de reloj serial (SCL). Estos pines son responsables de transferir la información entre los distintos dispositivos conectados al bus de datos (Hussain, 2021). En la Figura 53 se presenta la distribución de pines de la memoria.

**Figura 53**

Distribución de pines de la Memoria EEPROM 24C08



*Nota.* Tomado de “24C08 1kx8 Serial CMOS EEPROM – Datasheet” por Hussain, 2021, (<https://www.circuits-diy.com/24c08-1kx8-serial-cmos-eprom-datasheet/>)

Continuando con el análisis, se determinó que los pines de SCL y GND tenían terminales disponibles en la periferia de la placa, sin embargo, el pin SDA no disponía de ningún terminal; con esto aclarado, en la Figura 54 se muestra los cables soldados en el lugar que corresponde a los pines nombrados.

**Figura 54**

Conexiones internas del tensiómetro



Los cables delgados salen del dispositivo y van conectados a los pines correspondientes de la tarjeta; con la ayuda de un programa realizado en el ambiente de desarrollo integrado (IDE) de Arduino, es posible determinar la dirección de la memoria EEPROM, cuyo valor es 0x54. Gracias a esto, se obtuvo una serie de valores almacenados en la computadora mediante la comunicación I2C y se encuentran resumidos en la Tabla 25,

**Tabla 25**

*Valores obtenidos con la comunicación I2C*

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Valor de inicio	128
Valor de confirmación	3
Presión sistólica	101
Presión diastólica	76
Frecuencia cardíaca	53
Valor final	128

El dispositivo es puesto en marcha para obtener varias mediciones y analizar los valores de los parámetros almacenados, en el caso de la presión diastólica y la frecuencia cardíaca no existía ningún inconveniente. En cambio, para obtener el valor real de la presión sistólica había que sumarle 25 unidades al dato almacenado. En la Tabla 26 están reflejados los valores reales y almacenados de cada parámetro, además se ha representado almacenado con alm

**Tabla 26**

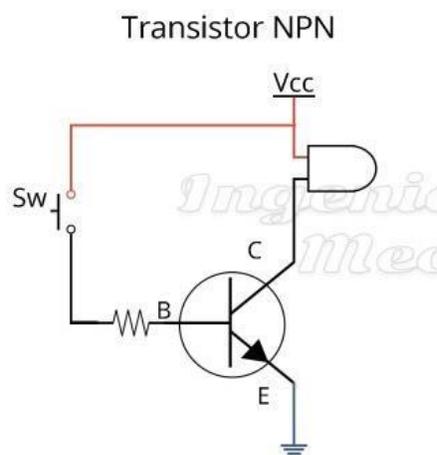
*Valores almacenados y reales obtenidos del tensiómetro*

<b>Medición</b>	<b>Presión sistólica [mmHg]</b>		<b>Presión diastólica [mmHg]</b>		<b>Frecuencia cardíaca [ppm]</b>	
	<b>Valor alm.</b>	<b>Valor real</b>	<b>Valor alm.</b>	<b>Valor real</b>	<b>Valor alm.</b>	<b>Valor real</b>
1	97	122	74	74	56	56
2	101	126	76	76	53	53
3	92	117	83	83	57	57
4	90	115	69	69	54	54
5	85	110	65	65	53	53

Finalmente, se incorpora un transistor al botón de encendido del tensiómetro para permitir el inicio automático a través de la activación de un pin digital en la placa Arduino. Es importante destacar que el transistor se configura como un interruptor y su pin de activación va conectado al pin digital de la tarjeta. En la Figura 55 se observa un transistor NPN en configuración de interruptor

### Figura 55

*Transistor en configuración de interruptor*



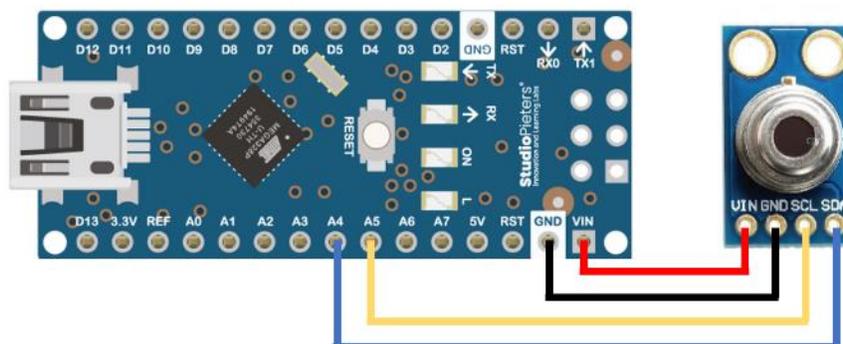
*Nota.* Tomado de “Configuraciones y Polarizaciones de los Transistores” por Ingeniería Mecafenix, 2023, (<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Electronic/transwitch.html>)

**Temperatura corporal.** El sensor MLX90614 es el candidato ideal para medir la temperatura del paciente en la zona de la muñeca, la medición se la realiza de manera sencilla y sin mayores perturbaciones al paciente ya que solo debe apoyar su brazo en la estación al momento que se sienta.

Para comunicar el sensor con la tarjeta de adquisición se emplea el protocolo I2C, para ello el sensor cuenta con los pines: Vin, GND, SCL y SDA. Se realiza el código en el IDE de Arduino para obtener los datos y se implementan las conexiones como se observan en la Figura 56.

**Figura 56**

*Esquema de conexión del sensor MLX90614*



La temperatura medida en la muñeca del paciente no siempre refleja la temperatura corporal real, por lo que se requiere una compensación digital del valor obtenido del sensor. Para lograr esto, se llevaron a cabo pruebas con varias personas, y los resultados obtenidos están detallados en la Tabla 27.

**Tabla 27**

*Medición de temperatura sin compensación*

Medición	Temperatura real [C°]	Temperatura sensor [C°]
1	35.9	30.9
2	36.3	32.7
3	36.1	33.5
4	36.1	33.3
5	36.2	32.1
Promedio	36.12	32.5

Al comparar la temperatura real promedio con la del sensor, se observa que hay 3.62 grados de diferencia, este es el valor que se adiciona a la temperatura del sensor para realizar la compensación digital en el código de Arduino. Con el código actualizado se realizan pruebas nuevamente y se obtienen los resultados de la Tabla 28.

**Tabla 28**

*Medición de temperatura con compensación*

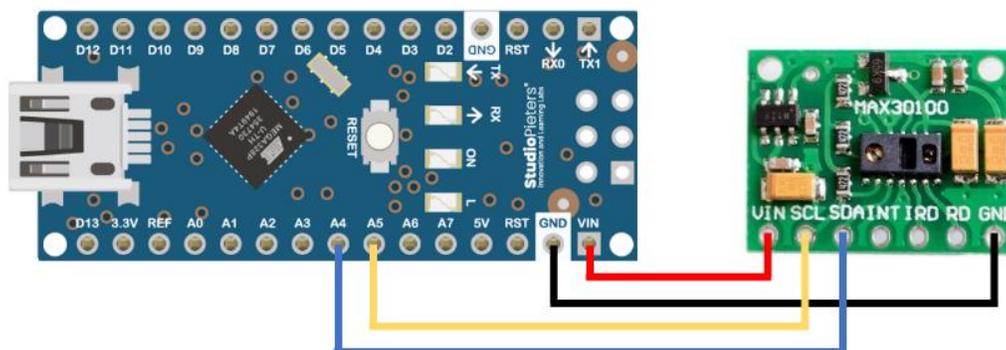
Medición	Temperatura real [C°]	Temperatura compensada [C°]
1	36.1	36.22
2	36.2	36.36
3	36.3	36.33
4	36.1	36.23
5	36.0	36.25

**Saturación de oxígeno.** El sensor MAX30100 se encarga de medir la presencia de oxígeno en la sangre que posee el paciente. Para su funcionamiento, se ubica en el dedo índice sobre el haz de luz y el sensor realiza la medición de forma inmediata.

Con el sensor ya definido, se implementa un código en el IDE de Arduino para probar el funcionamiento, adicionalmente, se realizan las conexiones con la tarjeta tal como se muestra en la Figura 57, teniendo en cuenta que su protocolo de comunicación también es el I2C.

**Figura 57**

*Esquema de conexión del sensor MAX30100*



Al realizar un par de mediciones se nota que el sensor funciona de manera correcta y que no se requiere realizar ninguna compensación ya que el lugar de medición es el ideal. En la Tabla 29 se muestran las mediciones realizadas en comparación con el valor real.

**Tabla 29**

Valores de la saturación tomados con oxímetro de pulso y el sensor MAX30100

Medición	Valor oxímetro [%]	Valor sensor [%]
1	96	96
2	95	94
3	96	96
4	96	96
5	96	95

**Frecuencia Respiratoria.** El monitor de frecuencia respiratoria se comunica de manera directa con el dispositivo de adquisición de datos MyDAQ de National Instruments, simplemente se requiere de un adaptador de sensores que viene incluido en el kit. En la Figura 58 se presenta el sensor conectado a la DAQ.

**Figura 58**

Monitor de frecuencia respiratoria conectado a MyDAQ

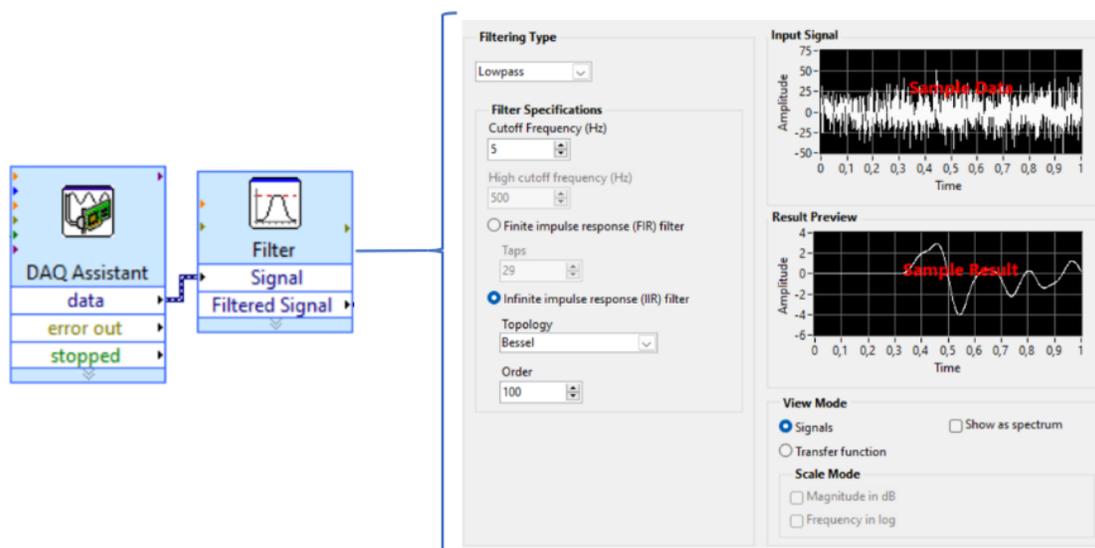


Con el sensor colocado en el pecho, la DAQ recibe una señal analógica que se asemeja a una senoidal. La señal trae consigo una interferencia que se la pretende reducir con la ayuda de un filtro digital en el entorno de programación de la tarjeta (LabVIEW). Como regla general, para disminuir el ruido de una señal se emplea un filtro pasa bajas; luego de un par de pruebas se visualiza que la frecuencia de corte que mejor se adapta a la señal es la de 5 Hz, y se establece el valor de 100 como el orden del filtro, esto para sacarle el máximo provecho al filtrado digital.

En la Figura 59 se presentan los bloques para a la adquisición de la señal y el filtro digital en LabVIEW

**Figura 59**

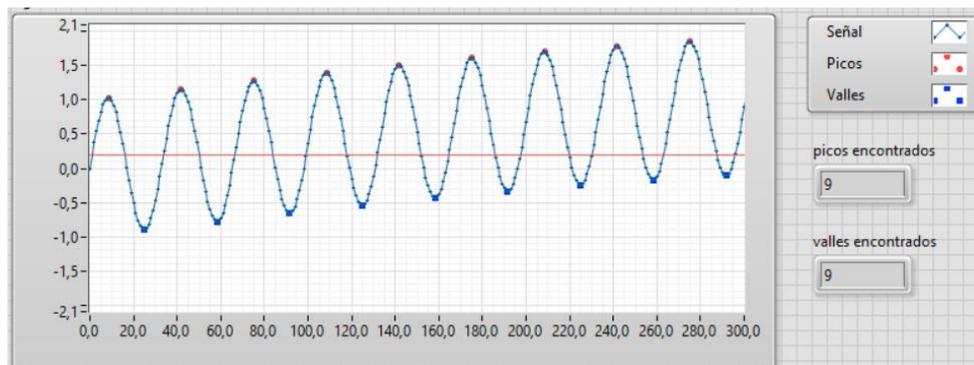
*Bloques de adquisición y filtrado de señal en LabVIEW*



La señal que se obtiene sigue teniendo la naturaleza senoidal, lo siguiente es determinar el número de picos y valles que existen en el lapso de 30 segundos; se toma en cuenta este tiempo ya que es lo que recomiendan los expertos. En la Figura 60 se muestra la señal analógica filtrada digitalmente, además del conteo con la ayuda de la programación en LabVIEW.

**Figura 60**

*Conteo de picos y valles de la señal filtrada*



Tomando en cuenta los valles, hay que notar que existen 9, sin embargo, el número de respiraciones realizadas por el paciente corresponden a 8, ya que el primer valle se toma como el punto de partida. De manera sencilla se podría duplicar el número de respiraciones y decir que esa es el valor de la frecuencia respiratoria, que en el ejemplo sería 16 respiraciones por minuto, sin embargo, la medición sería incorrecta por el tiempo que existe antes y después de la detección del primer y último valle; por esta razón lo que se hará es un tipo de variación a la medición.

Se parte de determinar el tiempo que existe entre el valle inicial y final y hacer una regla de tres para determinar la frecuencia respiratoria verdadera. Por ejemplo, en la Figura 60 se determina el primer y último valle a los 2.5 y 29 segundos respectivamente, es decir que existieron 8 respiraciones completas en el lapso de los 26.5 segundos. Para obtener la frecuencia respiratoria real se emplea la ecuación (2), misma que se la implementa en el programa y con la que se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 30.

$$FR = \frac{60 * (\#valles - 1)}{\text{tiempo entre valles}} \quad (2)$$

Remplazando los valores:

$$FR = \frac{60 * 8}{26.5} = 18.11 \text{ resp/min}$$

**Tabla 30**

*Valores de la frecuencia respiratoria tomados de manera tradicional y con el sensor*

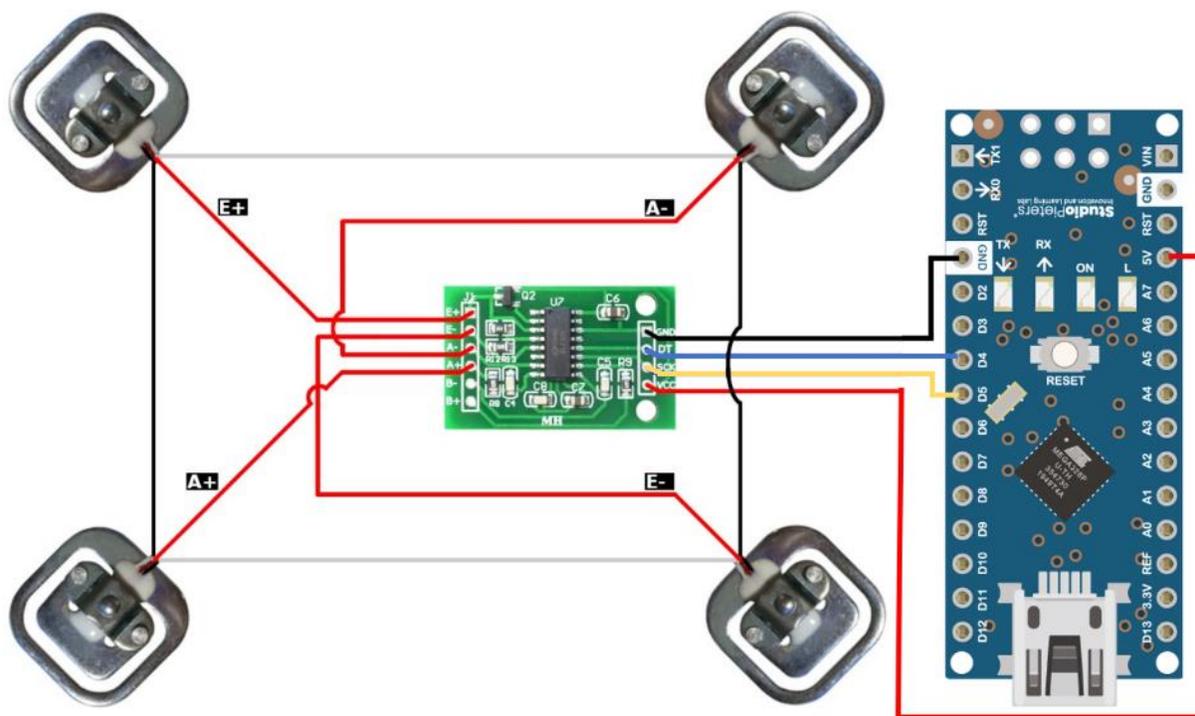
<b>Medición</b>	<b>Forma tradicional [respiraciones/min]</b>	<b>Valor sensor [respiraciones/min]</b>
1	20	20.54
2	19	18.83
3	20	19.76
4	20	20.21
5	18	18.11

**Peso corporal.** Se colocan las celdas de carga en forma rectangular debajo de la plataforma donde se ubica al paciente, estas celdas al deformarse por el peso corporal cambian su resistencia, lo que produce una variación muy pequeña de voltaje que es necesario amplificarlo. Para esta tarea se utiliza el módulo HX711, que es un amplificador de instrumentación y conversor analógico a digital (ADC) de alta precisión diseñado especialmente para aplicaciones que requieren medición precisa de sensores de peso y fuerza.

Se realiza el cableado de las galgas para que se conecten en configuración de puente completo. En la Figura 61 se presenta la forma en que se debe hacer la implementación, además de las conexiones del módulo con la tarjeta de adquisición de datos.

**Figura 61**

*Esquema de conexión de las celdas de carga y el módulo HX711*



El módulo se comunica con el microcontrolador por medio de una interfaz serial de 2 pines (Clock y Data) similar al I2C. Lo siguiente es realizar un código en el IDE de Arduino que permita realizar la medición del peso del paciente, luego de un par de pruebas se determina que el factor de calibración (K) que mejor se adapta es 2071.82, este factor depende de la naturaleza de las celdas de carga. En la Tabla 31 se muestra las mediciones realizadas en comparación con una balanza comercial, cabe mencionar que el factor de calibración se lo determinó con pesos que corresponden a la población objetivo, por tal motivo se tiene una mayor variación en pesos muy superiores o inferiores a los 30 kg.

**Tabla 31**

*Valores del peso corporal tomados con las celdas de carga y una balanza comercial*

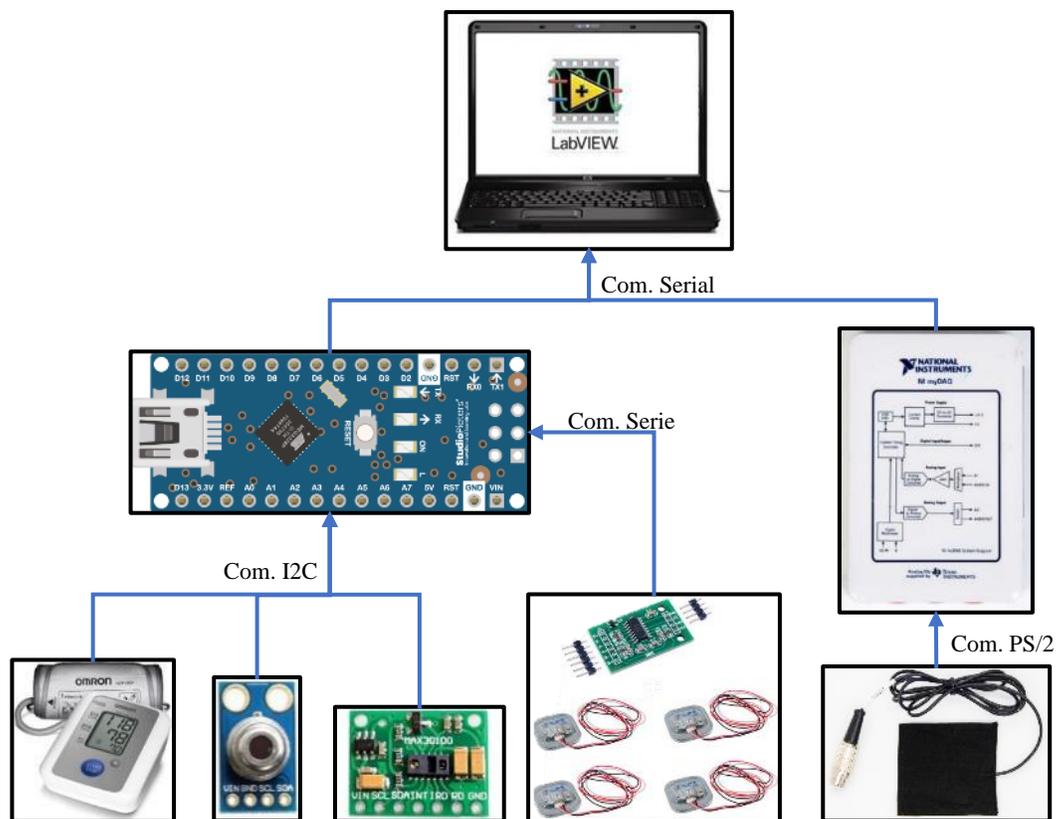
<b>Medición</b>	<b>Balanza comercial [kg]</b>	<b>Celdas de carga [kg]</b>
1	15	14.87
2	25	25.02
3	35	35.06
4	50	50.15
5	65	64.80

### ***Integración de componentes electrónicos***

En la sección anterior se hizo la medición de los signos vitales por separado, lo siguiente es integrar todos los componentes y comunicar las tarjetas de adquisición con la computadora. El sistema embebido MyDAQ se comunica de manera directa con el software LabVIEW, mientras que la tarjeta de Arduino tiene su código de manera independiente dentro de su microprocesador y para establecer el envío de información, se requiere de un protocolo de comunicación serial. De esta manera se obtienen los datos de manera directa en el programa. En la Figura 62 se presenta la comunicación de todos los componentes hasta llegar al ordenador, y en la Figura 63 se muestra la captación de los valores de los signos vitales en el programa de LabVIEW

**Figura 62**

*Esquema general de los dispositivos electrónicos*



*Nota.* Por motivos de espacio se ha representado comunicación con Com.

**Figura 63**

*Valores captados por LabVIEW*

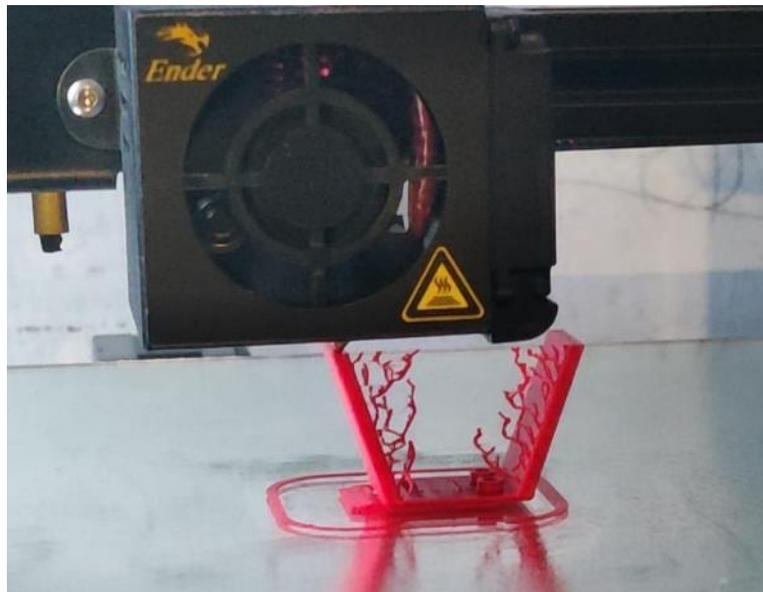
Variable	Valor Actual
Peso	31 kg
Temperatura	36,2 C
Sat. Oxígeno	96 SpO2
Frec. Respiratoria	18,2 r/min
Frec. Cardíaca	59 ppm
Presión Sistólica	110 mm Hg
Presión Diastólica	64 mm Hg

## Integración del Componente Mecánico y Electrónico

Una vez que se comprueba el funcionamiento de los sensores, lo siguiente es colocarlos en la estructura de la estación, para ello se da paso a la impresión 3D de los componentes de acondicionamiento mecánico. Como ejemplo, en la Figura 64 se observa el proceso de impresión del acople del sensor MLX 90614.

### Figura 64

*Impresión 3D del acople del sensor de temperatura*



Gracias a los acoples, colocar los sensores en su lugar resulta sencillo. Sin embargo, la tarea de pasar el cableado por el interior de los tubos de la estructura puede resultar un poco más compleja. Para facilitar esta tarea, se utiliza un gancho que permite el paso de los cables de la plataforma y los sensores de temperatura y saturación de oxígeno sin que sean visibles desde la parte delantera de la estación. Esto se puede apreciar en la Figura 65.

**Figura 65**

*Estación con cableado interno*

**Establecimiento de la base de Datos**

Una vez obtenidos los datos del paciente recopilados mediante los sensores y el entorno de programación gráfico, se plantea como siguiente paso subirlos a la nube para que puedan ser visualizados por el personal médico mediante cualquier dispositivo conectado a internet. Esto se puede lograr a través del uso del internet de las cosas (IoT), que es capaz de conectar dispositivos físicos con aplicaciones de software en la nube y compartir los datos de manera segura y sencilla. Los requerimientos iniciales del desarrollo del IoT de la estación de triaje son los siguientes.

- Ser estrictamente de visualización. No se podrá editar la información en la nube.
- Permitir la búsqueda por paciente mediante el número de identificación.
- Registrar los valores de los signos vitales en función de los resultados de las mediciones.

- Mostrar de forma amigable dichos valores.
- Incluir gráficas que permitan una mejor visualización.

### ***Plataforma de Alojamiento en la Web***

Para cumplir los requerimientos se necesita fundamentalmente de un espacio en la nube que permita tanto el almacenamiento como el acceso a la información a través de Internet. Buscando algunos proveedores (como DigitalOcean, Rackspace, Heroku, entre otras), se determinó que Amazon Web Services (AWS) es una excelente opción, ya que ofrece una serie de servicios y herramientas que hacen que se facilite el desarrollo, implementación y administración de aplicaciones en la nube, además de que ofrece una prueba gratuita que es muy conveniente sobre todo en etapas de prueba.

Una vez se dispone de este espacio en la nube, se procede a instalar el sistema operativo de Ubuntu que se ejecuta como parte de una máquina virtual en línea. Dentro de Ubuntu se instala Node-Red que es el motor de la programación, el bróker Mosquitto, que permite utilizar el protocolo MQTT y trabajar con los datos enviados desde el computador; y MySQL que es la base de datos, donde se escriben los datos recolectados por los sensores, mediante Node-Red. Las instalaciones se las realiza mediante la ventana de comandos, introduciendo varias líneas de código; a manera de ejemplo, en la Figura 66 se muestra que el Node-Red se encuentra instalado y en funcionamiento.

Figura 66

Ventana de comandos con acceso al servidor web

```

ubuntu@ip-172-31-26-193: ~
[PM2] Spawning PM2 daemon with pm2_home=/home/ubuntu/.pm2
[PM2] PM2 Successfully daemonized
[PM2] Starting /usr/bin/node-red in fork_mode (1 instance)
[PM2] Done.

  id  name      mode  status  cpu  memory
  --  -
  0   node-red  fork  online  0%  26.3mb

ubuntu@ip-172-31-26-193:~$ pm2 save
[PM2] Saving current process list...
[PM2] Successfully saved in /home/ubuntu/.pm2/dump.pm2
ubuntu@ip-172-31-26-193:~$ pm2 startup
[PM2] Init System found: systemd
[PM2] To setup the Startup Script, copy/paste the following command:
sudo env PATH=$PATH:/usr/bin /usr/lib/node_modules/pm2/bin/pm2 startup systemd
i ubuntu --hp /home/ubuntu
ubuntu@ip-172-31-26-193:~$

```

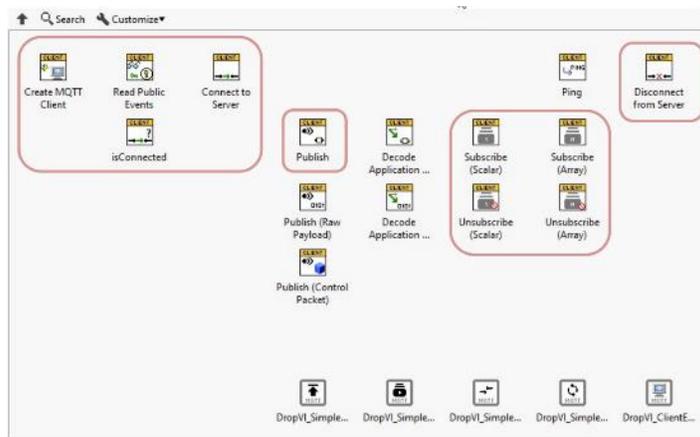
### ***Protocolo de Comunicación MQTT***

Al igual que el servidor web, el ordenador que controla la estación de triaje debe contar con el bróker Mosquitto y Node-Red. En este punto, la comunicación mediante el protocolo MQTT es esencial, ya que se utiliza en cada etapa del proceso, desde el momento de publicar los tópicos en el Node-Red, hasta la visualización de la información en la nube.

Es necesario establecer la comunicación entre el programa de LabVIEW con el Node-Red Local, para ello se requiere adicionar el paquete MQTT a la aplicación. Gracias a esto se tienen los bloques necesarios y se realiza la comunicación con el bróker Mosquitto mediante el puerto 1883. Seguidamente el bróker se comunica con el Node-Red local para que le llegue la información enviada desde el programa de LabVIEW. En la Figura 67 se presentan los bloques adicionales con los que se establece la comunicación MQTT, cabe mencionar que la programación de esta etapa estará incluida en Anexos.

**Figura 67**

*Bloques de programación del protocolo MQTT en LabVIEW*



El programa de Node-Red local envía la información al de la nube, aquí es donde se filtra la información para que cada valor se asigne a la variable que corresponda y posteriormente subir estos valores a la base de datos MySQL. En la Figura 68 se muestra la cadena de caracteres que recibe el Node-Red sin aplicar ningún filtro; A dicha cadena se la manipula de tal manera que los caracteres previos al nombre son eliminados, y se la separa teniendo en cuenta el guión bajo.

**Figura 68**

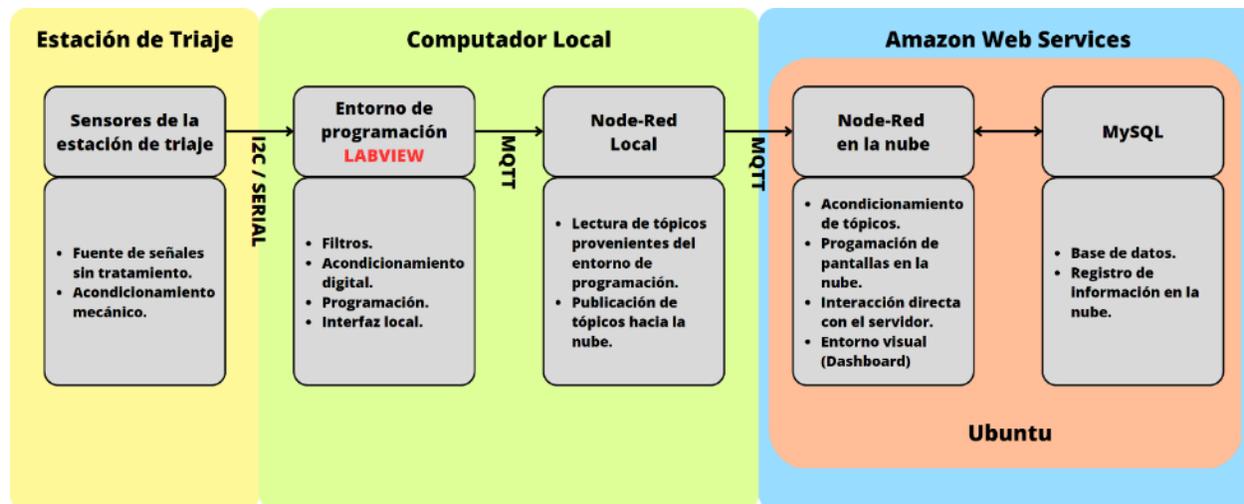
*Datos enviados desde LabVIEW*



En resumen, la Figura 69 muestra un diagrama de proceso que representa la forma en que fluye la información, desde la señal generada por los sensores, hasta almacenar la información en la base de datos.

**Figura 69**

*Esquema de comunicación del prototipo.*



### **Interfaz en la Web**

Con los valores segmentados y guardados en la base de datos, lo siguiente es realizar la interfaz en la que se mostrará la información y las mediciones de los pacientes a los médicos. Para un mejor manejo y entendimiento de la información, se plantea el uso de tres pantallas que se presentan gracias al Dashboard de Node-Red.

**Pantalla de inicio de sesión.** En la Figura 70 se muestra la pantalla para que el usuario ingrese un nombre de usuario y contraseña, en caso de ser correctos podrá acceder a la siguiente pantalla. Se realiza esta verificación de identidad para que la información de los pacientes no sea vulnerabilizada por terceros.

Figura 70

Pantalla de inicio de sesión

**Pantalla de seguimiento del paciente.** En la Figura 71 se muestra una pantalla que contiene a todos los pacientes que han sido registrados con los valores de sus signos vitales. En la parte de segmentación de datos, se puede buscar a un paciente por su cédula, apellido, edad, género y discapacidad.

Figura 71

Pantalla de visualización de datos

Base de Datos Estación de Triaje																			
					CERRAR SESIÓN					GRAFICAS					BORRAR TABLA				
Ce...	Ap...	No...	Fec...	Años	Me...	Días	Ge...	Dis...	Gr...	Peso	Est...	IMC	FR...	Ox...	Te...	Pre...	PDia	Pul...	Fec...
100368...	Valencia	Santiago	7/6/1998	24	8	7	Masculi...	No	O+	66.4	142.7	32.61	21	95	36.5	115	50	72	2/14/20...
100368...	Valencia	Santiago	7/6/1998	24	8	7	Masculi...	No	O+	51.7	135.1	28.33	24	94	36	123	45	73	2/14/20...
100368...	Valencia	Santiago	7/6/1998	24	8	7	Masculi...	No	O+	66	143.9	31.87	25	94	36.7	123	45	73	2/14/20...
100368...	Valencia	Santiago	7/6/1998	24	8	7	Masculi...	No	O+	45.7	137.1	24.31	24	94	35.9	146	93	74	2/14/20...
100368...	Valencia	Santiago	7/6/1998	24	8	7	Masculi...	No	O+	45.7	137.1	24.31	33	96	35.4	146	93	74	2/14/20...
172820...	Alban	Maritza	06/06/1...	23	8	8	Femeni...	No	O+	53.5	136.3	28.8	20	95	34.3	109	68	60	14/2/20...
172820...	Alban	Maritza	6/6/1999	23	8	8	Femeni...	No	O+	53.6	134.3	29.72	21	96	34.7	108	77	60	2/14/20...
172820...	Alban	Maritza	6/6/1999	23	8	8	Femeni...	No	O+	53.6	140.7	27.08	22	96	34.6	30	64	58	2/14/20...
172820...	Alban	Maritza	6/6/1999	23	8	8	Femeni...	No	O+	53.6	140.7	27.08	21	96	34.9	107	68	63	2/14/20...
100368...	Valencia	Santiago	7/6/1998	24	8	7	Masculi...	No	O+	73.1	106.4	64.57	0	0	0	0	0	0	2/14/20...
172820...	Alban	Maritza	6/6/1999	23	8	8	Femeni...	No	O+	53.4	139.5	27.44	23	93	32.7	114	67	63	2/14/20...

Segmentación de Datos																			
Buscar por Cedula:										1003690129									
Ce...	Ap...	No...	Fec...	Años	Me...	Días	Ge...	Dis...	Gr...	Peso	Est...	IMC	FR...	Ox...	Te...	Pre...	PDia	Pul...	Fec...
100368...	Valencia	Santiago	7/6/1998	24	8	7	Masculi...	No	O+	66.4	142.7	32.61	21	95	36.5	115	50	72	2/14/20...
100368...	Valencia	Santiago	7/6/1998	24	8	7	Masculi...	No	O+	51.7	135.1	28.33	24	94	36	123	45	73	2/14/20...
100368...	Valencia	Santiago	7/6/1998	24	8	7	Masculi...	No	O+	66	143.9	31.87	25	94	36.7	123	45	73	2/14/20...
Buscar por Apellido:										Valencia									
Ce...	Ap...	No...	Fec...	Años	Me...	Días	Ge...	Dis...	Gr...	Peso	Est...	IMC	FR...	Ox...	Te...	Pre...	PDia	Pul...	Fec...
100368...	Valencia	Santiago	7/6/1998	24	8	7	Masculi...	No	O+	66.4	142.7	32.61	21	95	36.5	115	50	72	2/14/20...
100368...	Valencia	Santiago	7/6/1998	24	8	7	Masculi...	No	O+	51.7	135.1	28.33	24	94	36	123	45	73	2/14/20...
100368...	Valencia	Santiago	7/6/1998	24	8	7	Masculi...	No	O+	66	143.9	31.87	25	94	36.7	123	45	73	2/14/20...

**Pantalla de gráficas del paciente.** En esta pantalla se muestran los valores de los signos vitales representados en una gráfica en el tiempo, para esto se aplica un filtrado por cédula ya que este valor no se repetirá para ningún individuo. En la Figura 72 se muestra la pantalla con la información del paciente cuyo número de identificación es el 1728200856.

**Figura 72**

*Pantalla de visualización de gráficas*



### Desarrollo de la Interfaz del Usuario

La Interfaz es desarrollada en LabVIEW y permite ingresar la información personal del paciente en conjunto con sus signos vitales, también permite acceder a la base de datos en el navegador y su manejo es muy sencillo.

### ***Pantalla de inicio***

La Figura 73 muestra la pantalla inicial que visualiza el usuario, el botón “Medición Signos” abre una nueva pantalla en la que se realiza la medición, el botón “Base de datos” abre la interfaz web en el navegador, el botón “Sobre los Autores” genera una nueva pantalla con la información personal de los autores y el botón “Cerrar Aplicación” finaliza la ejecución del programa de LabVIEW.

### **Figura 73**

#### *Pantalla de inicio*



### ***Pantalla de medición de signos***

La pantalla se muestra en la Figura 74, el primer paso es ingresar la información personal del paciente, luego hay que seguir el flujo de los botones paso a paso para realizar la medición de las medidas antropométricas, seguidamente viene la medición los signos vitales y por último se suben los datos a la nube y se apaga la estación para una nueva medición. Los valores de cada parámetro se muestran en la sección de la derecha y si se requiere volver a la pantalla principal, solo se debe pulsar en el botón “Home”.

Figura 74

Pantalla de medición de signos vitales

**Medición de Signos Vitales y Peso**

**Estado de la Estación**

Funcionando ● Detenido ●

---

**Datos Personales del Paciente**

Cédula:

Nombres:

Apellidos:

Fecha nacimiento:

Edad:

Género:

Discapacidad:

Grupo Sanguíneo:

**Panel de Control**

Puerto:

→

→

→

**Signos Vitales del Paciente**

Variable	Valor Actual	Valor Guardado
Peso	<input type="text" value="0 kg"/>	<input type="text" value="0 kg"/>
Estatura	<input type="text" value="0 cm"/>	<input type="text" value="0 cm"/>
IMC	<input type="text" value="0"/>	
Temperatura	<input type="text" value="0 C"/>	<input type="text" value="0 C"/>
Sat. Oxígeno	<input type="text" value="0 SpO2"/>	<input type="text" value="0 SpO2"/>
Frec. Respiratoria	<input type="text" value="0 r/min"/>	<input type="text" value="0 r/min"/>
Frec. Cardíaca	<input type="text" value="0 ppm"/>	<input type="text" value="0 ppm"/>
Presión Sistólica	<input type="text" value="0 mm Hg"/>	<input type="text" value="0 mm Hg"/>
Presión Diastólica	<input type="text" value="0 mm Hg"/>	<input type="text" value="0 mm Hg"/>

### Pantalla de los autores

Aquí simplemente se visualiza una fotografía y el nombre completo de los autores, además se incluye el correo electrónico para que se puedan realizar consultas por parte del usuario de la estación de triaje. La pantalla se presenta en la Figura 75 y al igual que en la anterior, se regresa a la pantalla principal con el botón “Home”

Figura 75

Pantalla de los autores

**Acerca de los Autores**

**Mateo Proaño**



Ing. Mecatrónico  
mjproano4@espe.edu.ec

**Santiago Valencia**



Ing. Mecatrónico  
sdvalencia1@espe.edu.ec

## Resumen del Capítulo

En este capítulo se detalla la metodología empleada para la construcción del prototipo. Se utilizó una metodología basada en objetivos para segmentar el proyecto en etapas y definir actividades claras para alcanzar los objetivos. La primera etapa consistió en entrevistar al personal de salud para definir los requerimientos del proyecto y discutir la importancia de los parámetros a medir y el almacenamiento automático de información en la nube. Se desarrolló una matriz QFD para identificar las necesidades y expectativas de la población objetivo. Luego, se segmentó la población objetivo según la estatura de los pacientes, llegando a la conclusión de que se debía enfocar en pacientes de 110 a 140 cm de altura, es decir, de 6 a 10 años. También se seleccionaron los sensores y dispositivos electrónicos con base en matrices de evaluación, teniendo en cuenta su tamaño y ubicación en la estructura base.

La segunda etapa abarcó el diseño mecánico del prototipo, partiendo de las dimensiones de la población segmentada. Se plantearon conceptos para la forma y diseño de la estructura de la estación, generando una matriz de evaluación y seleccionando el concepto con la ponderación más alta. Se realizó el diseño asistido por computadora de la estructura, detallando cada parte y presentando un esquema en el que los pacientes de 110 a 140 cm de altura son ubicados de forma correcta en la estación. También se diseñaron los acoples para los sensores y dispositivos y se realizó un análisis estático de la estructura para obtener un factor de seguridad que avala que la estructura se encuentra diseñada correctamente. Gracias a esto, se pudo dar paso a la construcción de la estructura y en el documento se presentan evidencias de la manufactura.

La tercera parte detalla el diseño electrónico del prototipo, abarcando la adquisición de las señales de los sensores y equipos. Un aspecto destacado es la aplicación de ingeniería inversa en el dispositivo de medición de la presión arterial y frecuencia cardíaca, además se obtuvieron las señales de los otros sensores con la conexión a su correspondiente tarjeta de adquisición de datos. Se verificaron los valores obtenidos y se realizó una compensación

electrónica en el caso de la temperatura. Luego se integraron los componentes electrónicos y se acoplaron los sensores y dispositivos a la estructura base.

En la última etapa se detalló la implementación del internet de las cosas y de la programación. Se estableció la base de datos a partir de la selección de un servidor, se aclaró el protocolo de comunicación utilizado para transferir la información desde la computadora local a la nube y se mostró el funcionamiento de las interfaces desarrolladas tanto a nivel local como en la web.

## Capítulo IV

### Integración, Pruebas y Resultados

#### Integración Total del Sistema

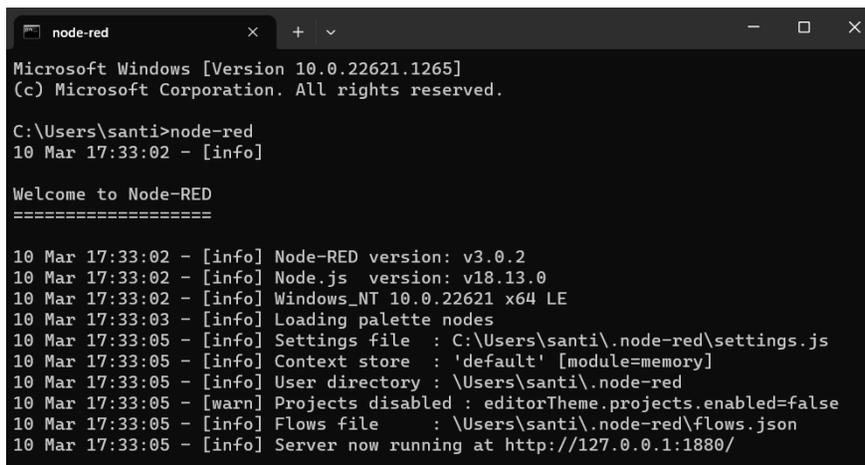
En el capítulo previo se realizó la integración del componente mecánico y electrónico con resultados positivos, lo siguiente es acoplar la comunicación con base de datos y realizar pruebas de funcionamiento en presencia de los expertos, para que los valores de los signos, la interfaz de control y la de visualización en la web, sea evaluada por los expertos.

#### Secuencia de funcionamiento

El primer paso es conectar el cable USB de la estación para establecer la comunicación de las tarjetas con el ordenador. Adicionalmente se tiene la comunicación MQTT local desde LabVIEW a Node-Red, por tal motivo, se requiere iniciar estos programas y el bróker con anterioridad. Todos se ejecutan como cualquier aplicación de Windows, a diferencia del Node-Red, que se lo debe iniciar desde la ventana de comandos del ordenador, tal como se observa en la Figura 76.

#### Figura 76

##### *Inicialización del Node-Red*



```
Microsoft Windows [Version 10.0.22621.1265]
(c) Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\santi>node-red
10 Mar 17:33:02 - [info]

Welcome to Node-RED
=====

10 Mar 17:33:02 - [info] Node-RED version: v3.0.2
10 Mar 17:33:02 - [info] Node.js version: v18.13.0
10 Mar 17:33:02 - [info] Windows_NT 10.0.22621 x64 LE
10 Mar 17:33:03 - [info] Loading palette nodes
10 Mar 17:33:05 - [info] Settings file : C:\Users\santi\.node-red\settings.js
10 Mar 17:33:05 - [info] Context store : 'default' [module=memory]
10 Mar 17:33:05 - [info] User directory : \Users\santi\.node-red
10 Mar 17:33:05 - [warn] Projects disabled : editorTheme.projects.enabled=false
10 Mar 17:33:05 - [info] Flows file : \Users\santi\.node-red\flows.json
10 Mar 17:33:05 - [info] Server now running at http://127.0.0.1:1880/
```

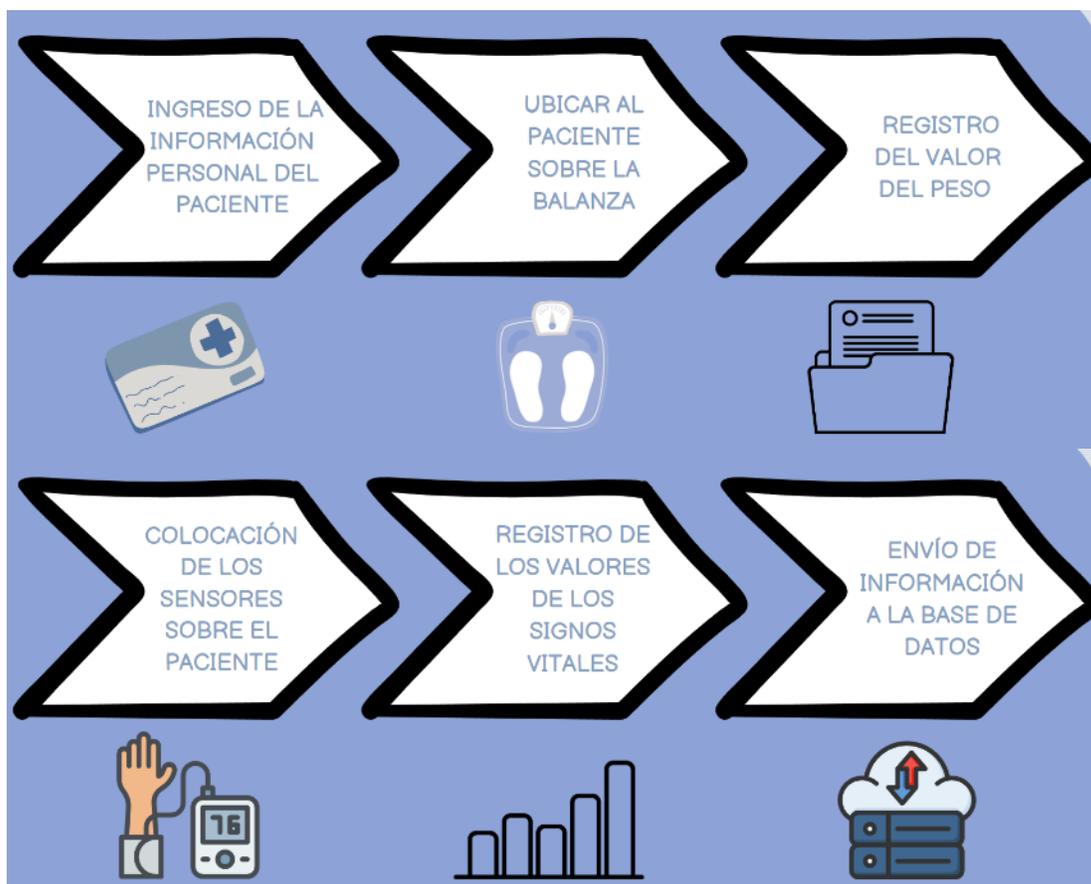
**Funcionamiento de la interfaz de medición.** Con los programas listos y funcionando, lo siguiente es entrar en la interfaz de medición de signos del programa de LabVIEW, para ello simplemente se pulsa el botón “Medición Signos” que se observa en la Figura 73. Aquí como primer paso, se ingresa la información personal del paciente y se procede a realizar la medición del peso y los signos vitales como se detalla a continuación.

1. Seleccionar el puerto de comunicación con la tarjeta de adquisición, por lo general es el de mayor numeración.
2. Pulsar el botón “Iniciar Estación”.
3. Posicionar al paciente sobre la plataforma y esperar 5 segundos aproximadamente.
4. Oprimir el botón “Guardar Peso”.
5. Situar al paciente en la silla de la estación.
6. Colocar los sensores y dispositivos de medición en el lugar que correspondan.
7. Apretar el botón “Medir Signos” y esperar 1 minuto aproximadamente.
8. Presionar el botón “Guardar Signos”.
9. Verificar los datos en la sección de “Valor Guardado”
10. Pulsar el botón “Subir Datos”.
11. Oprimir el botón “Apagar estación”.

De esta manera se tiene la información del paciente subida y almacenada en la base de datos con la fecha y hora. Como resumen del funcionamiento se presenta un flujo de actividades en la Figura 77.

**Figura 77**

*Secuencia para la toma de signos vitales*



**Funcionamiento de la interfaz web.** A esta interfaz se accede mediante el navegador de la computadora, para ello se puede pulsar el botón “Base de Datos” que se observa en la Figura 73 o a su vez, ingresar con el enlace del Node-Red Dashboard (<http://54.164.75.9:1880/ui/#!/0?socketid=iV-YOM5OjrpU1u-3AAAR>).

A diferencia de la interfaz anterior, esta es muy sencilla de manejar. Como primer paso se debe ingresar el nombre de usuario y contraseña en el campo que corresponda y pulsar el botón “Aceptar”, se accede a una nueva ventana que contiene la información de los pacientes en su totalidad, si se requiere la información de un paciente o grupo de pacientes, en la ventana se puede buscar por cédula, apellidos, edad, género y discapacidad.

Para visualizar la información de los signos vitales a manera de gráficas solo basta con pulsar sobre el botón con el mismo nombre y accederá a una ventana nueva, aquí se presenta un filtro de cédula en el que se ingresa la del paciente en análisis y se presiona la tecla "Enter". Seguidamente se desplegarán las gráficas de cada signo vital y parámetro antropométrico en función del tiempo.

En caso de que se requiera vaciar la información, se tiene la opción de pulsar el botón "Borrar Tabla", de esta manera se vaciará la información en su totalidad y se tendrá lista la aplicación para nuevas mediciones.

### ***Pruebas preliminares***

Se realizaron pruebas de funcionamiento previo a la culminación del diseño y la revisión de los expertos, esto para que, por medio de la experiencia, se pueda identificar factores a mejorar. Gracias a esto se puede evidenciar un mal funcionamiento por parte de la balanza ya que las paredes del tablón rozaban con la estructura y ejercían un tipo de resistencia mecánica en ciertos casos, por tal motivo no se daba la compresión completa de las celdas de carga y se visualizaban valores de peso menores a los de la realidad en la interfaz local. Este fallo se lo corrige satisfactoriamente con el desbaste de 1 mm de pared a cada lado del tablón.

Lo siguiente es la verificar que la medición de los sensores sea coherente y que los datos visualizados en la interfaz local sean los mismos que se presentan en la interfaz web, ya sea a manera de tabla o de gráfica. Para esto se realizan varias mediciones con un paciente de prueba y no se tienen ninguna variación en cuanto a la información personal ni a los valores numéricos, con esto se procede a mostrar la estación a los expertos.

### **Entrevista con los Expertos**

Para esta etapa se contó con la ayuda del personal del departamento médico de la universidad. Con la ayuda de una presentación, se expuso a la estación de triaje y su

funcionamiento, desde la captación de la señal con los sensores, hasta la visualización de la información en la web. En la Figura 78 se puede observar al paciente de prueba sobre la plataforma para realizar la medición de su peso, con esto los expertos pudieron evidenciar de forma real, el protocolo de funcionamiento del prototipo.

### **Figura 78**

#### *Entrevista con los expertos*



Cuando finalizó la demostración se les realizó una encuesta a los expertos, el formato se encuentra en la sección de anexos. Gracias a esto se tiene una retroalimentación de quienes serían las personas que manejarían el prototipo en el ámbito laboral. Los expertos en su mayoría consideran que la estación es un dispositivo innovador y útil en el ámbito médico, sin embargo, hicieron énfasis en que la medición de la estatura se la realice con la ayuda de un tallímetro y el valor sea almacenado automáticamente, así como se hace con el valor del peso del paciente, de esta manera se cumpliría a cabalidad el requerimiento de medición de los signos vitales y medidas antropométricas.

La Tabla 32 muestra los resultados obtenidos por las 6 personas del personal médico, en un rango de calificaciones de 4 niveles. Se puede obtener una ponderación porcentual para cada factor si se considera un factor de calidad para cada nivel, donde "Baja" es igual a 0, "Regular" es igual a 0.33, "Aceptable" es igual a 0.67 y "Alta" es igual a 1.0. Como los valores obtenidos son menores a la unidad, se presenta el resultado a manera de porcentaje.

**Tabla 32**

*Resultados obtenidos al encuestar a los expertos*

Factores	Baja	Regular	Aceptable	Alta	Ponderación
	0.00	0.33	0.67	1.00	[%]
Dispositivo innovador	0.00	0.17	0.33	0.50	77.78
Cumplimiento del requerimiento de la toma de signos vitales	0.00	0.17	0.50	0.33	72.22
Reducción del tiempo para la toma de signos	0.00	0.17	0.33	0.50	77.78
Reducción del impacto psicológico en los niños	0.00	0.00	0.50	0.50	83.33
Interfaz de usuario amigable y fácil de manejar	0.00	0.00	0.17	0.83	94.44
Tamaño de la estación adecuado para niños	0.00	0.00	0.67	0.33	77.78
Seguridad física y emocional de los niños	0.00	0.00	0.33	0.67	88.89
Grado de aceptación de la base de datos	0.00	0.00	0.33	0.67	88.89
<b>Promedio</b>					<b>82.64</b>

Los resultados obtenidos en la encuesta muestran que en general todos los aspectos pueden mejorar, sin embargo, el que más destaca y en el que se centró la atención es en el cumplimiento del requerimiento de la toma de signos vitales y medidas antropométricas, es por ello por lo que se adicionó un método para la medición de la estatura que se lo describirá más adelante. De manera general se observa que la ponderación de los criterios tomados en cuenta es del 82.64%, es decir una ponderación promedio entre "Aceptable" y "Alta", esto es alentador si se alude al grado de aceptación por parte del personal médico.

## Incorporación del Método para la Medición de Estatura

Se siguió el consejo de los expertos y se incorporó un elemento sobre la parte posterior del apoyabrazos que funciona como un tallímetro. Seguidamente se detalle el proceso de su incorporación.

### **Selección del sensor**

Como primera opción se plantea usar un sensor de distancia que funciona con tecnología láser. Cuando la placa horizontal del tallímetro se posicione sobre la cabeza del paciente, se dispararía el láser con dirección al piso; según el tiempo de retorno del haz de luz será la estatura que se reflejará en la pantalla.

Para esta tarea se adquirió el sensor de distancia láser que se observa en la Figura 79, sus características técnicas están a continuación.

- Láser: Clase 1 IEC 60825-1:2014
- Alimentación: 3 a 5 VDC
- Rango de Medición: 50 a 2000 mm
- Protocolo: I2C
- Tamaño: 12.5 x 25 x 3.8 mm

### **Figura 79**

*Sensor de distancia láser modelo VL53L0X*



*Nota.* Tomado de “VL53L0X: sensor de distancia láser de alta precisión” por HWlibre, 2022, (<https://www.hwlibre.com/vl53l0x/>)

Al momento de realizar pruebas con este sensor se pudo notar que para distancias cortas funciona muy bien, sin embargo, cuando se supera los 40 cm, su desempeño se reduce considerablemente ya que presenta una variación de 10 cm cuando se quiso medir una distancia que correspondía a la estatura de la población objetivo, por tal motivo queda totalmente descartado el uso del sensor láser.

Si se quisiera seguir trabajando con la tecnología láser se requeriría de un mayor presupuesto, por tal motivo se optó por el uso de la odometría, esta se define como la rama de la geometría que se enfoca en la medición de distancias y desplazamientos.

Para el proyecto se requiere un encoder que detecte el sentido de giro ya que la placa horizontal se desplaza de forma vertical en ambas direcciones. El encargado de realizar esta tarea es el módulo encoder rotatorio KY-040 rotacional que se observa en la Figura 80. A continuación, se muestran sus detalles técnicos.

- Voltaje de funcionamiento: 5V
- Círculo de pulsos: 20
- Dimensiones: 2.5cm x 1.8cm x 3cm

### Figura 80

*Encoder rotatorio*



*Nota.* Tomado de “MÓDULO ENCODER ROTATORIO KY-040 rotacional” por Mega trónica, 2023, (<https://megatronica.cc/producto/modulo-codificador-rotatorio-ky-040/>)

Con este dispositivo es posible medir el desplazamiento gracias a la conversión del número de vueltas que da el eje, esto con la ayuda del radio de giro se puede convertir en una distancia que se traduce en el valor de la estatura del paciente.

### **Diseño del tallímetro**

Si bien es cierto que es posible determinar la distancia que ha recorrido una rueda con el número de vueltas y su radio de giro, es posible que exista un desplazamiento que al final del cálculo no se lo tomó en cuenta. Por esta razón lo que se diseña es un tallímetro basado en un mecanismo de piñón-cremallera, de esta manera no existiría ningún desplazamiento gracias al engranaje de los dientes y el radio de giro sería la mitad el diámetro primitivo del piñón.

**Diseño del mecanismo piñón-cremallera.** Se empieza con el dato de que cada giro del eje del encoder cuenta con 20 pulsos. Lo siguiente es establecer la distancia que se quiere que recorra el tallímetro cuando el piñón gire una vuelta completa, luego de debatir sobre un valor coherente se llega a la conclusión de que 8 cm es el valor indicado ya que cada pulso representaría 0.4 cm y este valor sería la resolución del dispositivo.

Un valor de resolución mayor a  $\pm 0.4$  cm sería considerado malo por los expertos, en cambio un valor menor desencadenaría que el tamaño del piñón sea muy pequeño y esto en maquinabilidad no es recomendable.

Ahora se requiere encontrar el diámetro de giro para la odometría, para ello se aplica la ecuación (3), donde  $p$  es el perímetro y  $d$  el diámetro.

$$d = \frac{p}{\pi} \quad (3)$$

Reemplazando los valores:

$$d = \frac{8 [cm]}{\pi}$$

$$d = 2.54 [cm] = 25.4 [mm]$$

Lo siguiente es determinar el módulo y número de dientes del piñón, por motivos de maquinabilidad se elige que el módulo del engrane sea 2.5 y el módulo se lo calcula con la ecuación (4), donde DP es el diámetro primitivo, M el módulo y N el número de dientes del engrane.

$$DP = M * N \quad (4)$$

Despejando la variable a encontrar y reemplazando valores:

$$N = \frac{DP}{M} = \frac{25.4}{2.5}$$

$$N = 10.16 \approx 10 \text{ dientes}$$

Al aproximar el número de dientes a un valor entero, se debe calcular nuevamente el diámetro primitivo con la ecuación (4).

$$DP = 2.5 * 10 = 25 \text{ [mm]}$$

Como consecuencia de este nuevo valor, hay que calcular el nuevo recorrido que tiene el tallímetro por cada vuelta del engrane, dicho valor está regido por la ecuación (5).

$$p = DP * \pi \quad (5)$$

Reemplazando los valores:

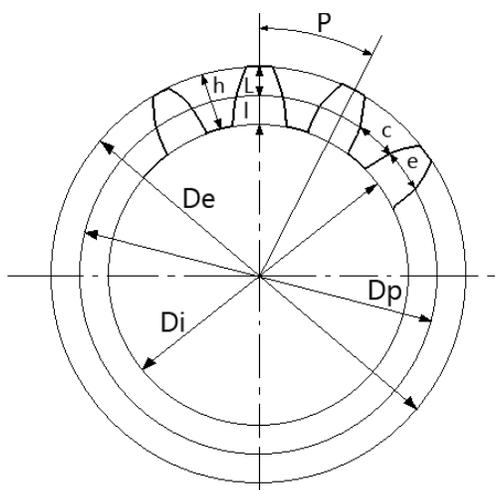
$$p = 25 * \pi$$

$$p = 78.54 \text{ [mm]} = 7.85 \text{ [cm]}$$

Gracias a que se conoce el valor del módulo y el número de dientes del engrane se puede realizar el cálculo de todos los factores para su diseño CAD y su posterior fabricación. En la Figura 81 se muestra el bosquejo del engrane con las variables a calcular, mientras que en la Tabla 33 se muestra el cuadro de resumen de los valores calculados

**Figura 81**

*Engranaje de dientes rectos métricos*



*Nota.* Tomado de “MetalMecánica Fácil” por MetalMecánica Fácil, 2023,

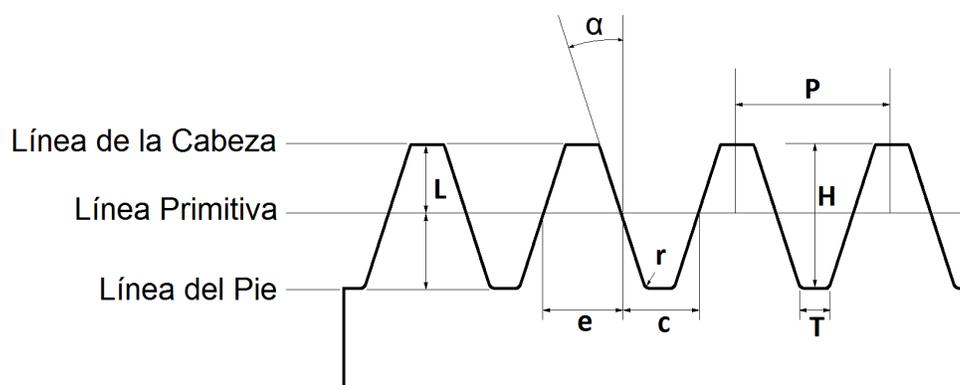
([https://www.metalmecanica-facil.mahtg.com/p\\_recto.html](https://www.metalmecanica-facil.mahtg.com/p_recto.html))

**Tabla 33**

*Valores de los elementos del engrane*

<b>Elemento</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Valor</b>
Módulo	M	2.50 mm.
Número de Dientes	N	10 dientes.
Diámetro Primitivo (Dp)	$M \cdot N$	25.00 mm.
Diámetro Exterior (De)	$D_p + (2 \cdot M)$	30.00 mm.
Altura del Diente (H)	$2,167 \cdot M$	5.417 mm.
Paso (P)	$3,1416 \cdot M$	7.854 mm.
Diámetro Interior (Di)	$D_e - (2 \cdot H)$	19.165 mm.
Espacio entre dientes (c)	$P/2$	3.927 mm.
Espesor del diente (e)	$P/2$	3.927 mm.
Altura de la cabeza del diente (L)	M	2.50 mm.
Altura del pie del diente (l)	$1,167 \cdot M$	2.917 mm.

El mismo procedimiento se sigue para la cremallera, en la Figura 82 se muestra el bosquejo de la cremallera con las variables a calcular, mientras que en la Tabla 34 se muestra el cuadro de resumen de los valores calculados

**Figura 82***Cremallera mecánica métrica*

*Nota.* Tomado de “MetalMecánica Fácil” por MetalMecánica Fácil, 2023, (<https://www.metalmecanica-facil.mahtg.com/cremallera/calculador-de-cremallera-mecanica-metrica.html>)

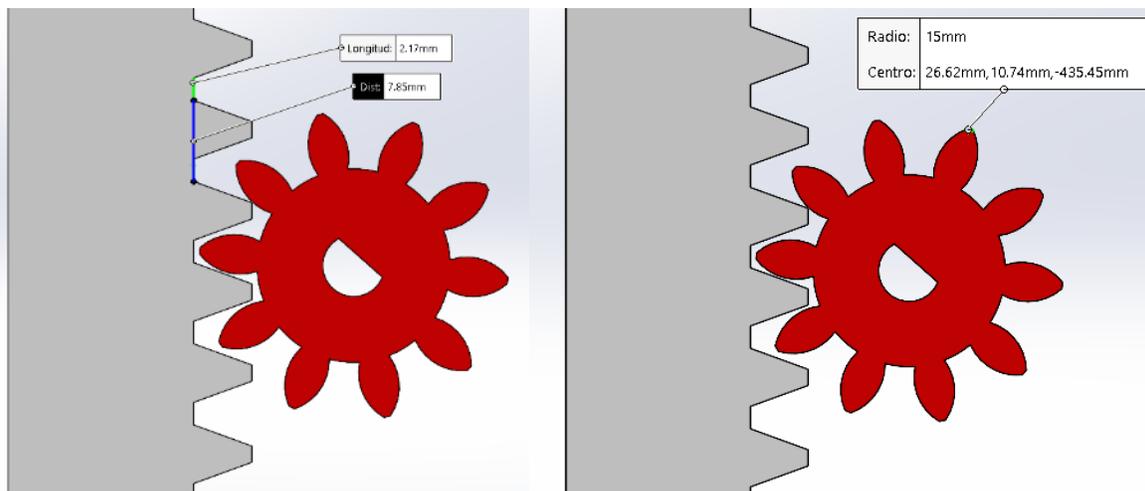
**Tabla 34***Valores de los elementos de la cremallera*

Elemento	Fórmula	Valor
Módulo	M	2.5 mm.
ángulo de Presión	$\alpha$	20° 0'
Paso (P)	$\pi * M$	7.854 mm.
Altura del Diente (H)	$2.25 * M$	5.625 mm.
Espesor del Diente (e)	$0,5 * P$	3.927 mm.
Espacio entre dientes (c)	$0,5 * P$	3.927 mm.
Altura de la Cabeza del diente (L)	M	2.50 mm.
Radio del Pie del Diente (r)	$0,3 * M$	0.75 mm.
Ancho del Fondo del Diente (T)	$(P - (4(L)(\text{tg}\alpha))/2$	2.17 mm.

Con estos datos se realizó el diseño por separado de cada uno de los elementos en el software CAD, en la Figura 83 se visualiza la forma en la que se acoplan en un ensamble, además se incluyeron un par de mediciones para contrastar los valores con los que se calcularon previamente.

**Figura 83**

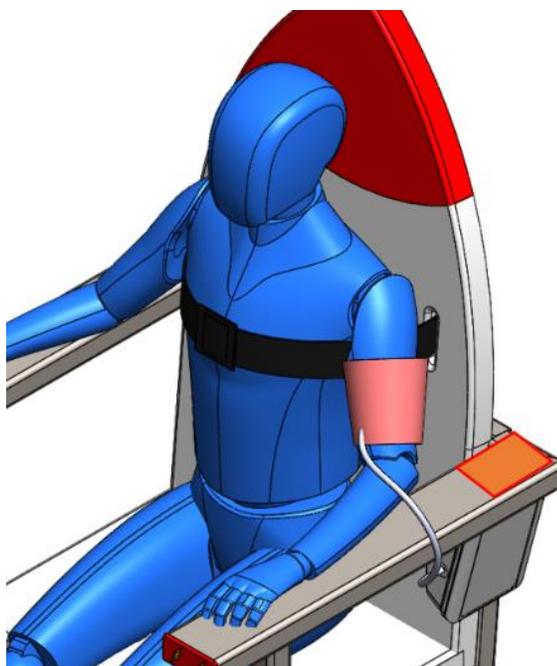
*Mecanismo piñón-cremallera diseñado*



**Diseño de la base y riel.** La ubicación del tallímetro se observa de color anaranjado en la Figura 84, para fijarlo en la estructura se requiere de una base en la que vaya montada un riel que guiará a la placa horizontal.

**Figura 84**

*Ubicación del tallímetro*



Para el desarrollo del riel, se tenía pensado construirlo con la ayuda de una impresora 3D, sin embargo, luego de un análisis se llegó a la conclusión que la placa horizontal requiere de un movimiento fluido y continuo a lo largo del riel, y esto no se conseguiría de manera efectiva con el acabado de la impresión 3D. Por este motivo se toma como solución un riel telescópico comercial que se presenta en la Figura 85; su rango de extensión es de 55 cm y es ideal para medir la estatura de la población objetivo ya que el rango de movimiento debe ser de al menos 30cm (110cm – 140cm).

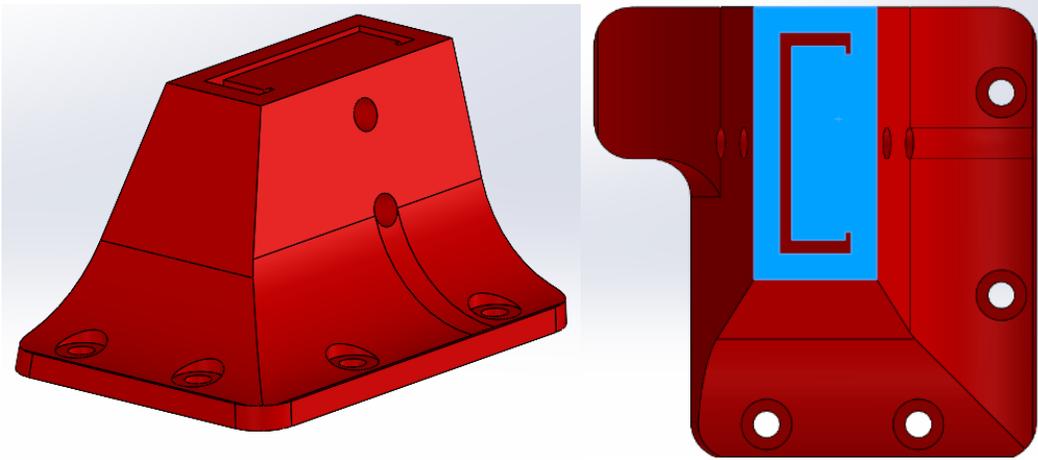
### Figura 85

*Riel telescópico*



*Nota.* Tomado de “Amazon” por YKLL, 2023, (<https://www.amazon.com.mx/YKLL-Correderas-Telescopicas-Inoxidable-Tornillos/dp/B0B6PPYH8H?th=1>)

Con las dimensiones del riel y del espacio que se tiene en la estructura de la estación, se procede a diseñar la base que será fabricada mediante impresión 3D. En la Figura 86 se presenta a la base, cuenta con una ranura en la parte superior por donde se inserta el riel telescópico, también presenta perforaciones laterales para anclar el riel a la base mediante tornillos y, por último, tiene perforaciones en la parte inferior para anclar el conjunto a la estructura de la estación.

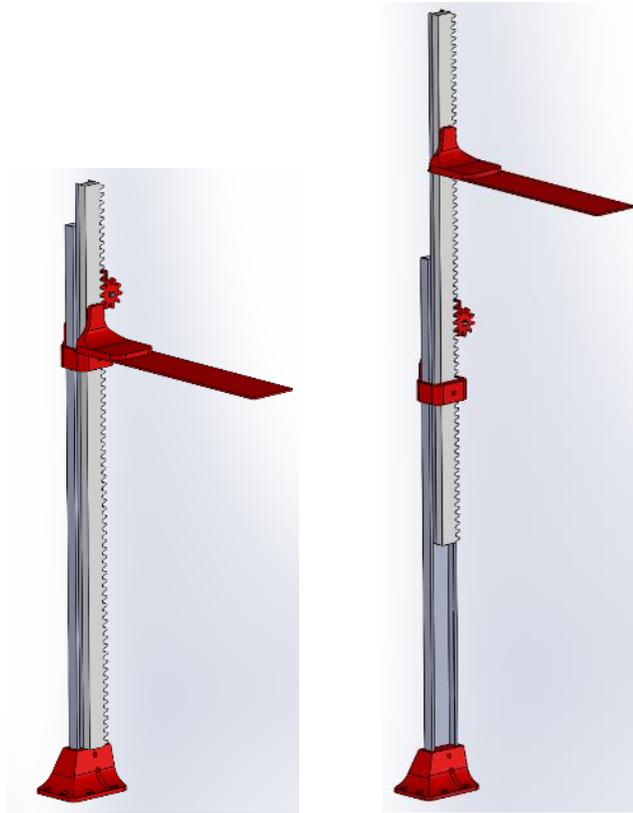
**Figura 86***Base del riel diseñado*

**Ensamble de componentes.** Se realizó la unión de todos los componentes teniendo en cuenta que la cremallera se ubica sobre el riel y tiene su misma longitud, es decir 55cm. Por la parte posterior, se encuentra la carcasa que contiene al encoder rotatorio, este se ubica de tal forma que el piñón se ubique sobre el eje y quede a la misma altura que la cremallera. Por último, se tiene acoplado a la cremallera un elemento impreso en 3D y la placa horizontal que ayudarán a la medición de la estatura. En la Figura 87 se visualiza el mecanismo de medición en su posición inicial y desplazado.

**Construcción del tallímetro.** Se ensamblan las partes según el diseño realizado y se realizan perforaciones en la estructura de la estación para realizar el anclaje. En la Figura 88 se observa que los dientes del piñón engranan de manera correcta en la corredera mientras que en la Figura 89 se ve al tallímetro ubicado en la parte lateral de la estación.

**Figura 87**

*Mecanismo de medición de estatura*

**Figura 88**

*Sistema piñón cremallera*



**Figura 89***Tallímetro acoplado a la estación***Funcionamiento en conjunto**

Como primer paso, se puso en funcionamiento solamente al tallímetro con una altura de referencia para realizar varias mediciones. En la Tabla 35 se observa que la variación es muy pequeña, más adelante se presenta el análisis de los valores de cada variable por separado según los datos obtenidos de la población objetivo.

**Tabla 35***Valores de estatura tomados con el tallímetro*

<b>Medición</b>	<b>Valor referencial [cm]</b>	<b>Valor tallímetro [cm]</b>
1	140.0	140.3
2	140.0	139.9
3	140.0	139.9
4	140.0	140.3
5	140.0	139.9

Por último, se comprobó que la adición del tallímetro no altera a ninguna de las interfaces ni tampoco los valores obtenidos con los demás sensores, de igual forma se verifica que la información de la estatura que se muestra en la web sea la misma que en la realidad.

### ***Mediciones con la población objetivo***

En esta etapa existió la colaboración de niños con edades entre 7 y 12 años. En conjunto con sus padres se realizó la presentación del dispositivo y se indicó todas las ventajas que se tiene al momento de realizar la toma de signos vitales y medidas antropométricas, seguidamente se realizó las mediciones de los parámetros de los niños. La Figura 90 exhibe el momento en el que se toma la estatura del paciente y cuando está ubicado en la estación para la medición de los signos vitales. Con esto los padres pudieron evidenciar el funcionamiento del prototipo y constatar que los niños no corrían ningún riesgo físico en la estación.

### **Figura 90**

*Medición de la estatura de la población objetivo*



Una vez finalizadas las mediciones de todos los pacientes, se procedió a realizar una encuesta dirigida tanto a los niños como a sus padres, con el objetivo de obtener una retroalimentación acerca de su experiencia con la estación. El formato utilizado se encuentra en la sección de anexos. Los resultados de la encuesta indicaron que los usuarios consideran a la estación muy fácil de usar y que los niños se sintieron cómodos y seguros durante el proceso. Sin embargo, algunos de los niños mencionaron que el dispositivo de oximetría les apretaba un poco el dedo, lo que llevó a ajustar el resorte para garantizar mediciones precisas y cómodas para los pacientes.

En la Tabla 36 se muestran los resultados obtenidos por las 10 personas (niños y sus padres), en un rango de calificaciones de 4 niveles. Se puede obtener una ponderación porcentual para cada factor si se considera un factor de calidad para cada nivel, donde "Baja" es igual a 0, "Regular" es igual a 0.33, "Aceptable" es igual a 0.67 y "Alta" es igual a 1.0. Como los valores obtenidos son menores a la unidad, se presenta el resultado a manera de porcentaje.

**Tabla 36**

*Resultados obtenidos al encuestar a los expertos*

<b>Factores</b>	<b>Baja 0.00</b>	<b>Regular 0.33</b>	<b>Aceptable 0.67</b>	<b>Alta 1.00</b>	<b>Ponderación [%]</b>
Diseño atractivo	0	0.1	0.3	0.6	83.4
Reducción del tiempo para la toma de signos	0	0	0.5	0.5	83.5
Comodidad y confortabilidad	0	0	0.3	0.7	90.1
Estación fácil de usar	0	0	0.2	0.8	93.4
Ayuda a conocer mejor el estado de salud	0	0.2	0.2	0.6	80.0
Uso en hospitales y centros de salud	0	0.2	0.1	0.7	83.3
<b>Promedio</b>					<b>85.62</b>

Los resultados obtenidos en la encuesta muestran que la población objetivo considera que la estación es atractiva a la vista, y sienten confortabilidad al momento de realizar las mediciones. Se observa que el factor más bajo es del 80% en cuanto a si la estación les ayuda a conocer sobre el estado de salud del paciente, esto sucede porque los resultados deben ser complementados con la ayuda del médico que proporciona el diagnóstico. De manera general se observa que la ponderación de los criterios es del 85.62%, es decir una ponderación promedio que se acerca a “Alta”, esto conlleva a concluir que la aceptación del dispositivo es favorable.

### **Análisis de resultados**

Se realizaron varias mediciones de cada paciente para calcular el error porcentual, como los parámetros de cada uno son diferentes, se calculó el error de forma separada y los resultados obtenidos fueron unificados en forma del error de la estación. De la Tabla 37 a la

Tabla 42 se presentan las mediciones de cada paciente y el error porcentual de cada parámetro, mientras que en la

Tabla 43 se presentan los resultados compilados, destacando que el error unificado es de 2.9%. En las tablas se ha representado temperatura con Temp, saturación de oxígeno con Oxi, frecuencia respiratoria con Fres, frecuencia cardíaca con Fcar, presión sistólica con Psys, presión diastólica con Pdia y promedio con Prom.

### **Tabla 37**

*Signos vitales y parámetros antropométricos del primer paciente*

Factor Medición	Peso [kg]	Talla [cm]	IMC	Temp. [C°]	Oxi. [%]	Fres. [r/min]	Fcar. [ppm]	Psys. [mmHg]	Pdia. [mmHg]
--------------------	--------------	---------------	-----	---------------	-------------	------------------	----------------	-----------------	-----------------

Prueba 1	35.7	137.9	18.8	35.9	97	19.4	70	95	66
Prueba 2	35.4	140.2	18	35.9	96	20.3	75	99	70
Prueba 3	35.7	139.4	18.4	36	96	19.8	72	96	68
Promedio	35.6	139.2	18.4	35.9	96.3	19.8	72.3	96.7	68
Máximo	35.7	140.2	18.8	36	97	20.3	75	99	70
Mínimo	35.4	137.9	18	35.9	96	19.4	70	95	66
Variación	0.3	2.3	0.8	0.1	1	0.8	5	4	4
Error %	0.8%	1.6%	4.1%	0.3%	1.0%	4.1%	6.9%	4.1%	5.9%

**Tabla 38**

*Signos vitales y parámetros antropométricos del segundo paciente*

<b>Factor Medición</b>	<b>Peso [kg]</b>	<b>Talla [cm]</b>	<b>IMC</b>	<b>Temp. [C°]</b>	<b>Oxi. [%]</b>	<b>Fres. [r/min]</b>	<b>Fcar. [ppm]</b>	<b>Psys. [mmHg]</b>	<b>Pdia. [mmHg]</b>
Prueba 1	24.6	132.8	14	36	95	20.1	76	96	61
Prueba 2	24.6	132.4	14	35.8	96	20.3	74	99	65
Prueba 3	24.5	133.6	13.7	35.8	94	19.3	72	102	61
Prueba 4	24.8	133.6	13.9	35.7	96	19.8	75	99	63
Promedio	24.6	133.1	13.9	35.8	95.3	19.9	74.3	99	62.5
Máximo	24.8	133.6	14	36	96	20.3	76	102	65
Mínimo	24.5	132.4	13.7	35.7	94	19.3	72	96	61
Variación	0.3	1.2	0.3	0.3	2	1.1	4	6	4
Error %	1.2%	0.9%	2.2%	0.8%	2.1%	5.3%	5.4%	6.1%	6.4%

**Tabla 39**

*Signos vitales y parámetros antropométricos del tercer paciente*

<b>Factor Medición</b>	<b>Peso [kg]</b>	<b>Talla [cm]</b>	<b>IMC</b>	<b>Temp. [C°]</b>	<b>Oxi. [%]</b>	<b>Fres. [r/min]</b>	<b>Fcar. [ppm]</b>	<b>Psys. [mmHg]</b>	<b>Pdia. [mmHg]</b>
<b>Prueba 1</b>	19.9	119.6	13.9	36.1	96	25.3	82	98	66
Prueba 2	19.7	118.4	14.1	35.8	96	25.8	84	99	69
Prueba 3	19.6	119.2	13.8	35.9	94	26.3	79	103	70
Promedio	19.7	119	13.9	35.9	95.3	25.8	81.7	100	68.3
Máximo	19.9	119.6	14.1	36.1	96	26.3	84	103	70
Mínimo	19.6	118.4	13.8	35.8	94	25.3	79	98	66
Variación	0.3	1.2	0.3	0.3	2	0.9	5	5	4
Error %	1.5%	1.0%	1.9%	0.8%	2.1%	3.6%	6.1%	5.0%	5.9%

**Tabla 40***Signos vitales y parámetros antropométricos del cuarto paciente*

<b>Factor Medición</b>	<b>Peso [kg]</b>	<b>Talla [cm]</b>	<b>IMC</b>	<b>Temp. [C°]</b>	<b>Oxi. [%]</b>	<b>Fres. [r/min]</b>	<b>Fcar. [ppm]</b>	<b>Psys [mmHg]</b>	<b>Pdia. [mmHg]</b>
Prueba 1	49.9	150.3	22.1	35.7	96	17	75	104	70
Prueba 2	50.1	150.3	22.2	35.7	96	17.7	74	108	68
Prueba 3	49.8	150.4	22	36	96	17.5	78	109	69
Prueba 4	50.1	150.3	22.2	35.8	96	17.8	78	107	71
Promedio	50	150.3	22.1	35.8	96	17.5	76.3	107	69.5
Máximo	50.1	150.4	22.2	36	96	17.8	78	109	71
Mínimo	49.8	150.3	22	35.7	96	17	74	104	68
Variación	0.3	0.1	0.2	0.3	0	0.8	4	5	3
Error %	0.6%	0.1%	0.7%	0.8%	0.0%	4.3%	5.2%	4.7%	4.3%

**Tabla 41***Signos vitales y parámetros antropométricos del quinto paciente*

<b>Factor Medición</b>	<b>Peso [kg]</b>	<b>Talla [cm]</b>	<b>IMC</b>	<b>Temp. [C°]</b>	<b>Oxi. [%]</b>	<b>Fres. [r/min]</b>	<b>Fcar. [ppm]</b>	<b>Psys. [mmHg]</b>	<b>Pdia. [mmHg]</b>
Prueba 1	35.3	133.1	19.9	36.2	96	18.2	61	109	70
Prueba 2	35	133.5	19.6	36.1	96	17.7	63	110	72
Prueba 3	35.2	133.4	19.8	36	95	17.8	62	114	69
Prueba 4	35.1	133.1	19.8	35.9	96	18	64	112	73
Promedio	35.1	133.3	19.8	36.1	95.8	17.9	62.5	111.3	71
Máximo	35.3	133.5	19.9	36.2	96	18.2	64	114	73
Mínimo	35	133.1	19.6	35.9	95	17.7	61	109	69
Variación	0.3	0.4	0.3	0.3	1	0.5	3	5	4
Error %	0.9%	0.3%	1.5%	0.9%	1.0%	2.8%	4.8%	4.5%	5.6%

**Tabla 42***Signos vitales y parámetros antropométricos del sexto paciente*

<b>Factor Medición</b>	<b>Peso [kg]</b>	<b>Talla [cm]</b>	<b>IMC</b>	<b>Temp. [C°]</b>	<b>Oxi. [%]</b>	<b>Fres. [r/min]</b>	<b>Fcar. [ppm]</b>	<b>Psys. [mmHg]</b>	<b>Pdia. [mmHg]</b>
Prueba 1	35.7	136.4	19.2	35.9	96	18.1	68	96	68
Prueba 2	35.7	136.5	19.2	36.3	95	17.7	68	99	72
Prueba 3	35.3	136.2	19	36.1	97	17.5	70	101	69
Prueba 4	35.7	136.1	19.3	35.8	96	17.8	66	100	73
Promedio	35.6	136.3	19.2	36	96	17.8	68	99	70.5
Máximo	35.7	136.5	19.3	36.3	97	18.1	70	101	73
Mínimo	35.3	136.1	19	35.8	95	17.5	66	96	68
Variación	0.4	0.4	0.2	0.5	2	0.6	4	5	5
Error %	1.1%	0.3%	1.3%	1.4%	2.1%	3.4%	5.9%	5.1%	7.1%

**Tabla 43***Error unificado de la estación*

<b>Factor</b>	<b>Paciente 1</b>	<b>Paciente 2</b>	<b>Paciente 3</b>	<b>Paciente 4</b>	<b>Paciente 5</b>	<b>Paciente 6</b>	<b>Error Prom.</b>
Peso	0.8%	1.2%	1.5%	0.6%	0.9%	1.1%	1.0%
Estatura	1.6%	0.9%	1.0%	0.1%	0.3%	0.3%	0.7%
IMC	4.1%	2.2%	1.9%	0.7%	1.5%	1.3%	1.9%
Temperatura	0.3%	0.8%	0.8%	0.8%	0.9%	1.4%	0.8%
Saturación de oxígeno	1.0%	2.1%	2.1%	0.0%	1.0%	2.1%	1.4%
Frecuencia respiratoria	4.1%	5.3%	3.6%	4.3%	2.8%	3.4%	3.9%
Frecuencia cardíaca	6.9%	5.4%	6.1%	5.2%	4.8%	5.9%	5.7%
Presión sistólica	4.1%	6.1%	5.0%	4.7%	4.5%	5.1%	4.9%
Presión diastólica	5.9%	6.4%	5.9%	4.3%	5.6%	7.1%	5.9%
Error Unificado							2.9%

**Discusión de resultados obtenidos**

En la

Tabla 43 se presenta el error que existe para cada parámetro según su dispositivo de medición, aquí se muestra que el tallímetro es el dispositivo con menor error, mientras que los valores obtenidos del tensiómetro comercial (frecuencia cardíaca, y presión arterial) son los que presentan el mayor porcentaje de error (alrededor del 5%), a pesar de aquello, el rango de imprecisión sigue siendo aceptable para las aplicaciones del proyecto, y en contraste con el error unificado del 2.9%, se puede decir que la estación de medición de signos vitales es un prototipo funcional.

Por otro lado, los valores son almacenados en la base de datos y se puede realizar el seguimiento de los pacientes tanto en las curvas de los parámetros como en las curvas de desarrollo (estatura, peso, IMC). Para visualizar el potencial de las gráficas se requiere de un registro prolongado de los parámetros del paciente, por esta razón se ingresan los datos de un individuo con la fecha cambiada para que pueda ser interpretado por el código como una medición por año. En la Figura 91 se observa que los datos del último paciente van variando desde los 5 hasta los 11 años.

## Figura 91

*Ejemplo de la medición por año de parámetros de un paciente*

Base de Datos Estación de Triage																			
<span>CERRAR SESIÓN</span> <span>GRÁFICAS</span> <span>BORRAR TABLA</span>																			
Ce...	Ap...	No...	Fec...	Años	Me...	Días	Ge...	Dis...	Gr...	Peso	Est...	IMC	FR...	Oxi...	Te...	Pre...	PDía	Pul...	Fec...
173546...	Benjamín	Guerra	15/7/20...	10	7	26	Masculi...	No	O+	35.7	136.5	19.2	17	95	36.3	99	72	68	3/12/20...
173546...	Benjamín	Guerra	15/7/20...	10	7	26	Masculi...	No	O+	35.3	136.2	19	17	97	36.1	101	69	70	3/12/20...
173546...	Benjamín	Guerra	15/7/20...	10	7	26	Masculi...	No	O+	35.7	136.1	19.3	19	96	35.8	100	73	66	3/12/20...
100181...	Valencia	Jack	02/02/2...	5	0	0	Masculi...	No	B+	20	106	17.8	19	96	36.1	108	69	74	undefined
100181...	Valencia	Jack	2/2/2012	5	0	0	Masculi...	No	B+	20	106	17.8	19	96	36.1	108	69	74	2/2/201...
100181...	Valencia	Jack	2/2/2012	6	0	0	Masculi...	No	B+	23	115	17.4	18	96	36.1	108	69	74	2/2/201...
100181...	Valencia	Jack	2/2/2012	7	0	0	Masculi...	No	B+	26	121	17.8	18	95	36.2	109	68	73	2/2/201...
100181...	Valencia	Jack	2/2/2012	8	0	0	Masculi...	No	B+	27	124	17.6	19	95	36	108	68	74	2/2/202...
100181...	Valencia	Jack	2/2/2012	9	0	0	Masculi...	No	B+	35	133	19.8	19	95	36	108	68	74	2/2/202...
100181...	Valencia	Jack	2/2/2012	10	0	0	Masculi...	No	B+	40	140	20.4	20	96	36.3	111	72	72	2/2/202...
100181...	Valencia	Jack	2/2/2012	11	0	0	Masculi...	No	B+	50	147	23.1	20	96	36.3	111	72	72	2/2/202...

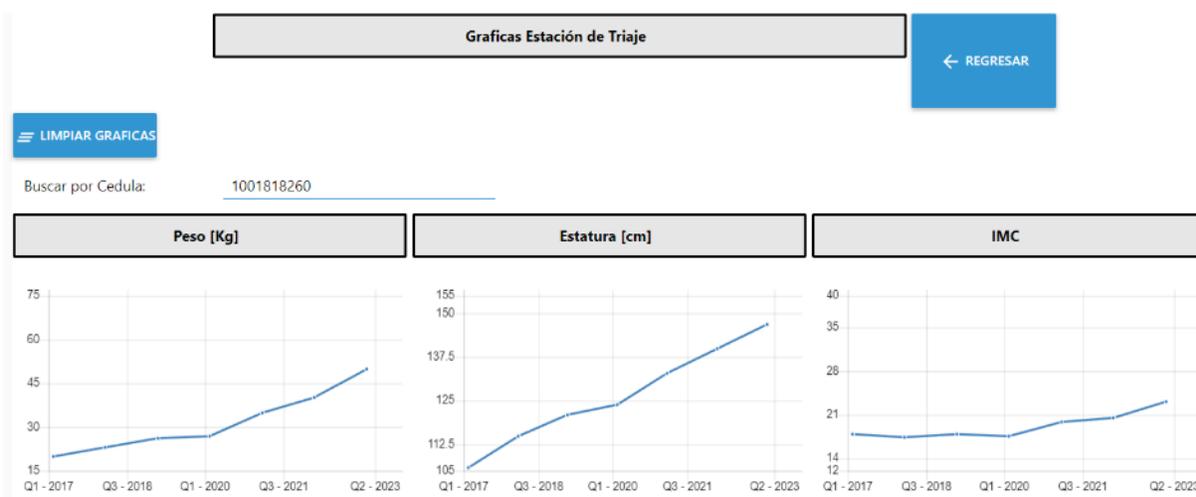
Los datos del último paciente también se ven reflejados en la sección de gráficas, la Figura 92 muestra la curva de cada parámetro antropométrico y de los signos vitales. Cabe

recalcar que se logra visualizar datos desde el 2017 hasta el 2023, que correspondería al rango de edad de 5 a 11 años por parte del paciente. En la primera fila de curvas se observa el aumento del peso y estatura del niño a través de los años, ya que el IMC depende de los factores mencionados, también su curva presenta un comportamiento creciente.

Para un mejor entendimiento de la evolución del paciente, hay que dirigirse hasta la parte inferior de la interfaz, en donde se tienen las curvas de desarrollo tal como se observa en la Figura 93. Se presentan 4 líneas por gráfica, las que tienen tonalidad azul corresponden a los percentiles 10, 50 y 90; por otro lado, la de color negro representa el progreso del paciente a lo largo de los años. De esta manera el médico puede observar si el paciente se encuentra por encima o debajo de la media en cada parámetro y según su criterio realizar un diagnóstico acorde a los resultados obtenidos.

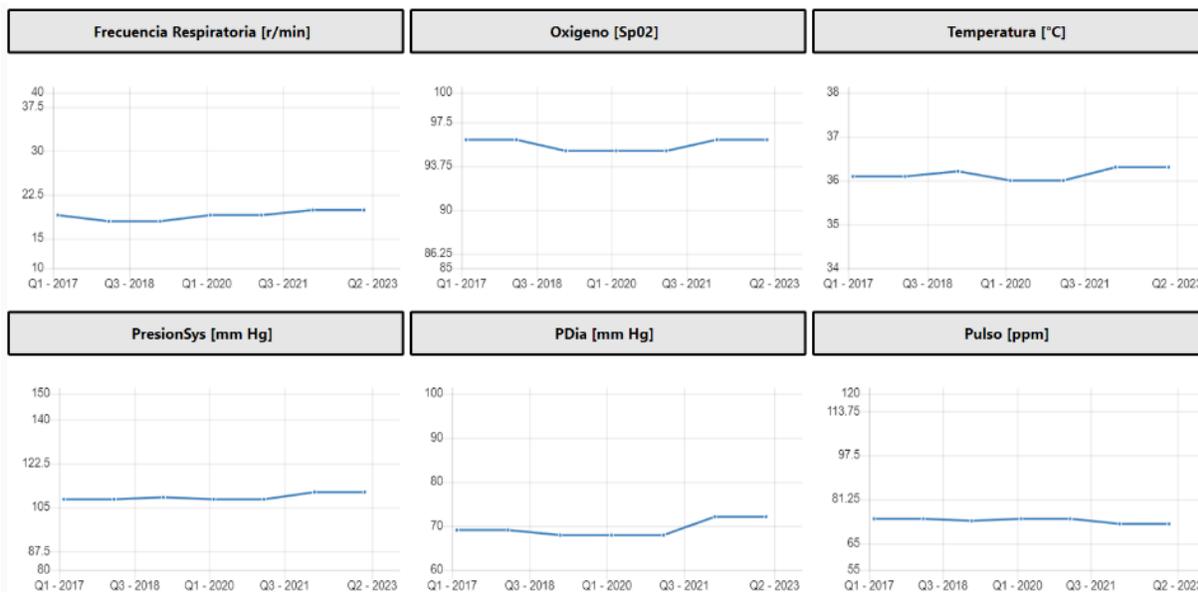
## Figura 92

*Graficas de los parámetros antropométricos y signos vitales del paciente*



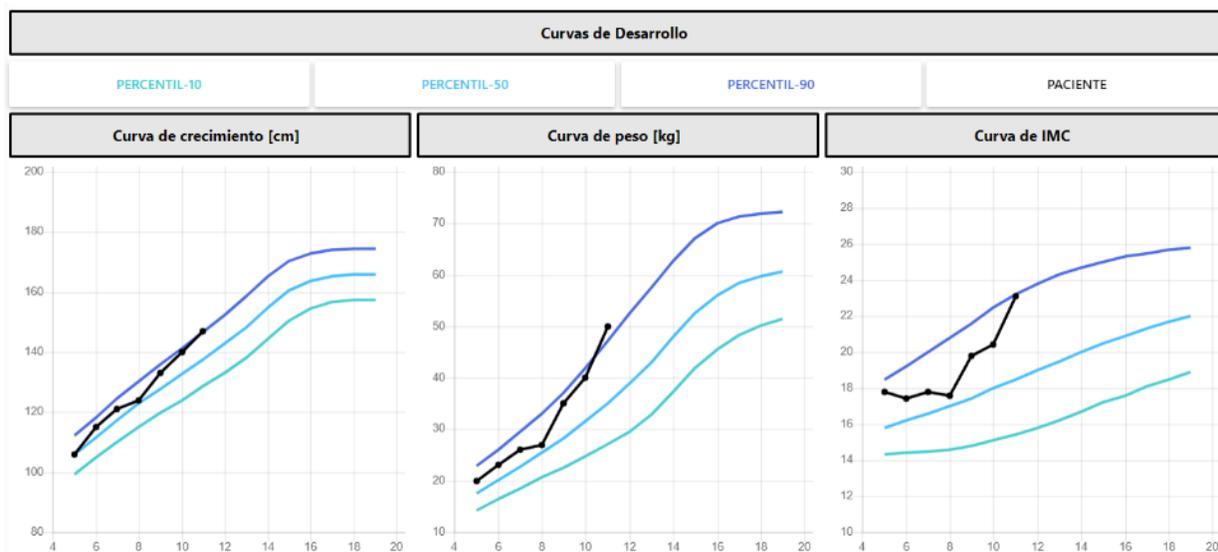
**Figura 92 (Continuación)**

Graficas de los parámetros antropométricos y signos vitales del paciente



**Figura 93**

Curvas de desarrollo del paciente



## Resumen del Capítulo

Este capítulo describe la secuencia de funcionamiento de la estación de triaje, empezando por la interfaz de medición de signos vitales y medidas antropométricas, y se detallan los pasos necesarios para que el operador pueda ingresar los datos del paciente y realizar la captura de los signos vitales. Además, se muestra el funcionamiento de la interfaz web y se detalla la forma de navegación entre las pantallas.

Se incluyen evidencias de una entrevista con el personal de salud de la universidad, así como los resultados obtenidos al encuestar a estos expertos, que dieron una ponderación del 82,6% en términos de aceptación. Gracias a la retroalimentación de los médicos, se incorporó un método de medición automático para la estatura, detallando la selección del sensor y el diseño mecánico del tallímetro utilizando software CAD. Una vez validado el funcionamiento de este dispositivo, se construyó y se añadió a la estructura base de la estación.

Se analizó el funcionamiento en conjunto del prototipo y se presentan evidencias de las pruebas realizadas con la población objetivo. Se presenta también el grado de aceptación que tienen los niños, que es del 85,6%. A continuación, se analizaron los resultados obtenidos de las mediciones de la población objetivo, y gracias a esto se obtuvo un error unificado de todos los dispositivos de la estación; que es de tan solo el 2.9%. Por último, en la discusión de los resultados, se enfatiza la carga de información automática a la nube y se destacó la importancia de las gráficas según el historial del paciente, para proporcionar un mejor diagnóstico por parte del personal de salud.

## Capítulo V

### Conclusiones y Recomendaciones

#### Conclusiones

El trabajo describe el diseño e implementó un prototipo de estación IoT para la toma de signos vitales con potencial aplicación en pacientes pediátricos oncológicos. Se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva para establecer los fundamentos teóricos y tecnológicos necesarios para realizar el proyecto. La construcción del prototipo se efectuó teniendo en cuenta las dimensiones de los pacientes pediátricos entre las edades de 6 a 10 años, demostrando la importancia de la investigación y el diseño cuidadoso para garantizar la precisión y la eficacia del equipo médico. Al seguir las dimensiones recomendadas, se asegura que la estación se adapta adecuadamente a los pacientes pediátricos en el rango de edad y tamaño determinados para el proyecto, lo que reduce la posibilidad de errores en la medición y garantiza la seguridad del paciente.

La selección de los sensores y tarjetas de adquisición de datos para la estación se realizó de manera cuidadosa, considerando factores como el costo, la disponibilidad y la facilidad de programación. Se eligió el Arduino Nano como tarjeta de adquisición de datos debido a su capacidad suficiente para adquirir las señales de los sensores elegidos, lo que evitó la necesidad de utilizar tarjetas de capacidad superior. Además, se llevó a cabo el acondicionamiento mecánico de los sensores para que se unieran adecuadamente a la estructura de la estación, y se realizó un acondicionamiento digital mediante el software de programación correspondiente para mejorar la precisión de las señales adquiridas.

La generación de un espacio de memoria en la nube y la instalación de los programas necesarios para la comunicación mediante el protocolo MQTT, permite una conexión eficiente entre la estación de medición de signos vitales y la interfaz web, lo que garantiza una transferencia de datos segura y en tiempo real. Gracias a la integración del sistema mecánico,

electrónico y el uso del Internet de las cosas, se logra una automatización en la adquisición de datos, almacenamiento y visualización, lo que permite a los profesionales de la salud obtener información valiosa para realizar diagnósticos y tratamientos. Además, al requerir de un nombre de usuario y contraseña, se garantizó la privacidad y seguridad de los datos almacenados en la nube. En resumen, la integración de tecnologías permite un mejor seguimiento y atención a los pacientes pediátricos, y mejora la calidad de los servicios de salud.

La forma de cohete de la estación de medición de signos vitales es una excelente elección, ya que reduce el grado de estrés y ansiedad que experimentan los pacientes pediátricos durante la visita médica, esto contribuye a que el proceso de medición sea más amigable y menos traumático para los niños. Además, la incorporación del método de medición de estatura es una gran ventaja, ya que permite llevar un mejor seguimiento del índice de masa corporal y el crecimiento de los pacientes; esto es de suma importancia para su desarrollo y bienestar general. Todo esto se logró gracias a la retroalimentación y recomendaciones del personal médico, lo que demuestra la importancia de la colaboración y el trabajo en equipo en proyectos de este tipo.

La interfaz de control y manejo de la estación desarrollada en LabVIEW es una herramienta muy útil para la captación de datos personales y monitoreo de signos vitales de los pacientes pediátricos en tiempo real. Es intuitiva y fácil de usar, lo que permite a los usuarios ingresar la información de manera eficiente y rápida. Además, al subir los registros a la base de datos, se garantiza su almacenamiento seguro y su fácil acceso en el futuro.

Las curvas presentadas en la interfaz web permiten a los médicos y profesionales de la salud tener una herramienta visual para evaluar el desarrollo de los pacientes pediátricos. Los datos numéricos de peso, estatura e índice de masa corporal son comparados con los percentiles de la población pediátrica ecuatoriana, lo que permite al médico identificar si el paciente está dentro de los valores normales, por encima o por debajo de ellos. A partir de esta información,

se pueden tomar decisiones para mejorar la salud del paciente, ya sea a través de cambios en la alimentación, aumento de actividad física o lo que el médico considere conveniente.

Después de realizar pruebas de laboratorio y comparar los resultados de la estación con dispositivos de medición tradicionales, se puede confirmar que los sensores son precisos, exactos, confiables y repetibles en la medición de los signos vitales de los pacientes pediátricos. Además, se evaluó el grado de aceptación de la estación por parte de los niños y sus padres mediante preguntas específicas y se obtuvieron respuestas positivas en cuanto a la reducción del estrés y ansiedad, la forma y la seguridad de la estación. Estos resultados demuestran que la estación es una herramienta valiosa para el monitoreo de los pacientes pediátricos y que su diseño y funcionalidad son altamente aceptados por los usuarios.

En general, los resultados obtenidos sugieren que el prototipo de estación IoT diseñado y desarrollado en esta tesis es una herramienta útil para la toma de signos vitales en pacientes pediátricos oncológicos, ya que permite la monitorización en tiempo real de los signos vitales, la detección temprana de anomalías y la generación de alertas automáticas en caso de que se presenten valores fuera de los rangos normales. Esto puede contribuir a mejorar la calidad de vida de los pacientes y a facilitar la labor del personal médico encargado de su cuidado.

### **Recomendaciones**

Una recomendación importante para la medición de los signos vitales y parámetros antropométricos en niños es realizarla en un ambiente relajado y sin distracciones para los niños. Esto puede ayudar a reducir su ansiedad y estrés durante el proceso de medición, lo que puede afectar los resultados de las mediciones. Además, es importante que el personal encargado de la medición sea amable y comprensivo con los niños para que se sientan cómodos y seguros durante el proceso. También se puede considerar el uso de técnicas de distracción, como la música o los juguetes, para ayudar a los niños a sentirse más cómodos durante la medición.

Se recomienda informar al paciente y a sus padres sobre la importancia de permanecer quieto y en reposo durante la medición de los signos vitales, especialmente la frecuencia respiratoria. Puesto que cualquier movimiento o actividad puede afectar la medición de los signos vitales y, por lo tanto, los resultados obtenidos pueden no ser precisos. Además, se puede explicar a los padres o cuidadores del paciente la importancia de crear un ambiente tranquilo y relajado para la medición de los signos vitales, evitando cualquier tipo de distracción o estímulo que pueda afectar al paciente.

Cuando se vaya a realizar mediciones en la estación después de un tiempo prolongado de no utilizarla o después de haberla movido a otro entorno, se recomienda realizar una calibración de los sensores para asegurarse de que las mediciones sean precisas y confiables. Se sugiere verificar que la posición de la superficie horizontal del tallímetro esté acorde con el valor establecido en el código de Arduino para evitar errores en la medición de la estatura del paciente. También se aconseja recalcular el factor de las celdas de carga (K) con la ayuda del código y, por último, se debe realizar la toma de signos de un solo paciente en intervalos de tiempo de 3 minutos para comprobar que la variación de los valores es mínima y asegurar el correcto funcionamiento de la estación.

### **Trabajos Futuros**

Agregar la medición del electrocardiograma (ECG) a la estación de monitoreo de signos vitales sería una aplicación interesante para el futuro. El ECG es una medida importante de la actividad eléctrica del corazón y puede proporcionar información sobre el ritmo y la función cardíaca. Al agregar esta medida, la estación de monitoreo podría proporcionar una visión más completa de la salud del paciente y permitir una intervención temprana en caso de anomalías cardíacas. La incorporación del ECG también podría mejorar la capacidad de la estación de monitoreo para detectar arritmias cardíacas y otros problemas cardíacos en pacientes pediátricos, lo que podría mejorar aún más la atención médica.

Un trabajo a futuro interesante sería la implementación de dispositivos médicos de mayor precisión y exactitud para la medición de signos vitales y parámetros antropométricos en la estación pediátrica. Estos dispositivos podrían ser diseñados específicamente para su uso en el prototipo y podrían tener una comunicación directa con la interfaz de control desarrollada en LabVIEW, permitiendo una adquisición más rápida y precisa de los datos de los pacientes. Además, se podría investigar sobre la ingeniería inversa de dispositivos médicos existentes para integrarlos en la estación. Por ejemplo, se podría realizar una ingeniería inversa del pulsioxímetro para que se pueda comunicar directamente con la interfaz de control y mostrar los resultados en tiempo real tal como se realizó con el tensiómetro.

Por último, una posible aplicación futura de la estación podría ser a través del uso de la tecnología de telemedicina. La estación podría estar conectada a una plataforma en línea que permita la visualización en tiempo real de los signos vitales y otros datos importantes del paciente por parte del personal médico, incluso si estuvieran en otro lugar. Además, la estación podría estar equipada con cámaras de video que permitan la visualización del paciente en su habitación en caso de requerir una evaluación más detallada. De esta manera, el prototipo proporciona un cuidado más eficiente y conveniente para los pacientes que necesiten cuidados especiales o que deban permanecer en sus habitaciones por períodos prolongados.

### Bibliografía

Afef , B., Hela , L., y Mounir , B. (2019). *Springer Link*.

[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-15032-7\\_81](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-15032-7_81)

Albuja Echeverría , B. O. (2020). *Triage y Ruta de Atención del Paciente Pediátrico en la*

*Pandemia COVID-19*. <https://www.unicef.org/ecuador/informes/triaje-y-ruta-de-atención-del-paciente-pediátrico-en-la-pandemia-covid-19>

Aldaco, F. (19 de Mayo de 2021). *El Cáncer en 30 Números*. Sociedad Ecuatoriana de

Oncología: <https://seo.com.ec/2021/05/19/el-cancer-en-30-numeros/>

Alsahlany, A., Muhsin Wadi, S., y Takleef Kadhum, H. (2020). *Al-Furat Journal of Innovation in Electronics and Computer Engineeing (FJIECE)*.

[https://www.researchgate.net/publication/341431658\\_Monitoring\\_Vital\\_Signs\\_of\\_Human\\_Hear\\_Based\\_on\\_IOT](https://www.researchgate.net/publication/341431658_Monitoring_Vital_Signs_of_Human_Hear_Based_on_IOT)

Alvear, V., Burbano, Y., Rosero, P., Tözün, P., Marcillo, F., y Hernandez, W. (2022). Smart and Portable Air-Quality Monitoring IoT Low-Cost Devices in Ibarra City, Ecuador.

*Sensors*(7015). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/s22187015>

American Thoracic Society. (2011). *American Thoracic Society*.

<https://www.thoracic.org/patients/patient-resources/resources/spanish/pulse-oximetry.pdf>

American Thoracic Society. (2013). *Oximetría de Pulso*. ATS.

<https://www.thoracic.org/patients/patient-resources/resources/spanish/pulse-oximetry.pdf>

- Arroyon Menéndez, M., y Díaz Velázquez, E. (2021). Las tecnologías digitales en el ámbito de la salud: brechas sociales, accesibilidad y despersonalización. *Revista de Cultura Digital y Movimientos Sociales*, 95-98. <https://doi.org/https://doi.org/10.5209/tekn.75516>
- Ashfaq, Z., Mumtaz, R., Rafay, A., Hassan Zaidi, S., Saleem, H., Mumtaz, S., . . . Moerman, I. (2022). *MDPI*. <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/1/519>
- Badecol. (2020). *Badecol*. <https://www.badecol.com/products/bascula-pesa-persona-electronica-medidora-de-porcentaje-masa-grasa-agua-capacidad-180-kg-ef-741>
- Bertran Prieto, P. (2018). *Médico Plus*. <https://medicoplus.com/ciencia/tipos-de-termometros>
- Breteler, M., KleinJan, E., Dohmen, D., Leenen, L., Van Hillegersberg, R., Ruurda, J., . . . Kalkman, C. (2020). *ASA Publications*. <https://pubs.asahq.org/anesthesiology/article/132/3/424/108917/Vital-Signs-Monitoring-with-Wearable-Sensors-in>
- Cabanillas C, M., y Amachi C, J. (2021). *Repositorio internacional UPN*. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/26764>
- Carbajal Azcona, Á. (2013). *UCM*. <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-cap-2-composicion-corporal55.pdf>
- CardiacSense. (2022). *CardiacSense*. <https://www.cardiacsense.com/que-es-la-saturacion-del-oxigeno/>
- Ciprés Añaños, E., y Domínguez Romero, A. (2020). *Revista Sanitaria de Investigación*. <https://revistasanitariadeinvestigacion.com/los-sistemas-de-triaje-en-los-servicios-de-urgencias/>
- CNII. (2018). *Estado de situación de la adolescencia*. <https://www.igualdad.gob.ec/estado-de-situacion-de-la-adolescencia/>

Cook, A. M., y Polgar, J. M. (2019). *Assistive Technologies: Principles and Practice* (Vol. 5). United States of America: Elsevier.

Cook, A. M., y Polgar, J. M. (2020). *Assistive Technologies: Principles and Practice*. United States of America: Elsevier.

De Arana, C. (2022). *El País*. <https://elpais.com/mexico/escaparate/estilo-de-vida/2022-02-07/tensiometro-digital-que-es-para-que-se-usa-y-por-que-lo-necesitas.html>

Del Valle Hernández, L. (2020). *Programarfacil*. <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/termometro-infrarrojo-con-arduino-mlx90614/>

El Hospital. (2016). *El Hospital*. <https://www.elhospital.com/temas/Estacion-de-diagnostico-de-signos-vitales-DS20+112671>

Fleming, A., Petrie, J., Bergenstal, R., Holl, R., Peters, A., y Heinemann, L. (2020). Aplicaciones de la tecnología digital para la diabetes: beneficios, retos y recomendaciones. *Diabetes Care*, 1, 7-19. <https://doi.org/10.2337/dci19-0062>

Galindo, C., Cardelús, R., García, A., Heredia, M., Romo, C., y Muñoz, J. (2015). *Técnicas Básicas de Enfermería*. <https://www.amazon.com/-/es/C-Galindo/dp/8415991770>

How to Electronics. (2022). *How to Electronics*. <https://how2electronics.com/interfacing-max30100-pulse-oximeter-sensor-arduino/>

Hussain, W. (2021). *Circuits Diy*. <https://www.circuits-diy.com/24c08-1kx8-serial-cmos-eprom-datasheet/>

INEN. (2020). *Normas de calidad que contribuyen a la eficiencia y seguridad de los dispositivos médicos*. <https://www.normalizacion.gob.ec/normas-de-calidad-que-contribuyen-a-la-eficiencia-y-seguridad-de-los-dispositivos-medicos/>

Ingeniería Mecafenix. (2023). *Ingeniería Mecafenix*.

<https://www.ingmecafenix.com/electronica/configuraciones-y-polarizaciones-de-los-transistores/>

ISO. (2022). *ISO*. <https://www.iso.org/standard/40993.html>

Iworx. (2018). *Iworx*. <https://iworx.com/products/sensors/din8-sensors/pt-104/?v=3fd6b696867d>

Iworx. (2018). *Iworx*. <https://iworx.com/products/sensors/rasensors/rm-204/?v=3fd6b696867d>

Iworx. (2018). *Iworx*. <https://iworx.com/products/sensors/tasensors/bp-220/?v=3fd6b696867d>

Khanam, F., Al-Naji, A., y Chah, J. (2019). *MDPI*. <https://www.mdpi.com/2076-3417/9/20/4474>

Kommey, B., Kotey, S., y Opoku, D. (2018). *ResearchGate*.

[https://www.researchgate.net/publication/329681918\\_Patient\\_Medical\\_Emergency\\_Alert\\_System](https://www.researchgate.net/publication/329681918_Patient_Medical_Emergency_Alert_System)

Liu, X., Yin, J., Liu, Y., Zhang, S., Guo, S., y Wang, K. (2019). *IEEE Xplore*.

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8782887>

Luuk, I. (2021). *Circuitjournal*. <https://circuitjournal.com/50kg-load-cells-with-HX711>

Menasalvas, E., Gonzalo, C., y Rodríguez, A. (2016). *BIG DATA EN SALUD: RETOS Y*

*OPORTUNIDADES*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6207516>

MetalMecánica Fácil. (2023). *MetalMecánica Fácil*. [https://www.metalmecanica-](https://www.metalmecanica-facil.mahtg.com/p_recto.html)

[facil.mahtg.com/p\\_recto.html](https://www.metalmecanica-facil.mahtg.com/p_recto.html)

MetalMecánica Fácil. (2023). *MetalMecánica Fácil*. [https://www.metalmecanica-](https://www.metalmecanica-facil.mahtg.com/cremallera/calculador-de-cremallera-mecanica-metrica.html)

[facil.mahtg.com/cremallera/calculador-de-cremallera-mecanica-metrica.html](https://www.metalmecanica-facil.mahtg.com/cremallera/calculador-de-cremallera-mecanica-metrica.html)

- MSP. (2022). *Diagnóstico y detección oportunas son claves para mejorar calidad de vida de pacientes con cáncer*. <https://www.salud.gob.ec/diagnostico-y-deteccion-oportunas-son-claves-para-detectar-el-cancer/>
- MSP. (16 de Marzo de 2022). *Ecuador implementará protocolo para tratamiento de cáncer infantil*. Ministerio de Salud Pública: <https://www.salud.gob.ec/ecuador-implementara-protocolo-para-tratamiento-de-cancer-infantil/>
- NCI. (5 de mayo de 2021). *Instituto Nacional del Cáncer*.  
<https://www.cancer.gov/espanol/cancer/naturaleza/que-es>
- OMS. (2010). *Manual para la implementación de un sistema de triaje para los cuartos de urgencias*. Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud.  
[https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2011/HSS\\_IS\\_Manual\\_Sistema\\_Tiraje\\_Cuartos\\_Urgencias2011.pdf](https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2011/HSS_IS_Manual_Sistema_Tiraje_Cuartos_Urgencias2011.pdf)
- OMS. (2020). Global Cancer Observatory - IARC: [https://gco.iarc.fr/today/online-analysis-pie?v=2020&mode=cancer&mode\\_population](https://gco.iarc.fr/today/online-analysis-pie?v=2020&mode=cancer&mode_population)
- OMS. (2021). *El Cáncer Infantil*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cancer-in-children>
- OMS. (2022). *Tecnología de Asistencia*. [https://www.who.int/es/health-topics/assistive-technology#tab=tab\\_1](https://www.who.int/es/health-topics/assistive-technology#tab=tab_1)
- OMS. (2022). *Temas de Salud: Cáncer*. [https://www.who.int/es/health-topics/cancer#tab=tab\\_1](https://www.who.int/es/health-topics/cancer#tab=tab_1)
- Ortiz del Moral, N. (2021). *Repositorio Universidad de Jaén*.  
[https://tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/17972/1/ORTIZ\\_DEL\\_MORAL\\_NATALIA\\_TFM.pdf](https://tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/17972/1/ORTIZ_DEL_MORAL_NATALIA_TFM.pdf)

Panessai, I., y Abdulbaqi, A. (2020). *Universiti Pendidikan Sultan Idris*.

<https://rims.upsi.edu.my/public/pub/articles/evidence/10693-2020-10-19-09-38-57.pdf>

Pérez de la Plaza, E., y Fernández Espinosa, A. M. (2017). *Técnicas básicas de enfermería*.

McGrawHill.

Polar. (2022). *Polar*. <https://www.polar.com/en/sensors/h10-heart-rate-sensor>

QFD ONLINE. (2020). *QFD ONLINE*. <https://qfdonline.com/templates/>

Quintanilla, I. (2022). *Sunimistros y Distribuciones*.

<https://sydqintanilla.com/product/termometro-digital/>

Rahman, N., y Vandika, A. (2020). *ResearchGate*.

[https://www.researchgate.net/publication/349517907\\_At\\_A-Glance\\_Prototype\\_m-ThermoBody\\_with\\_sensor\\_MLX90614\\_and\\_Arduino](https://www.researchgate.net/publication/349517907_At_A-Glance_Prototype_m-ThermoBody_with_sensor_MLX90614_and_Arduino)

Reyes, R., Paredes, M., Montoya, L., Pérez, H., y Aguilar, W. (2017). MilNova: An Approach to the IoT Solution based on Model-Driven Engineering for the Military Health Monitoring.

*2017 CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON)*.

<https://doi.org/10.1109/CHILECON.2017.8229585>

Ruiz, W. (2016). *Redes de sensores inalámbricos enfocadas a la Medicina con énfasis en control de los signos vitales en Pacientes Adultos Mayores*.

<http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/11311>

Saha, R., Biswas, S., Sarmah, S., Karmakar, S., y Das, P. (2021). *Springer*.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s42979-020-00434-2>

Sollu, T., Alamsyah, Bachtiar, M., y Sooi, A. (2018). *IOP Science*.

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/336/1/012009/meta>

- Swaroop, N., Chandu, K., Gorrepotu, R., y Deb, S. (2019). *ScienceDirect*.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2542660518300349>
- Tanzado, M., Neira, J., y Neira, L. (2020). A Survey and an IoT Cybersecurity Recommendation for Public and Private Hospitals in Ecuador. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*, 5(3), 518-528.  
<https://doi.org/https://dx.doi.org/10.25046/aj050364>
- Tarupi, W., Lepage, Y., Felix, M., Monnier, C., Hauspie, R., Roelants, M., . . . Vercauteren, M. (2020). *Referencias de peso, estatura e índice de masa corporal para niñas y niños ecuatorianos de 5 a 19 años de edad*. Arch Argent Pediatr.  
<https://www.sap.org.ar/docs/publicaciones/archivosarg/2020/v118n2a08.pdf>
- Tintín, E. (2015). *Diseño y elaboración de un Prototipo de monitor de signos vitales aplicando métodos no invasivos con comunicación de datos a dispositivos móviles*. Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7982/1/UPS-CT004847.pdf>
- Topmedic. (2022). *Topmedic*. <https://topmedic.cl/products/tallimetro-digital-portatil>
- Torrescano, S. (2018). *Enfermería Universitaria*. <https://revista-enfermeria.unam.mx/ojs/index.php/enfermeriauniversitaria/article/view/331>
- Trafton, A. (2020). *MIT News*. <https://news.mit.edu/2020/spot-robot-vital-signs-0831>
- Vallejo, G. (2015). *Sistema de Monitoreo de Signos Vitales y Alerta de Accidentes para Personas con Problemas de Movilidad*. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/15108/1/Tesis\\_t1071ec.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/15108/1/Tesis_t1071ec.pdf)
- Vistrónica. (2018). *Vistrónica*. <https://www.vistronica.com/sensores/modulo-de-deteccion-de-sonido-detail.html>

Vyslotskyi, A. (19 de Noviembre de 2020). *How to make the best of big data in healthcare: Benefits, challenges, and use cases*. N-iX: <https://www.n-ix.com/big-data-healthcare-key-benefits-uses-cases/>

Waybackmachine. (2013). *Waybackmachine*.

<https://web.archive.org/web/20130716002057/http://www.drscope.com/privados/pac/pediatria/p1pcl3/baja.html>

Wong, D., Yu, J., Li, Y., Deepu, C., Ngo, D., Zhou, C., . . . Heng, C. (2019). *IEE Explore*.  
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8843895>

Yakubu,, O., y Wereko, E. (2021). *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*.  
<https://pdfs.semanticscholar.org/e526/f318bbe39641acb1c9c4ede73314edc9f5.pdf>

Zubairi, J., Alahdal, A., y Malik, M. (2018). *Hindawi*.  
<https://www.hindawi.com/journals/jcnc/2018/4071474/>