

# UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

## CARRERA INGENIERÍA DE SISTEMAS



### TESIS DE GRADO

#### “MÓDELO DE MONITORIZACIÓN CENTRAL PARA INCUBADORAS NEONATALES”

Para Optar al Título de Licenciatura en Ingeniería de  
Sistemas MENCIÓN: INFORMÁTICA Y COMUNICACIONES

Postulante: Gladis Andrea Chui Cruz

Tutor Metodológico: M.Sc. Lic. Ing. Fanny Helen Perez Mamani

Tutor Especialista: M.Sc. Lic. Ing. Adrián Eusebio Quisbert Vilela

Tutor Revisor: Lic. Santos Zenón Quispe Apaza

EL ALTO – BOLIVIA

2024

# DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo **Gladis Andrea Chui Cruz** estudiante con **C.I. 8296420LP** mediante la presente **declaro** de manera pública que la propuesta del **TESIS DE GRADO** titulada “**MÓDELO DE MONITORIZACIÓN CENTRAL PARA INCUBADORAS NEONATALES**” es original, siendo resultado de mi trabajo personal y no constituye una copia o replica de trabajos similares elaborados,

Autorizo la publicación del resumen de mi propuesta en internet y me comprometo a responder a todos los cuestionamientos que se desprenden de su lectura.

Asimismo, me hago responsable ante la universidad o terceros, de cualquiera irregularidad o daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado.

De identificarse falsificación, plagio, fraude, o que el **TESIS DE GRADO** haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, responsabilizándome por todas las cargas legales que se deriven de ello sometiéndome a las normas establecidas y vigentes de la Carrera de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Pública de El Alto.

El Alto, junio de 2024

Gladis Andrea Chui Cruz  
C.I. 8296420LP  
e-mail: gladisandrechucruz2018@gmail.com

## DEDICATORIA

*Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, cuya guía y sabiduría han sido mi fortaleza y mi inspiración a lo largo de este arduo camino. Su presencia constante me ha proporcionado la paciencia y la resiliencia necesarias para superar los desafíos y obstáculos encontrados durante la realización de esta tesis. Sin Su amor y gracia, este logro no hubiera sido posible.*

*A Dios, le dedico este trabajo con toda mi gratitud y devoción, reconociendo que todo lo que soy y todo lo que he logrado es gracias a Su infinita bondad y misericordia.*

## AGRADECIMIENTO

*A Dios, fuente de sabiduría y fortaleza, por iluminar mi camino y darme la perseverancia necesaria para completar esta etapa. Sin su guía y bendiciones, este logro no sería posible.*

*A mis tutores, por su apoyo y paciencia a lo largo de este proceso. Su fe en mis capacidades y su aliento continuo han sido fundamentales para la culminación de este trabajo. Gracias por estar a mi lado y por creer en mí cuando más lo necesitaba.*

*La M.Sc. Lic. Ing. Fanny Helen Pérez Mamani*

*por su paciencia por sus consejos y su tiempo para la revisión tesis de grado.*

*M.Sc. Lic. Adrián Eusebio Quisbert Vilela por sus consejos enseñanza, paciencia y tiempo para el desarrollo aplicativo del trabajo de grado.*

*Lic. Santos Zenón Quispe Apaza por su tiempo, enseñanza y paciencia en la revisión de la documentación tesis de grado.*

*A mi familia que me tuvo paciencia.*



## ÍNDICE GENERAL

	Página
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>1</b>
<b>MARCO PRELIMINAR.....</b>	<b>1</b>
<b>1. MARCO PRELIMINAR .....</b>	<b>1</b>
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. ANTECEDENTES.....	2
1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	2
1.2.2. ANTECEDENTES NACIONAL.....	3
1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES.....	4
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.3.1. PROBLEMA PRINCIPAL.....	4
1.3.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	5
1.3.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.4. OBJETIVOS.....	5
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	5
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
1.5. HIPÓTESIS.....	6
1.5.1. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	6
1.5.2. CONCEPTUALIZACIÓN DE VARIABLES.....	7
1.5.2.1. MODELO DE MONITORIZACIÓN CENTRAL.....	7
1.5.2.2. INCUBADORA NEONATAL.....	8
1.6. JUSTIFICACIÓN.....	8
1.6.1. JUSTIFICACIÓN CIENTÍFICA.....	8
1.6.2. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA.....	8

1.6.3. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.....	9
1.6.4. JUSTIFICACIÓN SOCIAL.....	9
1.7. METODOLOGÍA.....	9
1.7.1. MÉTODO CIENTÍFICO.....	9
1.7.1.1. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN: INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA.....	10
1.7.1.1.1. EXPERIMENTAL.....	10
1.7.1.1.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO (T-STUDENT).....	10
1.7.1.1.3. ENCUESTA.....	11
1.7.2. MÉTODO DE INGENIERÍA.....	11
1.7.2.1. METODOLOGÍA DE DESARROLLO EN HARDWARE LIBRE.....	11
1.7.2.2. METODOLOGÍA IWEB (SISTEMA WEB).....	12
1.7.3. MÉTRICA DE CALIDAD.....	13
1.7.3.1. ISO 25000.....	13
1.8. HERRAMIENTAS.....	14
1.8.1. HARDWARE.....	14
1.8.2. SOFTWARE.....	15
1.9. LÍMITES Y ALCANCES.....	16
1.9.1. LIMITES.....	16
1.9.2. ALCANCES.....	17
1.9.3. APORTES.....	17
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>18</b>
<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>18</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>19</b>
2.1. DATO.....	19
2.2. BASE DE DATOS.....	20
2.3. INFORMACIÓN.....	21

2.4. MODELO.....	22
2.4.1. REQUISITOS DE UN MODELO FUNCIONAL.....	23
2.5. MONITORIZACIÓN.....	23
2.5.1. UTILIDAD DE LA MONITORIZACIÓN.....	24
2.6. CENTRALES MONITOREO.....	25
2.6.1. MONITOREO DE PACIENTES UCI.....	25
2.6.2. MONITOREO Y VIDEOVIGILANCIA EN HOSPITALES PARA EL CUIDADO DE PACIENTES.....	26
2.7. TIPOS DE MONITORIZACIÓN.....	27
2.7.1. MONITORIZACIÓN CARDÍACA.....	27
2.8. UNIDAD DE NEONATOLOGÍA.....	28
2.8.1. IMPORTANCIA DE LA TEMPERATURA EN NEONATOLOGÍA.....	29
2.8.2. IMPORTANCIA DE LA HUMEDAD EN NEONATOLOGÍA.....	29
2.9. INCUBADORA.....	30
2.9.1. CARACTERÍSTICAS.....	32
2.9.2. CLASIFICACIONES INCUBADORAS NEONATALES.....	32
2.9.2.1. INCUBADORAS ESTACIONARIAS.....	32
2.9.2.2. INCUBADORAS DE TRASLADO.....	33
2.9.3. PARTES O COMPONENTES DE UNA INCUBADORA NEONATAL.....	33
2.9.4. EL CONTROL DE TEMPERATURA EN LAS INCUBADORAS.....	35
2.9.5. EL FUNCIONAMIENTO DE LA INCUBADORA.....	35
2.9.6. CONTROLES DE LA INCUBADORA.....	36
2.10. NEONATO.....	37
2.10.1. TIPOS DE NEONATOS QUE REQUIEREN CUIDADOS EN INCUBADORAS NEONATALES.....	38
2.11. TEMPERATURA.....	41

2.11.1. ESCALAS DE LA TEMPERATURA .....	42
2.12. TEMPERATURA CORPORAL .....	43
2.13. HUMEDAD .....	45
2.14. DATOS ESTÁNDARES DEL PACIENTE NEONATAL DENTRO DE UNA INCUBADORA.....	47
2.15. METODOLOGÍAS.....	47
2.15.1. MÉTODO CIENTÍFICO .....	47
2.15.2. CARACTERÍSTICAS DEL MÉTODO CIENTÍFICO .....	48
2.15.3. PASOS DEL MÉTODO CIENTÍFICO.....	49
2.15.4. TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN: INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA .....	50
2.15.4.1. EXPERIMENTAL .....	50
2.15.4.1.1. CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL .....	51
2.15.4.1.2. TIPOS DE DISEÑOS EXPERIMENTALES .....	52
2.15.4.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	52
2.15.4.2.1. TIPOS DE PRUEBAS T DE STUDENT.....	53
2.15.4.2.2. SUPUESTOS DE LA PRUEBA T DE STUDENT .....	53
2.16. MÉTODO DE INGENIERÍA .....	54
2.16.1. METODOLOGÍA IWEB.....	54
2.17. METODOLOGÍA DE HARDWARE LIBRE .....	58
2.17.1. VENTAJAS .....	58
2.17.2. DESVENTAJAS.....	59
2.17.3. FASES HARDWARE LIBRE .....	59
2.18. MÉTRICA DE CALIDAD.....	60
2.18.1. CALIDAD DE SOFTWARE – ISO 25000.....	60
2.18.2. CARACTERÍSTICAS DEL ESTÁNDAR ISO 25000 .....	61
2.18.2.1. EVOLUCIÓN ISO 25000 .....	63

2.19. HERRAMIENTAS .....	66
2.19.1. XAMPP .....	66
2.19.1.1. VENTAJAS: .....	67
2.19.1.2. DESVENTAJAS:.....	68
2.19.2. PHP .....	68
2.19.3. VISUAL STUDIO CODE (VS CODE).....	70
2.19.4. LARAVEL.....	71
2.19.4.1. VENTAJAS DE UTILIZAR LARAVEL EN EL DESARROLLO WEB .....	72
2.19.4.2. CÓMO FUNCIONA LARAVEL.....	72
2.19.5. FRAMEWORK.....	73
2.19.6. COMPOSER .....	73
2.19.6.1. CÓMO FUNCIONA COMPOSER .....	74
2.19.7. BOOTSTRAP.....	74
2.19.8. PROTEUS.....	74
2.19.8.1. PARTES DE PROTEUS.....	75
2.19.9. IDE DE ARDUINO .....	75
2.19.9.1. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.....	75
2.19.10. DHT22/AM2303.....	76
2.19.10.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:.....	76
2.19.10.2. PINES .....	77
2.19.10.3. PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO .....	77
2.19.11. MODULO ESP32.....	78
2.19.11.1. CARACTERÍSTICAS ESP32 .....	79
2.19.11.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	80
2.19.12. PLACA PCB.....	82
2.19.12.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS PLACAS ELECTRÓNICAS.....	82

2.19.13. BATERÍA 18650 4.2V .....	83
2.19.14. RESISTENCIA.....	84
2.19.15. MODULO ST6845-C .....	85
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>86</b>
<b>DISEÑO METODOLÓGICO.....</b>	<b>86</b>
<b>3. DISEÑO METODOLÓGICO .....</b>	<b>87</b>
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA.....	87
3.1.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	87
3.1.2. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	88
3.1.2.1. VARIABLES INDEPENDIENTES.....	88
3.1.2.2. VARIABLES DEPENDIENTES: .....	89
3.1.2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES Y OPERACIONALES: .....	90
3.1.3. AMBIENTE DE LA INVESTIGACIÓN .....	91
3.2. ESTRUCTURA DEL MODELO .....	92
3.3. METODOLOGÍA DE DESARROLLO EN HARDWARE LIBRE.....	93
3.3.1. PROCESO DE CONCEPTUALIZACIÓN DE PROYECTOS.....	93
3.3.2. PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS DE HL .....	94
3.3.3. PROCESO DE DESARROLLO DE PROYECTOS EN HL.....	95
3.3.3.1. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.....	98
3.3.3.1.1. ADQUISICIÓN DE DATOS .....	98
3.3.3.1.2. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROTOTIPO .....	99
3.3.3.1.3. ADQUISICIÓN DE LA TEMPERATURA CORPORAL .....	100
3.3.3.1.4. ADQUISICIÓN DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD.....	107
3.3.3.1.5. FUENTE DE TENSIÓN Y FUENTE DE RESPALDO .....	109
3.3.3.1.6. CIRCUITO PRINCIPAL DE PROCESAMIENTO DE DATOS .....	111
3.3.3.1.7. CODIFICACIÓN DE MICROCONTROLADOR ESP32 .....	112

3.3.3.1.8. IMPLEMENTACIÓN FÍSICA DEL PROYECTO.....	114
3.4. METODOLOGÍA IWEB.....	122
3.4.1. FORMULACIÓN .....	122
3.4.2. PLANIFICACIÓN .....	125
3.4.3. ANÁLISIS.....	125
3.4.4. INGENIERÍA .....	126
3.4.4.1. DISEÑO DE CONTENIDO .....	126
3.4.4.2. DISEÑO ARQUITECTÓNICO .....	126
3.4.4.3. DISEÑO DE NAVEGACIÓN.....	127
3.4.5. PRUEBAS.....	127
3.4.6. EVALUACIÓN DEL CLIENTE .....	127
3.4.7. DESARROLLO DEL MODELO .....	127
3.4.7.1. DESARROLLO DE MODELO DE MONITORIZACIÓN CENTRAL.....	127
3.4.7.2. MAQUETACIÓN .....	129
3.4.7.3. DISEÑO DE LA BASE DE DATOS .....	132
3.4.7.4. DESARROLLO DEL MÓDULOS DEL SISTEMA .....	132
3.5. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN E INSTRUMENTOS .....	139
3.6. COSTO .....	140
3.6.1. COSTOS COMPONENTES ELECTRÓNICOS .....	140
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>141</b>
<b>PRUEBAS Y RESULTADOS.....</b>	<b>141</b>
<b>4. PRUEBAS Y RESULTADOS.....</b>	<b>142</b>
4.1. MÉTRICA DE CALIDAD ISO/IEC 25000 .....	142
4.1.1. FUNCIONALIDAD .....	142
4.1.2. EFICIENCIA DE DESEMPEÑO .....	142
4.1.3. COMPATIBILIDAD .....	143

4.1.4. USABILIDAD.....	143
4.1.5. FIABILIDAD .....	144
4.1.6. SEGURIDAD.....	144
4.1.7. MANTENIBILIDAD.....	145
4.1.8. PORTABILIDAD .....	146
4.1.9. RESULTADOS .....	146
4.2. PRUEBA DE LA HIPÓTESIS.....	147
4.2.1. PRUEBA DE T STUDENT.....	147
4.2.1.1. RECOPIACIÓN DE DATOS ESTÁNDARES.....	147
4.2.2. PROCEDIMIENTO – DEMOSTRATIVO PARA TEMPERATURA CORPORAL (°C) CON T-STUDENT .....	151
4.2.3. PROCEDIMIENTO – DEMOSTRATIVO PARA TEMPERATURA AMBIENTE (°C) CON T-STUDENT .....	153
4.2.4. PROCEDIMIENTO – DEMOSTRATIVO PARA HUMEDAD AMBIENTE (%HR) CON T-STUDENT .....	155
<b>CAPITULO V.....</b>	<b>157</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>157</b>
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>158</b>
5.1. CONCLUSIONES.....	158
5.2. RECOMENDACIONES.....	159
5.3. BIBLIOGRAFÍA.....	160



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Página</b>
Tabla 1. Operacionalización de variables .....	7
Tabla 2. Valores estándares .....	89
Tabla 3. Fases de Planificación .....	95
Tabla 4. Partes y Piezas del Hardware.....	96
Tabla 5. Software para el Microcontrolador .....	98
Tabla 6. Valores de Temperatura vs Resistencia.....	102
Tabla 7. Datos de aplicación librería DHT.h .....	109
Tabla 8. Cuestionario - Rúbrica de Evaluación del Modelo de Monitorización.....	139
Tabla 9. Se describen a detalle los costos de los componentes electrónicos:.....	140
Tabla 10. Características de funcionalidad:.....	142
Tabla 11. Características de desempeño:.....	142
Tabla 12. Características de compatibilidad:.....	143
Tabla 13. Características de usabilidad:.....	143
Tabla 14. Características de fiabilidad:.....	144
Tabla 15. Características de seguridad:.....	144
Tabla 16. Características de Mantenibilidad:.....	145
Tabla 17. Características de Portabilidad:.....	146
Tabla 18. Resultados de la métrica de calidad 25000:.....	146
Tabla 19. Datos recopilados Estándares .....	148
Tabla 20. Datos Estándares a usar.....	148
Tabla 21. Datos Recopilados de los módulos: .....	148
Tabla 22. Promedio los parámetros de los 4 módulos .....	149
Tabla 23. Cálculo de los parámetros de los 4 módulos.....	150

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura 1. Metodología Desarrollo en Hardware Libre.....	12
Figura 2. Metodología IWEB .....	13
Figura 3. Central de Monitoreo – Monitores Multiparamétricos - Hospital del Niño .....	26
Figura 4. Monitorización cardíaca .....	27
Figura 5. Unidad de Neonatología - Hospital de la Mujer.....	28
Figura 6. Equipo Médico - Incubadora Neonatal .....	30
Figura 7. Equipo Médico - Incubadora Neonatal .....	31
Figura 8. Equipo Médico - Incubadora Neonatal Estacionaria .....	32
Figura 9. Equipo Médico - Incubadora Neonatal de traslado .....	33
Figura 10. Equipo médico - Componentes de una Incubadora Neonatal .....	34
Figura 11. Control de incubadora neonatal Modelo 1186 – FANEM .....	36
Figura 12. Toma de temperatura Corporal Neonatal.....	45
Figura 13. Metodología IWEB .....	57
Figura 14. Estructura de la norma ISO 25000 .....	62
Figura 15. Sensor DHT22/AM2302.....	78
Figura 16. Tarjeta de Desarrollo ESP32 .....	79
Figura 17. Distribución de Pines ESP32.....	81
Figura 18. Tarjeta electrónica PCB.....	83
Figura 19. Batería litio 18650 .....	84
Figura 20. Resistencia eléctrica .....	84
Figura 21. Módulo ST6845-C cargador baterías litio con protección.....	85
Figura 22. Estructura del modelo .....	93
Figura 23. Diagrama de Bloques .....	99

Figura 24. Sonde de Temperatura.....	100
Figura 25. Calibración de sensor de temperatura .....	101
Figura 26. Circuito de Adquisición de temperatura Corporal .....	103
Figura 27. Código .....	107
Figura 28. Circuito de Adquisición de temperatura y humedad de la cúpula (incubadora) ..	108
Figura 29. Codificación.....	109
Figura 30. Circuito de fuente de alimentación y fuente de respaldo .....	110
Figura 31. Pines Utilizados del Microcontrolador ESP32 .....	111
Figura 32. Codificación del hardware .....	113
Figura 33. Circuito final desarrollado en el Software Proteus 8 .....	114
Figura 34. Ensamblado del Pre - prototipado del Circuito Final del prototipo.....	115
Figura 35. Diseño de la PCB del circuito final del prototipo en PROTEUS 8 – PCB Layout	115
Figura 36. Diseño de la PCB del circuito final del prototipo en PROTEUS 8 vista 3D .....	116
Figura 37. Diseño de la PCB para impresión y grabado .....	116
Figura 38. Proceso de elaboración de la PBC (Gravado con Acido).....	117
Figura 39. Proceso de elaboración de la PBC (Perforado) .....	117
Figura 40. Proceso de elaboración de la PBC.....	118
Figura 41. Ensamblaje completo del prototipo .....	118
Figura 42. Soldadura del prototipo.....	119
Figura 43. Diseño del chasis en modelo 3d y en físico .....	119
Figura 44. Ensamblado del Prototipo final.....	120
Figura 45. Prototipo Final.....	121
Figura 46. Pruebas del Diseño del final de Hardware .....	121
Figura 47. Metas aplicables para el prototipo .....	124
Figura 48. Caso de uso - Administrador .....	125
Figura 49. Caso de Uso - Usuario.....	126

Figura 50. Diseño Arquitectónico .....	126
Figura 51. Diseño de Navegación .....	127
Figura 52. Procesamiento de adquisición de datos.....	127
Figura 53. Código de adquisición de datos .....	128
Figura 54. Muestreo de datos .....	128
Figura 55. Maquetación - Página principal o de inicio.....	129
Figura 56. Maquetación - Central de monitorización.....	129
Figura 57. Maquetación - Página de usuario (CRUD).....	130
Figura 58. Maquetación - Página de Personal de área (CRUD).....	130
Figura 59. Maquetación - Página de incubadoras (CRUD).....	131
Figura 60. Maquetación - Página de Login .....	131
Figura 61. Base de Datos.....	132
Figura 62. Módulo de presentación (muestreo de datos de adquisición) .....	132
Figura 63. Módulo de central de monitoreo (luego de ser autenticado).....	133
Figura 64. Módulo de registro de historial.....	133
Figura 65. Módulo de registro de usuario .....	134
Figura 66. Módulo de usuarios.....	134
Figura 67. Modelo de registro de personal .....	135
Figura 68. Módulo de pacientes.....	135
Figura 69. Módulo de registro de roles .....	136
Figura 70. Módulo de roles.....	136
Figura 71. Módulo de registro de especialidades .....	137
Figura 72. Módulo de especialidades .....	137
Figura 73. Módulo de Registro de Incubadoras.....	138
Figura 74. Módulo de incubadoras.....	138
Figura 75. Grafica T-student Temperatura Corporal (°C).....	152

Figura 76. Grafica T-student Temperatura Ambiente (°C) .....	154
Figura 77. Grafica T-student Humedad Ambiente (%HR).....	156

**ÍNDICE DE ECUACIONES**

	<b>Página</b>
Ecuación 1. Formula de Divisor de tensión .....	103
Ecuación 2. Conversor analógico a digital (AD) .....	104
Ecuación 3 .....	104
Ecuación 4. Formula SteinHart – Hart .....	104
Ecuación 5.....	105
Ecuación 6.....	105
Ecuación 7.....	105
Ecuación 8 .....	107
Ecuación 9 .....	107
Ecuación 10.....	107

## RESUMEN

La presente investigación se enfoca en el desarrollo de un sistema de monitorización específico para incubadoras utilizadas en la atención neonatal temperatura corporal y temperatura/humedad ambiente. A continuación, se presentan los aspectos clave de este trabajo:

El objetivo central es mejorar la atención a los pacientes neonatos mediante la recolección de datos en tiempo real. La monitorización constante y precisa es fundamental para garantizar la seguridad y el bienestar de los bebés prematuros o con problemas de salud.

La investigación combina métodos científicos e ingeniería. Se desarrolla un prototipo de monitorización centralizada que se integra con las incubadoras existentes. El uso de hardware libre, como Proteus VSM, ESP32 y Arduino IDE, permite la implementación eficiente del sistema.

El modelo propuesto tiene aplicaciones prácticas en las unidades de neonatología. Facilita la detección temprana de cambios en las condiciones del bebé, como fluctuaciones de temperatura o alteraciones en la frecuencia cardíaca. Además, proporciona una base sólida para futuros estudios y mejoras en el diseño de sistemas de monitorización neonatal.

Esta tesis contribuye al avance en la automatización y la calidad de la atención médica neonatal. Su enfoque en la monitorización centralizada promete beneficios significativos para los recién nacidos y el personal médico.

**Palabra Clave:** Modelo, Incubadora Neonatal, Central de Monitorización, Neonatología, Temperatura Corporal.

## ABSTRAC

The present research focuses on the development of a specific monitoring system for incubators used in neonatal care, body temperature and ambient temperature/humidity. Below are the key aspects of this work:

The central objective is to improve care for neonatal patients through real-time data collection. Constant and accurate monitoring is essential to ensure the safety and well-being of premature babies or babies with health problems.

The research combines scientific and engineering methods. A centralized monitoring prototype is developed that is integrated with existing incubators. The use of free hardware, such as Proteus VSM, ESP32 and Arduino IDE, allows efficient implementation of the system.

The proposed model has practical applications in neonatology units. It facilitates early detection of changes in the baby's conditions, such as temperature fluctuations or alterations in heart rate. Furthermore, it provides a solid foundation for future studies and improvements in the design of neonatal monitoring systems.

This thesis contributes to the advancement in automation and quality of neonatal medical care. Its focus on centralized monitoring promises significant benefits for newborns and medical staff.

**Keyword:** Model, Neonatal Incubator, Monitoring Center, Neonatology, Body Temperature.



## LISTADO DE ABREVIATURAS

ISO: Organización Internacional de Normalización

IEC: Comisión Electrotecnia Internacional

Esp32: Microcontrolador chips SoC

HL: Hardware libre

VSM: Modelado de sistemas virtuales

NTC: Termistor de coeficiente negativo

IDE: Entorno de Desarrollo Integrado

TCAE: Técnico en Cuidados Auxiliares de Enfermería

ATC: control de Temperatura del aire

RN: Recién nacido

XAMPP: Es una distribución de apache que incluye varios tipos de software

MySQL: Gestor de base de datos

VS Code: Editor de código fuente desarrollo por Microsoft

MVC: Modelo Vista Controlador

HTTP: Protocolo de Transferencia de Hipertexto

ADC: Conversor de analógico a digital

DAC: Conversor de digital a analógico

PWM: Modulación por Ancho de Pulso

DMIPS: Millones de Instrucciones por Segundo

UART: Receptor Transmisor Asíncrono Universal

# CAPÍTULO I

## MARCO PRELIMINAR



**INGENIERÍA  
DE SISTEMAS**  
UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

## 1. MARCO PRELIMINAR

### 1.1. Introducción

El cuidado de los recién nacidos prematuros en incubadoras neonatales es una tarea de suma importancia en el ámbito de la atención médica. Las incubadoras, con su capacidad para proporcionar un entorno controlado y seguro, desempeñan un papel crucial en la supervivencia y el desarrollo de los neonatos en situaciones clínicas delicadas. No obstante, para optimizar la atención y garantizar la seguridad de estos pacientes, se plantea la necesidad de un *Modelo de Monitorización Central para Incubadoras Neonatales*. Esta tesis se enfoca en la creación y desarrollo de un modelo innovador que permite una supervisión exhaustiva de temperatura corporal (paciente neonato) y temperatura/humedad (cúpula de incubadora).

Se presentan los conceptos fundamentales, las herramientas y las metodologías que servirán como base teórica para el desarrollo del prototipo para el *Modelo de Monitorización Central de Incubadoras Neonatales*. Además, se muestra las pruebas que se llevó a cabo para validar la efectividad y la viabilidad de este enfoque innovador en el contexto de la atención neonatal. A lo largo de esta tesis, se exploró con mayor profundidad estos aspectos y se destaca los beneficios potenciales que esta tecnología puede aportar al campo de la Neonatología.

Con esta investigación se pretende, realizar un *Modelo de Monitorización Central para Incubadoras Neonatales*, el cual consta con un prototipo para realizar la monitorización en una central, para así hacer que su uso y monitorización sea más sencillo y de bajo costo, así tener datos registros más precisos de cada paciente neonatal como ser: Temperatura Corporal (Neonato) y Temperatura/Humedad (Cúpula del equipo) de la Incubadora.

En la presente investigación se utilizó la metodología iweb, metodología hardware libre y método científico

## 1.2. Antecedentes.

### 1.2.1. *Antecedentes Internacionales.*

- González Guerrero, Alexander y Londoño Moya, Juan David (2017), “**Diseño Conceptual de una Incubadora de Bajo Costo que Posibilite Abordar la Atención al Recién Nacido Prematuro en Poblaciones Vulnerables**”. Desarrollar un prototipo funcional de una incubadora de bajo costo que posibilite abordar la atención al recién nacido prematuro en poblaciones vulnerables. ¿Qué dispositivo de bajo costo permite mejorar la prestación de los servicios de salud y de esta manera reducir los índices de mortalidad infantil de las poblaciones rurales en Colombia? UAO - Universidad Autónoma de Occidente, Santiago de Cali – Colombia.
- Cruz Jumbo, Flavio Anderson (2016), “**Diseño e Implementación de un Prototipo de Incubadora Neonatal usando La Plataforma Open-Source Arduino**”. Diseñar e implementar un prototipo de incubadora neonatal usando la plataforma OPEN-SOURCE ARDUINO para la empresa IX Biotron del Ecuador LTDA. ESPE - Universidad de las Fuerzas Armadas, Sangolquí – Ecuador.
- Bustamante Campoverde, Jaime Antonio y Cevallos Larrea, Andrés Josué (2013), “**Diseño e Implementación de un Prototipo de Incubadora Neonatal en Cumplimiento Con la Norma Une-En 60601-2-19**”. El diseño y construcción de un prototipo de incubadora neonatal considerando los requisitos descritos en una norma internacional permite la fabricación de un equipo de altas prestaciones que pudiese ser introducido a largo plazo en el mercado de productos médicos. Es necesaria la recopilación de los procesos que permitieron el diseño y la construcción en una primera etapa y de forma conjunta con los procesos de estandarización permitirán generar las primeras correcciones y requerimientos de equipo. Universidad Politécnica Salesiana,

Sede Cuenca – Ecuador.

### **1.2.2. Antecedentes Nacional.**

- Marquez Mamani, Eden Alvaro (2011), “**Medidor de Frecuencia Cardiaca y Temperatura Corporal**”, De ahí la necesidad de desarrollar un dispositivo electrónico que sea accesible y económico, el cual sea capaz de medir la frecuencia cardiaca al revelar los pulsos eléctricos del corazón y la temperatura corporal en base a la regulación térmica que presenta el cuerpo humano en función de los cambios en la temperatura ambiental, Diseñar e implementar un sistema electrónico que nos permita monitorizar y medir la frecuencia cardiaca, así como la temperatura corporal. UMSA - Universidad Mayor De San Andrés, La Paz – Bolivia.
- Zenteno Flores, Oscar Fernando (2017), “**Control del ambiente térmico neutro en incubadora neonatal**”, Todas estas razones promueven el diseño de un sistema de control automático para la regulación de un ambiente térmico neutro dentro una incubadora aplicable a la mayoría de modelos disponibles en el mercado nacional, respetando normativas de seguridad a nivel internacional que garantizan el bienestar del recién nacido. UCB - Universidad Católica Boliviana “San Pablo”, La Paz – Bolivia.
- Canaviri Torrez, Juan Adelio (2015), “**Sistema Inalámbrico de Adquisición de Señales Biomédicas y Monitoreo Remoto de datos Pre-hospitalarios Mediante Protocolo De Red Tcp/Ip**”. Diseñar e implementar un prototipo de sistema de monitorización de la señal cardiaca, saturación de oxígeno, temperatura corporal y estimulación muscular; que sea capaz de transmitir las a una PC portátil utilizando tecnología de comunicación inalámbrica. ¿Cómo evitar un problema de salud pública y ayudar a la población de la ciudad de La Paz y toda Bolivia? UMSA - Universidad Mayor de San Andrés, La Paz – Bolivia.

### **1.2.3. Antecedentes Locales.**

- Condori Carrasco, Franz Silvano, Titirico Cutipa, Richard (2020), “**Prototipo Silla de Ruedas Automatizada con Monitoreo Cardíaco y Localización Gps Bajo la Plataforma de Internet de las Cosas**”. Diseñar un prototipo de silla de ruedas automatizado con monitoreo cardíaco y localización GPS bajo la plataforma de Internet de las Cosas que mejore el desenvolvimiento de actividades diarias de una persona que sufre de discapacidad motora, con mayor autonomía de manera segura y comfortable Existen pocas alternativas de Silla de ruedas que están desarrolladas con la finalidad de conseguir mejoras en la calidad de vida de las personas con discapacidad motora que presentan problemas de orientación y del corazón. UPEA – Universidad Pública de El Alto, La Paz – Bolivia.

Los antecedentes presentados proporcionan una base sólida de conocimientos y tecnologías que pueden ser utilizadas para el diseño e implementación de un modelo de monitorización central para incubadoras neonatales

## **1.3. Planteamiento del Problema.**

### **1.3.1. Problema Principal.**

Las Unidades de Neonatología en Centros Hospitalarios de La Paz desempeñan un papel crucial en el cuidado de los recién nacidos prematuros o con enfermedades específicas, estas unidades están equipadas con incubadoras neonatales que son esenciales para la supervivencia y el desarrollo de neonatos; Las incubadoras controlan de forma precisa la temperatura y la humedad dentro del ambiente (Cúpula del equipo) para que la temperatura corporal del neonato sea la correcta, De esta manera, se simula el útero materno, protegiendo al neonato de factores externos que podrían afectar su salud y bienestar.

El problema que motiva esta investigación es la necesidad de un *Modelo de Monitorización Central para Incubadoras Neonatales*, que permita registrar de manera efectiva y en tiempo real parámetros como ser la temperatura corporal (paciente neonatal), así como también la temperatura y humedad de la (cúpula del equipo) incubadora.

### **1.3.2. Problemas Específicos.**

- Las incubadoras no disponen de una central de monitorización.
- Una Monitorización no certera desencadena una serie de tratamientos equivocados que podría poner en riesgo la vida del paciente neonatal.
- En algunos casos, la monitorización manual es de forma independiente y moroso.

### **1.3.3. Formulación del Problema.**

¿De qué manera el *Modelo de Monitorización Central para Incubadoras Neonatales* ayudara a la monitorización y registro de datos de la temperatura corporal de los pacientes neonatales y la temperatura/humedad del equipo?

## **1.4. Objetivos.**

### **1.4.1. Objetivo General.**

Diseñar *El Modelo de Monitorización Central para Incubadoras Neonatales* basado en un prototipo de hardware (ESP32) y software, con el fin de obtener la monitorización de Temperatura del paciente neonatal y la Temperatura/Humedad interna de la Cúpula del equipo médico (incubadora).

### **1.4.2. Objetivos Específicos.**

- Analizar y recolectar información sobre sistemas web y prototipos electrónicos.
- Desarrollar un circuito electrónico para la adquisición de datos de los sensores de

temperatura corporal del paciente y Temperatura/Humedad del equipo, que recolecte información a través de un microprocesador ESP32 a un sistema de monitoreo de pacientes.

- Monitorizar al paciente neonatal en tiempo real.
- Demostrar la eficacia del prototipo hardware y software en la unidad de neonatología.
- Interpretar los resultados obtenidos.

### 1.5. Hipótesis.

- a) **Hipótesis principal:** El Modelo de Monitorización Central para Incubadoras Neonatales permite obtener datos de la temperatura corporal del neonato y la Temperatura/Humedad del ambiente de la cúpula del equipo (incubadora neonatal) con una precisión del 95%.
- b) **Hipótesis alterna:** El Modelo de Monitorización Central para Incubadoras Neonatales permite obtener la temperatura corporal del neonato y la Temperatura/Humedad del ambiente de la cúpula del equipo (incubadora neonatal) con una precisión del 65%.
- c) **Hipótesis nula:** El Modelo de Monitorización Central para Incubadoras Neonatales no permite obtener la temperatura corporal del neonato y la Temperatura/Humedad del ambiente de la cúpula del equipo (incubadora neonatal).

#### 1.5.1. Operacionalización de Variables.

- Variable independiente:
  - Incubadora Neonatal.
- Variable dependiente:
  - Modelo de Monitorización Central.



En la siguiente tabla se ilustra la operación entre variables.

**Tabla 1.**

**Operacionalización de variables**

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	ACTIVIDADES
<b>Independiente</b>	Equipamiento médico		Seleccionar las incubadoras neonatales adecuadas para el estudio experimental
Incubadora Neonatal.	Implantación del prototipo modular es de manera externa en el Equipo Incubadora	Numero de la incubadora	
<b>Dependiente:</b>	Sistema informático	Cuantificaciones de datos del paciente neonatal	Desarrollar algoritmos para la monitorización con una eficacia.
Modelo de Monitorización Central.	Capacidad de monitorizar		

**1.5.2. Conceptualización de Variables.**

**1.5.2.1. Modelo de Monitorización Central.**

El uso de este tipo de monitorización, si bien inicialmente quedaba circunscrito a las unidades de cuidados críticos, gracias al desarrollo tecnológico y cada vez a su menor complejidad, se ha ido extendiendo progresivamente a los servicios de urgencias y emergencias (Millán Soria, 2015).

El modelo de monitorización central, infiere en centralizar un grupo de monitorización de pacientes neonatales dentro del equipo incubadora.

### **1.5.2.2. Incubadora Neonatal.**

La regulación térmica es uno de los factores críticos en la supervivencia y estabilidad de los recién nacidos, algunos de los factores que contribuyen a la dificultad para mantener la estabilidad térmica son: superficie corporal relativamente grande en comparación con el peso, capacidad metabólica limitada para la producción de calor y aislamiento térmico inadecuado. Mientras que un recién nacido puede regular su temperatura corporal de manera natural, los bebés prematuros pierden calor debido a que su piel es más delgada (Pardell, 2022).

Las Incubadoras Neonatales, son equipos que no cuentan con un módulo central de monitorización, donde el cual se implantará el prototipo modular para realizar la monitorización.

## **1.6. Justificación.**

### **1.6.1. Justificación científica.**

El presente trabajo de investigación, es un aporte científico, ya que contempla estudios sobre: electrónica, informática, comunicación vía internet y recolección de datos. Para la presente investigación se analiza el comportamiento sobre el índice de monitorización de pacientes en incubadoras neonatales, basado en Monitorización Central, se utilizará prototipos de hardware y software desarrollados, para así realizar la monitorización. Destaca la importancia de mejorar la monitorización en incubadoras neonatales para garantizar un entorno óptimo para el cuidado de los recién nacidos prematuros o enfermos.

### **1.6.2. Justificación técnica.**

El presente trabajo, se justifica técnicamente por la utilización de herramientas de software para el diseño del Modelo de Monitorización central para Incubadoras Neonatales como: Lenguaje de Programación, Metodología IWEB, Metodología de la Hardware Libre y el Método Científico.

### **1.6.3. Justificación económica.**

Con este modelo reducimos los costos asociados con el monitoreo manual de pacientes recién nacidos. Además, al proporcionar monitoreo en tiempo real y una gestión de datos más eficiente, el monitoreo centralizado permite que el personal médico se centre en tareas más críticas, lo que reduce la necesidad de una revisión manual constante de las incubadoras donde el personal médico mejora la eficiencia del cuidado neonatal.

### **1.6.4. Justificación social.**

El presente trabajo, se justifica socialmente porque apoya de gran manera a la población de recién nacidos, ya que la monitorización central de incubadoras neonatales brinda una monitorización más confiable de pacientes neonatales. Por otro lado, son beneficiados los expertos en salud y en especial, los del área de neonatología. Al conocer las monitorizaciones tomadas por el modelo, estos podrán difundir y socializar de cómo se encuentran de los pacientes neonatales y toda la comunidad teniendo un instrumento tecnológico a su alcance.

## **1.7. Metodología.**

### **1.7.1. Método Científico.**

Para investigar y recopilar la información correspondiente se utiliza el método de investigación científica.

La variedad de habilidades y de información que exige el tratamiento científico de los problemas ayuda a explicar la extremada división del trabajo prevaleciente en la ciencia contemporánea, en la que encuentra lugar toda capacidad natural y toda habilidad adquirida (Bunge, 1959).

- Observación.

- Preguntas.
- Hipótesis.
- Experimentación.
- Conclusiones.

#### **1.7.1.1. Técnicas de investigación: Investigación cuantitativa**

Utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías (Hernández Sampieri y otros, 2014).

##### **1.7.1.1.1. Experimental**

La investigación experimental es una técnica cuantitativa que implica la manipulación deliberada de una variable independiente para observar el efecto en una variable dependiente, mientras se controlan otras variables que pueden influir en los resultados. Este diseño permite establecer relaciones causales entre variables. Los experimentos pueden llevarse a cabo en entornos controlados como laboratorios, o en escenarios naturales. La validez interna y externa, así como la replicabilidad, son aspectos cruciales de este método. (Hernández Sampieri y otros, 2014).

##### **1.7.1.1.2. Análisis estadístico (T-Student)**

El análisis estadístico con la prueba T de Student es una técnica utilizada para determinar si hay una diferencia significativa entre las medias de dos grupos. Este método es particularmente útil cuando se compara el efecto de una intervención o tratamiento en un grupo experimental frente a un grupo de control. Existen varias versiones de la prueba t, incluyendo la prueba t para muestras independientes, la prueba t para muestras relacionadas y la prueba t para una muestra. La prueba T asume que los datos son aproximadamente normales y que

las varianzas de los dos grupos son iguales. (Hernández Sampieri y otros, 2014).

#### **1.7.1.1.3. Encuesta**

La encuesta es una técnica cuantitativa que consiste en recolectar datos a través de cuestionarios o entrevistas estructuradas, dirigidas a una muestra representativa de una población. Las encuestas permiten obtener información sobre opiniones, actitudes, comportamientos y características demográficas de los participantes. La formulación de preguntas claras y concisas, así como la selección de una muestra adecuada, son esenciales para garantizar la validez y la fiabilidad de los resultados. Los datos recolectados mediante encuestas pueden ser analizados estadísticamente para identificar tendencias y patrones. (Hernández Sampieri y otros, 2014).

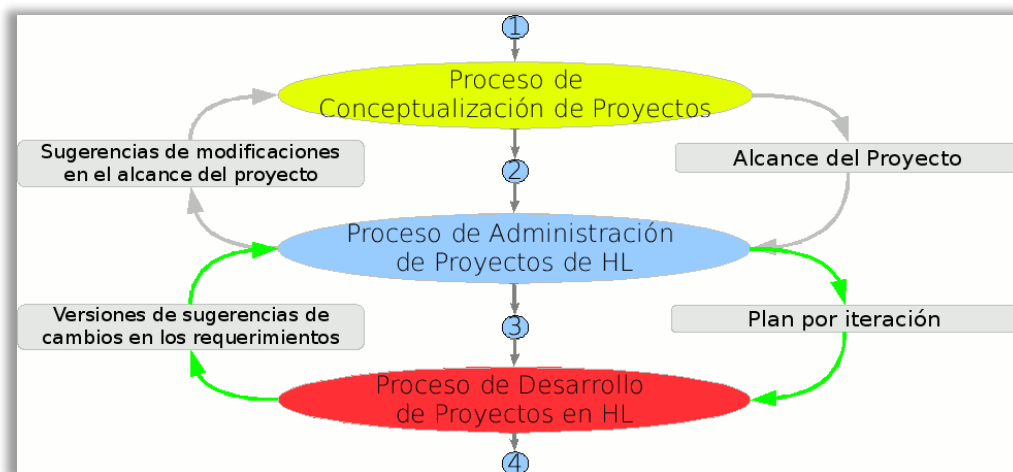
#### **1.7.2. Método de Ingeniería.**

##### **1.7.2.1. Metodología de Desarrollo en Hardware Libre.**

La metodología posee tres procesos, en el de conceptualización se busca delimitar los alcances que se quiere para el proyecto en estudio, en el proceso de administración se busca la planificación para el diseño, fabricación y pruebas del dispositivo. Por último, el proceso de desarrollo en el cual se especifican los pasos que en principio se deben cumplir, dependiendo de la naturaleza del dispositivo. (Medrano y otros, s.f.).

Las etapas de esta metodología consisten en:

- Proceso de Conceptualización de Proyectos
- Proceso de Administración de Proyectos de HL
- Proceso de Desarrollo de Proyectos en HL

**Figura 1.****Metodología Desarrollo en Hardware Libre**

*Nota: Plataforma de Desarrollo de Hardware Libre (Medrano y otros, s.f.)*

**1.7.2.2. Metodología IWEB (Sistema Web).**

Según Texier & Bermúdez IWeb demanda un proceso de software incremental y evolutivo. Pressman también señala que el modelo en las primeras versiones puede ser un modelo en papel o un prototipo, y durante las últimas iteraciones se producen versiones cada vez más completas del sistema diseñado (Molina Ríos y otros, 2018).

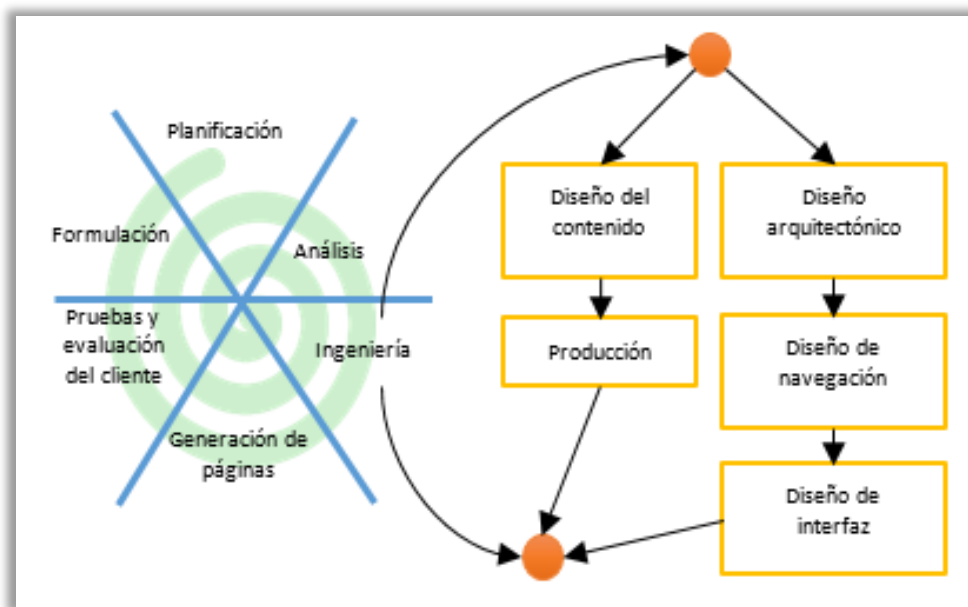
La IWeb se divide en un número de actividades estructurales, también llamadas regiones de tareas. Generalmente, existen entre tres y seis regiones de tareas, las cuales no necesariamente se deben aplicar todas por cada iteración. IWeb es una metodología que se enfoca en la creación de aplicación y sistemas Web de alta calidad, basándose en principios científicos de ingeniería. Dichas aplicaciones hacen posible el acceso desde ordenadores remotos (Molina Ríos y otros, 2018).

- Formulación.
- Planificación.

- Análisis
- Ingeniería.
- Generación de páginas.
- Pruebas.

**Figura 2.**

**Metodología IWEB**



*Nota: Grafica metodología IWEB obtenida de (Molina Ríos y otros, 2018)*

### 1.7.3. Métrica de Calidad.

#### 1.7.3.1. ISO 25000

ISO/IEC 25000 es el resultado de la evolución de varios otros estándares; específicamente de ISO/IEC 9126, que define un modelo de calidad para la evaluación de productos de software, e ISO/IEC 14598, que define el proceso para la evaluación de productos de software. La serie de normas ISO/IEC 25000 consta de cinco divisiones (ISO 25000, s.f.).

## 1.8. Herramientas.

### 1.8.1. Hardware.

- **Proteus VSM:** Proteus es considerado uno de los mejores y más completos programas para el diseño de circuitos electrónicos en la actualidad, no solo por su capacidad de simulación y análisis, sino también por el hecho de poder utilizar una gran cantidad de microcontroladores de diferentes familias. Esta obra está dirigida a todos aquellos que tienen conocimientos de electrónica y desean aprender el uso de este poderoso software. (Rossano, 2013)
- **ESP32:** El ESP32 es el nombre de un microcontrolador diseñado por Espressif Systems. Espressif es una empresa china con sede en Shanghai. El ESP32 se anuncia a sí mismo como una solución de red WiFi autónoma que se ofrece a sí misma como un puente del existente microcontrolador a WiFi y también es capaz de ejecutar aplicaciones independientes (Kolban, 2016).
- **Dispositivos Electrónicos:** Un componente electrónico es un dispositivo que forma parte de un circuito electrónico. Se suelen encapsular, generalmente en un material cerámico, metálico o plástico, y terminar en dos o más terminales o patillas metálicas. Se diseñan para ser conectados entre ellos, normalmente mediante soldadura, a un circuito impreso, para formar el mencionado circuito.
- **DHT22:** El DHT22 es un sensor digital de bajo costo y fácil de usar que es ideal para una amplia gama de aplicaciones donde se necesita medir la temperatura y la humedad.
- **Sensor de temperatura Corporal (NTC):** Los sensores temperatura son dispositivos utilizados en aplicaciones de edificación para medir la temperatura de un fluido,



normalmente aire o agua. Habitualmente, se los conoce también por el nombre de sondas de temperatura.

### 1.8.2. **Software.**

- **Arduino IDE:** Aunque lo que más nos llama la atención de Arduino es el hardware, la verdad debemos considerar mucho más que una placa de circuitos y componentes electrónicos. Es una plataforma que nos permite programar el código necesario para controlar el funcionamiento de los sensores que conectamos a la placa (Peña Millhual, 2017).
- **HTML5:** *HTML 5* (HyperText Markup Language, versión 5) es la quinta revisión importante del lenguaje básico de la World Wide Web, HTML.
- **PHP:** PHP (acrónimo recursivo de PHP: Hypertext Preprocessor) es un lenguaje de código abierto muy popular especialmente adecuado para el desarrollo web y que puede ser incrustado en HTML.
- **CSS3:** CSS es un lenguaje de diseño gráfico que permite definir y crear la presentación de un documento estructurado escrito en un lenguaje de marcado. Es muy usado para establecer el diseño visual de los documentos web e interfaces de usuario escritas en HTML.
- **Javascript:** JavaScript es un lenguaje de programación o de secuencias de comandos que te permite implementar funciones complejas en páginas web, cada vez que una página web hace algo más que sentarse allí y mostrar información estática para que la veas, muestra oportunas actualizaciones de contenido, mapas interactivos, animación de Gráficos 2D/3D, desplazamiento de máquinas reproductoras de vídeo, etc., puedes apostar que probablemente JavaScript está involucrado. Es la tercera capa del pastel

de las tecnologías web estándar, dos de las cuales (HTML y CSS) hemos cubierto con mucho más detalle en otras partes del Área de aprendizaje.

- **Frameworks Laravel:** Laravel pone énfasis en la calidad del código, la facilidad de mantenimiento y escalabilidad, lo que permite realizar proyectos desde pequeños a grandes o muy grandes. Además, permite y facilita el trabajo en equipo y promueve las mejores prácticas.
- **Framework Bootstrap:** *Bootstrap* es una biblioteca multiplataforma o conjunto de herramientas de código abierto para diseño de sitios y aplicaciones web
- **MySQL:** MySQL es un sistema de gestión de bases de datos que cuenta con una doble licencia. Por una parte, es de código abierto, pero por otra, cuenta con una versión comercial gestionada por la compañía Oracle.

## 1.9. Límites y Alcances.

### 1.9.1. Límites.

Esta investigación, solo trabajar con pacientes neonatales dentro la unidad de Neonatología con el equipo incubadora.

El prototipo hardware realizara la toma de cuantificación de Temperatura Corporal (al neonato) y de Temperatura/Humedad (cúpula del equipo) Incubadora, contara con un batería interno para caso de fallo de red eléctrica.

El prototipo Software solo realizar registro de nro. de equipo incubadora, registro de datos tomados por el prototipo hardware. registro de paciente neonatal.

En el caso de corte de energía es posible que la central de monitorización no reciba datos en tiempo real hasta ser restablecida la comunicación de red.

El módulo no controlara la programación del equipo biomédico Incubadora neonatal.

### **1.9.2. Alcances.**

Esta tesis debe obtener la monitorización de Temperatura Corporal (al neonato) y de Temperatura/Humedad de la (cúpula del equipo) Incubadora.

Los alcances:

- Módulo de Registro de Pacientes.
- Módulo de Monitorización
- Módulo de visualización de historial
- Módulo de registro médicos
- Módulo de registro especialidad
- Módulo de registro rol
- Módulo de registro Incubadoras

### **1.9.3. Aportes**

Esta tesis nos permite aplicar el modelo mediante la investigación, análisis, pruebas e implementación, aplicados a la **monitorización de pacientes en incubadoras neonatales**.

Con el uso de la electrónica y la informática se recolectará información de manera rápida, confiable y en tiempo real.

Esta investigación pretende ser en un futuro una base de referencia para estudios similares, donde se pueda automatizar y mejorar el diseño que se presenta en la presente tesis.

# CAPÍTULO II

## MARCO TEÓRICO



**INGENIERÍA  
DE SISTEMAS**  
UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

## **2. MARCO TEÓRICO.**

En este presente capítulo se define conceptos sobre el tema planteado, se reúne información de distintos libros y autores, de esta manera investigar los conceptos y características importantes de herramientas, métodos, metodologías, para así sustentar el tema planteado y objetivos trazados en el anterior capítulo.

### **2.1. Dato.**

La Real Academia de la Lengua Española define dato como "antecedente necesario para llegar al conocimiento exacto de una cosa o para deducir las consecuencias legítimas de un hecho". Por tanto, los datos no son información más que en el sentido amplio de "información de partida". Ellos por sí mismos no aportan el conocimiento necesario, sólo una elaboración adecuada es capaz de proporcionarlo. La información es el resultado de tal transformación (Bitrum, 2012).

Los datos pueden ser magnitudes numéricas, nombres, símbolos, premisas, frases, imágenes, sonidos, colores, etc. De hecho, los datos son representaciones de "información de partida" en forma codificada, aceptable para ser capturada y procesada por un mecanismo referencial (Bitrum, 2012).

(Piattini Velthuis y otros, 2018) define dato como cualquier representación de entidades o hechos que se haga mediante textos, números, gráficos, imágenes, sonido o video mientras que información, se puede entender como datos útiles en un contexto o valor añadido del producto de datos obtenido por su interpretación (Piattini Velthuis y otros, 2018, p. 26).

Así, tomando como base la idea de Wang (1998), se puede entender que los datos son la materia prima en un proceso de fabricación de producto de datos que llevarán a tener una información cuando se usen en un determinado contexto (Piattini Velthuis y otros, 2018, p. 26).

Desde otras perspectivas podemos definir un dato, como un elemento de conocimiento que carece de significado por sí mismo, o que está fuera de su contexto. En definitiva, se trata de algo incompleto que necesita un complemento en la forma de otro dato o un proceso de elaboración que le dé más sentido, por tanto, el dato tiene un carácter individualizado y simple frente a un producto semielaborado como es la información (De Palos Heredero y otros, 2004).

Entonces según los autores mencionados un dato es un antecedente necesario para obtener conocimiento, pero por sí solo carece de significado. La información surge cuando se interpretan y contextualizan los datos. Los datos pueden ser representaciones de entidades o hechos en diversas formas, como números, texto, imágenes, etc. En resumen, los datos son la materia prima, y la información es el producto transformado y útil en un contexto específico.

## **2.2. Base de datos.**

Las Bases de datos son colecciones de información (datos) que se relacionan para crear un sentido y dar más eficiencia a una encuesta, un estudio organizado o la estructura de datos de una empresa. Son de vital importancia para las empresas, y en las últimas décadas se han convertido en la parte principal de los sistemas de información. Normalmente los datos permanecen allí durante varios años sin necesidad de cambiar su estructura (Arias, 2015).

Una base de datos es una recopilación organizada de información o datos estructurados, que normalmente se almacena de forma electrónica en un sistema informático. Normalmente, una base de datos está controlada por un sistema de gestión de bases de datos (DBMS). En conjunto, los datos y el DBMS, junto con las aplicaciones asociadas a ellos, reciben el nombre de sistema de bases de datos, abreviado normalmente a simplemente base de datos (Oracle, s.f.).

Los datos de los tipos más comunes de bases de datos en funcionamiento actualmente

se suelen utilizar como estructuras de filas y columnas en una serie de tablas para aumentar la eficacia del procesamiento y la consulta de datos. Así, se puede acceder, gestionar, modificar, actualizar, controlar y organizar fácilmente los datos. La mayoría de las bases de datos utilizan un lenguaje de consulta estructurada (SQL) para escribir y consultar datos (Oracle, s.f.).

Entonces Oracle y arias nos dice que las bases de datos suelen ser gestionadas por sistemas de gestión de bases de datos (SGBD), que surgieron en los años 70. Antes de estos, las aplicaciones utilizadas en los archivos del sistema operativo para almacenar sus sistemas de información. En los años 80 la tecnología de SGBD relacional llegó a dominar el mercado, y en la actualidad se utiliza casi exclusivamente. Otro tipo de bases de datos destacadas son los SGBD orientados a objetos, donde su estructura o aplicaciones que lo utilizan están en constante cambio. La aplicación principal de la base de datos principal es la que controla todas las operaciones empresariales.

### **2.3. Información.**

Según Idalberto Chiavenato, información "es un conjunto de datos con un significado, o sea, que reduce la incertidumbre o que aumenta el conocimiento de algo. En verdad, la información es un mensaje con significado en un determinado contexto, disponible para uso inmediato y que proporciona orientación a las acciones por el hecho de reducir el margen de incertidumbre con respecto a nuestras decisiones" (Thompson, 2008).

La información es un fenómeno que proporciona significado o sentido a las cosas. En sentido general, la información es un conjunto organizado de datos procesados, que constituyen un mensaje sobre un determinado ente o fenómeno. Los datos se perciben, se integran y generan la información necesaria para producir el conocimiento que es el que finalmente permite tomar decisiones para realizar las acciones cotidianas que aseguran la

existencia (Ferrero, 2010).

Según los autores mencionados la información es un conjunto de datos que tienen un significado específico. Ayuda a reducir la incertidumbre y aumentar el conocimiento sobre algo en un contexto determinado. Este mensaje con sentido inmediato guía nuestras acciones y decisiones.

#### **2.4. Modelo.**

Gago (1999) define modelo como ejemplar o forma que uno propone y sigue en la ejecución de una obra artística o en otra cosa, ejemplar para ser imitado, representación en pequeño de una cosa, copia o réplica de un original, construcción o creación que sirve para medir, explicar e interpretar los rasgos y significados de las actividades agrupadas en las diversas disciplinas. Los modelos son construcciones mentales que permiten una aproximación a la realidad de un fenómeno, distinguiendo sus características para facilitar su comprensión. El término modelo, en consecuencia, tiene una amplia gama de usos en las ciencias y puede referirse a casi cualquier cosa, desde una maqueta hasta un conjunto de ideas abstractas (Achinstein, 1968)

Para Hanson (1958), citado por Gallego (2004), un modelo es una estructura conceptual que sugiere un marco de ideas para un conjunto de descripciones que de otra manera no podrían ser sistematizadas. Cumple esta función en virtud de que une de manera inferencial, las proposiciones que afirman algo sobre los fenómenos que en él se integran. De esta manera, su estructura es diferente de la que se supone existe en el conjunto de fenómenos de la naturaleza. El modelo concebido en esta forma, impulsa la inteligibilidad y ayuda a la comprensión de los fenómenos, ya que proporciona los canales de interconexión entre hechos que, sin la existencia de los lazos inferenciales, podrían permanecer aislados e independientes unos de otros (Mujica Chirinos & Rincón González, 2011).



Según los autores mencionados un modelo es como una versión simplificada de algo real que nos ayuda a entenderlo mejor. En lugar de tratar de entender todo de una vez, nos concentramos en partes importantes y las hacemos más simples.

Así, podemos ver esas partes con claridad y entender cómo funcionan, aunque dejamos algunas cosas fuera. Es como si usáramos una herramienta especial para ver las partes más importantes de algo complicado.

#### **2.4.1. Requisitos de un modelo funcional.**

Los requisitos primordiales para construir cualquier modelo son:

- Un propósito claramente definido.
- Identificar las consideraciones esenciales (incluir en el modelo).
- Desechar consideraciones superfluas (estas son fuente de confusión).
- El modelo debe representar la realidad en forma simplificada.

#### **2.5. Monitorización.**

La Real Academia Española define la monitorización como el acto de "observar mediante aparatos especiales el curso de uno o varios parámetros fisiológicos o de otra naturaleza para detectar posibles anomalías". Cada paciente que ingresa en un Servicio de Neonatología se encuentra en situación de internación, por lo que requiere supervisión directa a través de alguno de los monitores, con el objetivo de instaurar medidas anticipatorias en caso de una alteración de su situación clínica o para evaluar la respuesta al tratamiento (Salas y otros, 2013).

Entendemos por monitorización el seguimiento sistemático y periódico del estado de

los indicadores de calidad en relación con unos estándares predefinidos. Su objetivo es identificar la existencia o no de situaciones problemáticas que habrá que evaluar, o sobre las que habrá que intervenir.

Para algunos autores la intervención se incluye en el proceso de monitorización. Si no medimos periódicamente y bajo una misma sistemática un indicador, expresión de un determinado criterio previamente definido, que comparamos con un estándar, no estaremos monitorizando sino realizando una medición puntual de un fenómeno. La monitorización no es esencialmente un método de evaluación de la calidad sino un instrumento para garantizar la idoneidad de los cuidados, por el nivel de vigilancia que supone (Aranaz Andrés y otros, 2008).

Según nuestras fuentes mencionadas la monitorización es como un seguimiento detallado que se hace utilizando aparatos especiales. Esto nos ayuda a observar y registrar cómo evolucionan distintos indicadores o parámetros, como, por ejemplo, la frecuencia cardíaca de un paciente o el rendimiento de una computadora.

La idea es detectar cualquier cosa que pueda estar fuera de lo normal. En el ámbito médico, la monitorización se usa para controlar el estado de los pacientes, mientras que, en otros contextos, puede servir para supervisar sistemas informáticos o cualquier otra área donde sea necesario llevar un registro de datos para tomar decisiones.

### **2.5.1. Utilidad de la monitorización.**

Con la investigación realizada la utilidad de la monitorización se refiere a la importancia y el beneficio de supervisar y controlar diferentes aspectos de una actividad, un proceso o un sistema. La monitorización puede aplicarse a diversos campos, como la medicina, la informática, la psicología, la educación, la seguridad y otros.

La monitorización permite obtener información relevante para evaluar el estado, el

rendimiento, el progreso, los problemas y las soluciones de lo que se está monitorizando. La monitorización también facilita la toma de decisiones basadas en datos y evidencias.

## **2.6. Centrales monitoreo.**

Es un equipo dirigido a Médicos o Paramédicos para llevar a cabo el monitoreo centralizado es decir visualizar en una o dos pantallas ubicada en el mismo lugar los datos o registros de varios monitores individuales de signo vitales asignados a pacientes de un determinado ambiente o ambientes.

Este sistema de monitoreo central comprende el software del sistema de gran alcance y equipo de alto rendimiento para recopilar, procesar analizar y dar salida a la información procedente de los monitores de signos vitales y así promover en gran medida la eficiencia y la calidad de trabajo del monitoreo. (MINDRAY, 2018)

### **2.6.1. Monitoreo de pacientes UCI.**

La monitorización del paciente crítico es fundamental para lograr optimizar la hemodinámica, la ventilación, la temperatura, la nutrición y el metabolismo del paciente. La mayoría de las monitorizaciones se realizan sobre procedimientos invasivos como cateterización venosa central y periférica, abordaje arterial, sondajes nasogástricos y vesicales, para obtener información hemodinámica, ventilatoria y metabólica.

No obstante, también existen equipos tecnológicos especializados y nuevos algoritmos que pueden ayudar a obtener la mayor cantidad de variables y parámetros de manera no invasiva para lograr el mismo objetivo (Moreno Sasig y otros, 2021)

Entonces según lo mencionado el monitoreo es muy fundamental para la recuperación de los pacientes en Unidad de Cuidados Intensivos.

**Figura 3.****Central de Monitoreo – Monitores Multiparamétricos - Hospital del Niño****2.6.2. Monitoreo y videovigilancia en hospitales para el cuidado de pacientes.**

Entre los grandes retos que tienen los hospitales actualmente están el aumento del número de sus pacientes y las limitaciones de personal que les impiden monitorear físicamente a todos los casos graves y de alto riesgo (Swain, 2020).

Los sistemas de videovigilancia para hospitales son una solución tecnológica de fácil aplicación para hacer frente a esta problemática, ya que a través de cámaras de video es posible supervisar a varios pacientes desde un centro de enfermería (Swain, 2020).

En el caso concreto de la tecnología de videovigilancia, por ejemplo, el Hospital de Niños Nemours en Orlando, Florida, Estado Unidos, ha integrado cámaras IP que permiten que sus pacientes sean vigilados celosamente en todo momento (Swain, 2020).

## 2.7. Tipos de monitorización.

### 2.7.1. Monitorización cardíaca.

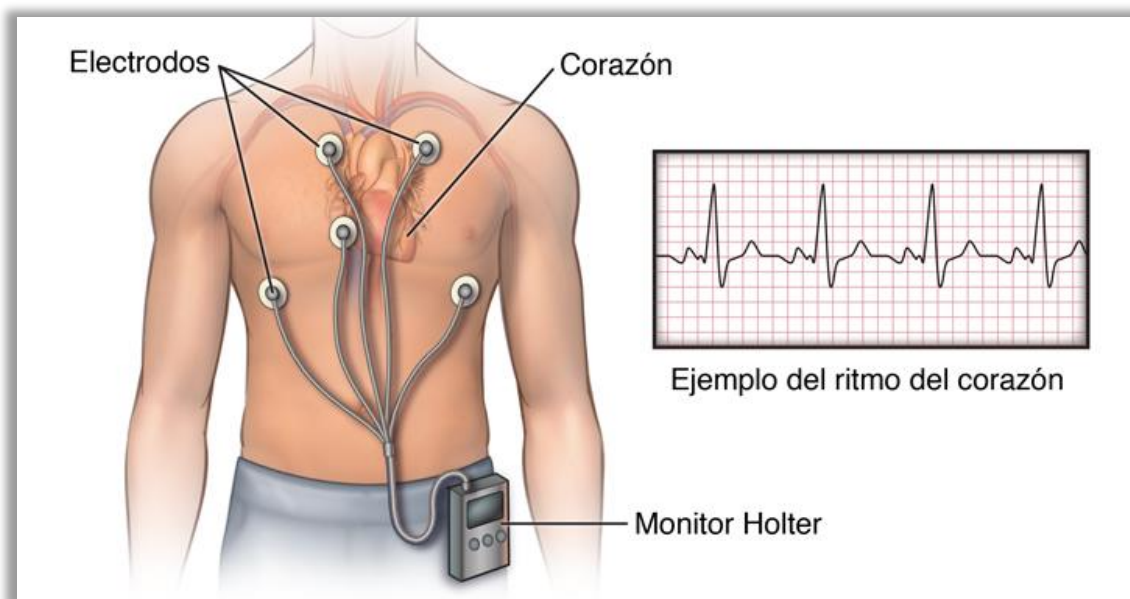
La monitorización cardíaca es un procedimiento no invasivo que permite, mediante señales auditivas y visuales, ver el ritmo y la frecuencia cardíaca de un paciente.

La actividad eléctrica que genera el corazón en cada ciclo cardíaco se transmite a través de los tejidos vecinos y de estos hasta la superficie de la piel.

Las diferentes ondas que forman el ciclo cardíaco se pueden visualizar y registrar en una hoja de papel milimetrado termosensible o en una pantalla osciloscópica, mediante unos electrodos y unos cables conductores que transmiten el ritmo cardíaco y sus posibles variaciones. El registro horizontal mide el tiempo (duración) y el vertical la intensidad (voltaje) del estímulo eléctrico (Rifa Ros y otros, 2020, p. 56).

#### **Figura 4.**

#### **Monitorización cardíaca**



*Nota: Obtenida de (stanfordchildrens, s.f.)*

Entonces según el autor, la actividad cardíaca se monitorea con tres electrodos y se transmite a una estación central a través de un transmisor, los sistemas automáticos alertan sobre anomalías y almacenan datos para una revisión futura.

## 2.8. Unidad de Neonatología.

La unidad de Neonatología es un área hospitalaria donde se prestan atención y cuidados al recién nacido. Interviene un equipo multidisciplinar, formado por pediatras especialistas (neonatólogos), el equipo de Enfermería en los que se encuentra el Técnico en Cuidados Auxiliares de Enfermería (TCAE) y, si la situación lo requiere, otros médicos especialistas (Ibañez Tejedor y otros, 2023).

### **Figura 5.**

#### ***Unidad de Neonatología - Hospital de la Mujer***



Es la sección del hospital que se encarga de la atención integral y cuidado del neonato o recién nacido, que garantiza la asistencia y reanimación en la sala de partos y quirófano, control de los pacientes internados en salas de puerperio, alojamiento conjunto y la atención de aquellos pacientes que tras su nacimiento presentan alteración, en su estado de salud, requiriendo internación para su cuidado especializado (Patiño Cossio y otros, 2019, p. 13).

### **2.8.1. Importancia de la temperatura en neonatología.**

El control de la temperatura es fundamental, ya que la respuesta al intento de termogénesis ante una baja de temperatura en el niño puede ser hipoxia, acidosis e hipoglucemia con lo que aumenta el riesgo del proceso quirúrgico al que habrá de enfrentarse (Ramírez, 1998, p. 58).

Entonces según Ramírez es esencial controlar cuidadosamente la temperatura en una incubadora para un recién nacido, ya que si la temperatura en la incubadora baja demasiado, el bebé podría enfrentar problemas graves como falta de oxígeno, acumulación de ácido en la sangre y bajos niveles de azúcar, lo que aumentaría el riesgo durante cualquier procedimiento quirúrgico que deba enfrentar en el futuro.

### **2.8.2. Importancia de la humedad en neonatología.**

La regulación térmica y el control de humedad son dos de los factores críticos para la correcta estabilidad de los bebés prematuros, ya que presentan algunas dificultades adicionales debido a que su piel es más delgada. Para aquellos que no alcanzaron la semana 37 de gestación, la cantidad de calor que se puede perder por el mecanismo de evaporación puede llegar a ser significativa: este fenómeno es conocido como PTEA y ocurre bajo la forma de pérdidas insensibles de agua (Redacción Hightech, 2023).

Entonces según la fuente mencionada la regulación térmica y el control de humedad

son esenciales para la adecuada estabilidad de los bebés prematuros, ya que, debido a su piel más delgada, pueden experimentar desafíos adicionales en este aspecto. Para aquellos que nacieron antes de la semana 37 de gestación, el mantenimiento adecuado de la humedad es especialmente importante para crear un ambiente propicio para su desarrollo.

## **2.9. Incubadora.**

La incubadora neonatal es un dispositivo médico, cuya finalidad es generar un ambiente adecuado para el desarrollo de un recién nacido. Se usa principalmente en bebés prematuros, ya que aún dependen del vientre materno para poder vivir, debido a que no han podido seguir en el vientre materno, se simula un ambiente parecido (Castrillón, 2005).

### ***Figura 6.***

#### ***Equipo Médico - Incubadora Neonatal***





Una incubadora neonatal es un dispositivo médico utilizado principalmente para generar un ambiente en el que se controlan diferentes variables importantes para el desarrollo de los recién nacidos. La necesidad de las incubadoras neonatales surgió debido a los constantes partos de bebés prematuros, los cuales, sin un medio adecuado que simule el vientre de su madre, corren el riesgo de no morir (Patiño, 2007).

Según los autores mencionados una incubadora neonatal es un equipo médico diseñado para crear un entorno óptimo que brinde las condiciones vitales necesarias para el desarrollo de recién nacidos, especialmente aquellos que han llegado al mundo de manera prematura y aún dependen del entorno materno para su supervivencia. Este dispositivo imita un ambiente similar al útero materno, proporcionando la temperatura y humedad adecuadas para asegurar el bienestar de los bebés en sus primeros momentos de vida.

**Figura 7.**

**Equipo Médico - Incubadora Neonatal**



### **2.9.1. Características.**

- Alojamiento de neonatos de menos de 2.7 Kg. al nacer.
- Concentrar el calor.
- Tener doble pared en caso de neonatos de menos de 1500 gr.
- Poseer fuente de oxígeno.
- Tener un sistema de control de temperatura de interior y de piel del neonato, a ser posible que tenga función de servo control (programa incrementos de subida y bajada de temperatura respecto a la temperatura de piel del neonato)
- Poseer un sistema de humidificación del ambiente (se aconseja ambientes humidificados al 50%).

### **2.9.2. Clasificaciones incubadoras neonatales.**

#### **2.9.2.1. Incubadoras Estacionarias.**

Las incubadoras estacionarias que como su nombre lo dice permanecen de forma estacionaria en unidades de sala de partos, quirófanos obstétricos, áreas de neonatología y unidades de cuidados intensivos neonatales (Rodríguez F. , 2023).

#### **Figura 8.**

#### **Equipo Médico - Incubadora Neonatal Estacionaria**



### 2.9.2.2. Incubadoras de Traslado.

Este tipo de incubadora es más compacto y ligero a fin de facilitar su movilidad y manejo para transportar neonatos en ambulancias, a salas de quirófanos, salas de rayos X, tomografías, resonancia magnética, entre otras. En la actualidad estas incubadoras se incluyen dentro de su panel de control de mecánicas artificiales para el transporte de neonatos en estado crítico (Rodríguez F. , 2023).

#### **Figura 9.**

#### **Equipo Médico - Incubadora Neonatal de traslado**



### 2.9.3. Partes o Componentes de una Incubadora Neonatal.

- Compartimiento para el paciente.
- Cámara transparente.
- Colchón.

- Plataforma.
- Base de rodante.
- Módulo de control, de parámetros como la temperatura, humedad y oxígeno.
- Gabinetes.

**Figura 10.**

**Equipo médico - Componentes de una Incubadora Neonatal**



A continuación, desarrollaremos partes algunas partes de la incubadora.

- **Cámara de material transparente:** Dentro del cual, se coloca al neonato y donde se genera un microclima controlado.
- **Colchón:** Sobre él se acuesta al recién nacido.
- **Gabinete:** Son estructuras que sirven para el resguardo de material necesario en el cuidado del neonato.
- **Módulo de control de temperatura:** A través de este panel de control se opera y monitoriza el funcionamiento de la incubadora.
- **Humidificador.** Son depósitos o reservorios de agua para controlar la humedad relativa al ambiente en la incubadora.

- **Puerto o entrada para suministro de oxígeno.** A través de este fijamos la fracción inspirada de oxígeno deseada dentro de la incubadora.
- **Control de alarmas.** Estas son audibles y visibles, y tiene como fin, aumentando la seguridad del paciente (Rodríguez F. , 2023).

#### **2.9.4. El control de temperatura en las Incubadoras.**

- **Modo control de temperatura del aire:** El enfermero o médico determina un valor de temperatura del aire en el interior de la incubadora denominado de control o también puede llamarlo de referencia. Una vez establecido este valor de temperatura a través de sensores el sistema de calentamiento funcionará para que la temperatura del interior alcance el valor de referencia por el operador (Rodríguez F. , 2023).
- **Modo control de temperatura de la piel del recién nacido:** A través de un sensor de temperatura corporal que se conecta a la piel del nacido, la incubadora mide constantemente la temperatura corporal del neonato, a su vez el operador establece un valor de temperatura referencial de la piel del paciente; a través de sensores de temperatura ambiente está en funcionamiento hasta el final de la temperatura que el paciente alcance la temperatura deseada programada por el operador (temperatura de equilibrio) (Rodríguez F. , 2023).

#### **2.9.5. El funcionamiento de la Incubadora**

Las incubadoras generan calor por medio del flujo de aire caliente, cayendo al recién nacido a través del mecanismo de convección. Para la generación de esta caloría cuenta con sistemas de calefacción y humidificación localizado bajo el compartimento de la incubadora (Rodríguez F. , 2023).

El aire dentro de la incubadora circula gracias a una turbina o ventilador que lo toma del exterior, pasando por un sistema de filtros y de un calefactor pasando por un depósito de agua cuyo objetivo es humedecer el aire antes de impulsarlo hacia el interior de donde se encuentra el paciente (Rodríguez F. , 2023).

Las incubadoras son una herramienta muy importante para cuidar a los bebés prematuros o enfermos. Gracias a ellas, estos pequeños pueden tener un ambiente similar al que tenían dentro del vientre de su mamá y pueden crecer y desarrollarse de forma saludable.

### 2.9.6. Controles de la incubadora

**Figura 11.**

**Control de incubadora neonatal Modelo 1186 – FANEM**



#### **Funciones principales:**

Control preciso de la temperatura: La incubadora tiene dos controladores de temperatura:

- Modo ATC (control de temperatura del aire): mantiene la temperatura del aire en la incubadora en un valor definido por el usuario.
- Modo ITC (control de temperatura de la piel): mantiene la temperatura de la piel del bebé en un valor definido por el usuario, utilizando sensores para monitorear

y ajustar la temperatura del aire en consecuencia.

- Humedad: Algunos modelos tienen humedad activa para mantener niveles de humedad óptimos para la respiración y la piel del bebé.
- Terapia de oxígeno: Se puede instalar un sistema de oxigenoterapia en la incubadora, que suministra oxígeno al bebé si es necesario.
- Alarmas: La incubadora tiene alarmas que alertan al personal médico sobre cualquier problema, como fluctuaciones de temperatura, niveles bajos de oxígeno o mal funcionamiento del equipo.

## **2.10. Neonato**

Definimos como neonato vivo, a todo niño que presenta alguna señal de vida al nacer y se consideran neonatos fallecidos solo aquellos mayores de 500 g de peso de nacimiento (Cannizzaro & Paladino, 2018).

Clasificamos al neonato según la edad gestacional al nacer en:

- Neonato de término: aquellos que nacen entre las 38 y 42 semanas de gestación.
- Neonato pretérmino (prematureo): aquellos nacidos antes de las 38 semanas de gestación.
- Neonato posttérmino: aquellos que nacen luego de las 42 semanas de gestación.

Un recién nacido prematuro es aquel que nace antes de completar la semana 37 de gestación, siendo la gestación una variable fisiológica fijada en 280 días, más menos 15 días.

El término pretérmino no implica valoración de madurez, como lo hace prematuro, aunque en la práctica ambos términos se usan indistintamente (Rodríguez y otros, 2008).

Según (Rodríguez y otros, 2008). un bebé prematuro es aquel que llega al mundo antes de completar las 37 semanas de embarazo. Aunque la duración típica de un embarazo se considera 280 días, más o menos 15 días, el término "prematuro" simplemente significa que el bebé nació antes de tiempo, sin evaluar necesariamente su madurez. En la práctica, a menudo se utilizan indistintamente los términos "prematuro" y "pre-término".

### **2.10.1. Tipos de Neonatos que Requieren Cuidados en Incubadoras Neonatales**

- **Prematuros:** Los bebés prematuros son los que nacen con menos de 37 semanas de gestación. Lo que significa que el bebé recién nacido no está totalmente maduro para comenzar la vida extrauterina por lo que necesita cuidados especiales (Secretaría Nacional de Niñez, Adolescencia y familia, 2020).

El niño prematuro nace con una inmadurez de sus órganos repercutiendo este hecho principalmente en tres funciones corporales: el control de la temperatura, la respiración y la alimentación. El bebé prematuro necesita apoyo para poder sobrevivir fuera del útero materno, siendo necesario su ingreso en una unidad específica del hospital (Osakidetza, 2023).

Según los autores mencionados los bebés que nacen antes de las 37 semanas de gestación suelen necesitar cuidados en una incubadora debido a la inmadurez de sus sistemas orgánicos, especialmente los pulmones.

- **Bebés con Bajo Peso al Nacer:** Recién nacido (RN) de bajo peso (BP), ha sido definido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como el peso al nacer de menos de 2,500gr. Puede presentarse con retardo del crecimiento intrauterino y parto



pretérmino Los infantes que pesan menos de 2,500gr, son aproximadamente 20 veces más propensos a morir y tienen mayor morbilidad que los de mayor peso (Licona, 2008).

Según Licona los bebés que nacen con un peso inferior al normal, independientemente de su término de gestación, pueden necesitar cuidados en una incubadora para garantizar su crecimiento y desarrollo adecuados.

- ***Bebés con Problemas Respiratorios:*** Los eventos de la vida fetal y postnatal temprana influyen en la salud respiratoria del niño y también en la del adulto. El desarrollo alveolar es un fenómeno principalmente postnatal y las posibles injurias que afecten al feto o recién nacido, sin duda van a afectar este proceso. A los recién nacidos pretérmino con frecuencia se le somete a ventilación mecánica y administración de oxígeno, terapias que pueden salvar sus vidas, pero que al mismo tiempo pueden provocar un daño pulmonar (Bettrand, 2001, p. 21).

Según el autor mencionado los bebés que tienen dificultades para respirar al nacer debido a problemas afecciones pulmonares fenómeno principalmente postnatal.

- ***Bebés con Problemas Cardíacos:*** Los bebés con defectos cardíacos se cansan con facilidad y sus corazones consumen más energía, lo que deja menos calorías para el crecimiento. Aunque estos bebés pueden aumentar de peso lentamente, las investigaciones han demostrado que los bebés con problemas cardíacos amamantados crecen tan bien como los que son alimentados con leche de fórmula. De hecho, conservan más energía durante la lactancia que durante la alimentación con biberón. Necesitan tomas pequeñas y frecuentes, mucho ánimo y paciencia. Si se necesitan suplementos, la leche materna con alto contenido en grasa de la madre se puede administrar en el pecho con un sistema de nutrición suplementaria, con una taza

o con una jeringuilla (Sears, 2019, p. 156).

- ***Bebés con Problemas de Regulación de la Temperatura:*** Como se puede apreciar, nacer prematuramente significa para el bebé la pérdida de la posibilidad de mantener la temperatura corporal que ofrece el útero de su madre, de mantener el oxígeno y alimento necesarios para su supervivencia, la posibilidad de dominar su cuerpo en el líquido amniótico que le facilita no solo la movilidad sino la sensación de ingravidez; no tener los sonidos y estímulos sensoriales atenuados por el filtro de las paredes intrauterinas y líquido amniótico.

Esta inmadurez, fragilidad y vulnerabilidad del bebé prematuro nos interroga sobre el lugar adecuado en el que él pueda continuar su desarrollo con las condiciones necesarias tanto en el plano de su organismo como del investimento afectivo, donde madre y bebé puedan sentirse, vivirse, reconocerse el uno en el otro (Villalobos, 2018, p. 36).

- ***Bebés con Problemas de Alimentación:*** Cuanto más prematuro es un bebé, más difícil es su alimentación, ya que los reflejos necesarios no se han desarrollado todavía. Si, por ejemplo, un bebé nace con un mes de adelanto, es de esperar que su alimentación sea un problema hasta que no alcance las cuatro semanas de vida. Si el bebé nace con más de seis semanas de adelanto tendrá que recibir el alimento mediante una sonda por un corto período de tiempo. Vomitar y regurgitar las tomas es, de hecho, muy habitual en los niños prematuros y se requiere normalmente mucho tiempo y destreza para poder aguantar estas primeras semanas. Todos los que estén relacionados con el bebé deberán emplear todo su tiempo. Sin embargo, no hay ninguna razón para que estos problemas alimenticios continúen después de las primeras semanas, a menos que existan otras causas que los provoquen (Pearce,

2000, pág. 23).

Por supuesto, no hay nada más que se pueda hacer con respecto al hecho de ser prematuro, pero puede ser útil dar pequeñas cantidades de comida más a menudo. Es probable que haya que alimentar a algunos bebés cada dos horas al principio (Pearce, 2000).

- ***Bebés con Afecciones Genéticas o Metabólicas:*** De acuerdo a la investigación los bebés que nacen con afecciones genéticas o metabólicas pueden requerir una atención especializada en una incubadora.

## 2.11. Temperatura

La Termodinámica es el estudio de la temperatura, el calor y el intercambio de energía. Tiene aplicación práctica en todas las ramas de la Ciencia y de la Ingeniería, así como en todos los aspectos de nuestra vida cotidiana, desde el tiempo atmosférico hasta la cocina.

La temperatura la conocemos como una medida de lo caliente o lo frío y de manera más precisa, es una medida de la energía cinética molecular interna media de un objeto o sustancia. Sin embargo, la definición y determinación de la temperatura es mucho más sutil de lo que pudiéramos esperar (Tipler, 2006).

La temperatura es una medida de la energía mecánica de traslación media de las moléculas de una sustancia. La escala de temperatura que más directamente caracteriza la energía es la escala Kelvin, cuyo origen es el cero absoluto (Kane & Sherheim, 2007, p. 79).

Desde el punto de vista del autor mencionado. Cabe recalcar que la temperatura es una medida que indica cuán caliente o frío está algo. Se relaciona con la energía cinética de las partículas en un objeto o un entorno. Cuando las partículas se mueven rápidamente, la

temperatura es alta, y cuando se mueven más lentamente, la temperatura es baja.

### **2.11.1. Escalas de la temperatura**

- **Celsius:** La escala del astrónomo Anders Celsius, simbolizado como °C, se sirve del agua como referencia. En 1742, él marcó como 0 °C el punto de congelación del agua, y 100 °C como su punto de ebullición. Todas las demás temperaturas se calculan tomando en cuenta este baremo (Rhoton, 2023).

Debido a esto, el cero absoluto en grados Celsius es de -273,15 °C.

- **Fahrenheit:** Los grados Fahrenheit, representados como °F, son una unidad de medida de temperatura utilizada en muy pocos países, como Estados Unidos y Bahamas. Esta escala fue propuesta por el físico Daniel Gabriel Fahrenheit en 1724 (Rhoton, 2023).

Como punto de partida, se estableció:

- 0 °F como el punto de congelación de una solución con agua, hielo y cloruro de amonio (NH<sub>4</sub>Cl);
  - 32 °F como el punto de congelación del agua al nivel del mar;
  - 96 °F como la temperatura corporal;
  - 212 °F como el punto de ebullición del agua.
- **Kelvin:** El físico William Thomson, conocido como Lord Kelvin, propuso una escala absoluta fundamentada en principios termodinámicos. Calculó el cero absoluto, el cual utilizó como punto de partida para su escala, y se sirvió de los mismos incrementos de temperatura que los grados Celsius. En consecuencia, estableció que el punto de congelación del agua al nivel del mar es 273,15 K (Rhoton, 2023).

## 2.12. Temperatura corporal

La temperatura corporal es el resultado del equilibrio entre el calor producido y el calor perdido. Si se rompe ese equilibrio, la temperatura sube o baja del valor normal. Pero el cuerpo tiene un sistema de termorregulación. El centro de control de la temperatura corporal se encuentra en el hipotálamo, dentro del cráneo. El hipotálamo es como un termostato que acciona los mecanismos para equilibrar el calor. Si nuestra temperatura sube: empezamos a sudar, nos entra sed, los vasos sanguíneos se hacen más anchos (para disipar más calor) y respiramos más intensamente. Si la temperatura baja: tiritamos (para producir calor por movimiento) y los vasos sanguíneos se encogen (Guirao, 2020).

La temperatura corporal es el equilibrio entre el calor producido y el que pierde el organismo.

La temperatura superficial del cuerpo varía con los cambios ambientales, y el ser humano ha aprendido a protegerse lo mismo del calor que del frío; además ha desarrollado la capacidad para modificar su ambiente inmediato, con el fin de obtener la temperatura ambiental más cómoda. Respecto a la temperatura interna o central del cuerpo, las células requieren una temperatura corporal relativamente constante para que funcionen eficazmente. Si ésta se descompensa en extremo puede sobrevenir la muerte.

El calor es producido por el cuerpo en forma constante a través del metabolismo de los alimentos y, especialmente, por la actividad celular de los músculos y de las glándulas secretoras, el ejercicio, los temblores y la tensión inconsciente de los músculos también lo producen. Algunas enfermedades pueden aumentar o disminuir la temperatura corporal.

La piel es el órgano responsable de mantener la temperatura a nivel óptimo mediante la evaporación y la respiración.

Por lo general, los mecanismos de regulación del calor corporal conservan un equilibrio preciso entre su producción y pérdida. En esta forma se preserva la temperatura interna dentro de un margen muy estrecho, que no suele variar más de un grado en un día. El sistema de regulación del calor es uno de los mecanismos homeostáticos más importantes del cuerpo.

La elevación de la temperatura es uno de los signos principales de enfermedad, y con frecuencia, una de las primeras indicaciones observables de alteración de la función termorreguladora.

La conservación de una temperatura mayor que la normal impone mucho esfuerzo a los mecanismos de adaptación del cuerpo y causa, por lo tanto, gran debilidad. El problema de la hipotermia (temperatura corporal baja) se debe, en la mayoría de los casos, a la exposición prolongada a una temperatura ambiental fría. por lo que se le debe dar cada vez mayor atención.

Durante siglos se han utilizado aplicaciones de calor y frío, tanto en el hospital como en el hogar, para tratar diversos trastornos del cuerpo humano. Ambos tienen efectos sistémicos o locales en los tejidos corporales y aún se utilizan con frecuencia como medios terapéuticos (Ledesma, 2004, p. 275).

Desde el punto de vista de los autores la temperatura corporal es un equilibrio entre el calor producido y el calor perdido.

***“Un sistema especial en tu cerebro regula la temperatura corporal. El cuerpo tiene mecanismos para combatir el calor y el frío”***

**Figura 12.**

**Toma de temperatura Corporal Neonatal**



*Nota: Obtenida de (Cuidados tiernos, 2012)*

### **2.13. Humedad**

Humedad. Humidificación. Es el proceso de agregar humedad de manera artificial sobre la que se encuentra en el ambiente, el término comúnmente utilizado para la humedad proporcionada por una incubadora es humedad relativa. Existe cierta renuencia en utilizar la humedad relativa en el manejo de los RN debido a los problemas en la limpieza y la regulación de la humedad junto con el riesgo de infección. El método más común de humidificación es el sistema integrado pasivo, que consiste en un reservorio de agua ubicado en la bandeja del colchón sobre el cual pasa el flujo de aire. La humedad se evapora hacia el flujo del aire que circula en la incubadora, es un procedimiento simple y de bajo costo, pero no permite los aportes estables de humedad, no se logran altas concentraciones y es difícil de limpiar sin molestar al RN (Zamorano Jiménez y otros, 2012).

La humedad es la cantidad de vapor de agua que contiene el aire. Esa cantidad no es constante, sino que dependerá de diversos factores, como si ha llovido recientemente, si estamos cerca del mar, si hay plantas, etc (Rodriguez & Argueda, 2004, p. 7).

Existen diversas maneras de referirnos al contenido de humedad en la atmósfera:

- Humedad absoluta: masa de vapor de agua, en gramos, contenida en  $1m^3$  de aire seco.
- Humedad específica: masa de vapor de agua, en gramos, contenida en 1 kg de aire.
- Razón de mezcla: masa de vapor de agua, en gramos, que hay en 1 kg de aire seco (Rodriguez & Argueda, 2004).

La humedad es la cantidad de vapor de agua que contiene el aire. Esa cantidad no es constante, sino que dependerá de diversos factores, como si ha llovido recientemente, si estamos cerca del mar, si hay plantas, etc. Juega un papel muy importante en la formación de las nubes; de hecho, de no haber vapor de agua éstas no se podrían formar (Corea, 2014).

La humedad es una propiedad que describe el contenido de vapor de agua presente en un gas, el cual se puede expresar en términos de varias magnitudes. Algunas de ellas se pueden medir directamente y otras se pueden calcular a partir de magnitudes medidas (CENAM, 2023).

Entonces según los autores mencionados la humedad en el aire es la cantidad de vapor de agua presente en él, y esta cantidad varía debido a factores como la lluvia reciente, la proximidad al mar o la vegetación circundante. Este factor desempeña un papel crucial en la formación de nubes, ya que, sin vapor de agua, las nubes no podrían desarrollarse.



## 2.14. Datos estándares del paciente neonatal dentro de una incubadora

- **Temperatura corporal (36.5 °C - 37.5 °C):** La temperatura corporal normal de un recién nacido es de 36.5-37.5°C. Esta es la temperatura que debe mantenerse día y noche. Una temperatura corporal por debajo de 36.5°C se considera hipotermia en el recién nacido. (OMS, 1997, p. 5)
- **Temperatura cúpula (32 °C – 35 °C):** La temperatura de la incubadora generalmente se ajusta entre 32°C y 35°C, dependiendo de la edad y el peso del bebé. El objetivo es mantener la temperatura corporal del recién nacido dentro del rango normal de 36.5°C a 37.5°C. La temperatura de la incubadora debe ajustarse según sea necesario para lograr este objetivo, teniendo en cuenta factores como la edad gestacional, el peso al nacer y el estado clínico del bebé. (Kliegman & Geme III, 2016, p. 818)
- **Humedad cúpula (40% - 60%, hasta 70%-80% en prematuros):** La humedad relativa en la incubadora debe mantenerse entre 40% y 60% para recién nacidos a término, y puede aumentarse hasta 70-80% para prematuros extremos. Una humedad adecuada ayuda a prevenir la pérdida excesiva de agua por evaporación, especialmente en bebés muy prematuros cuya piel es altamente permeable. Sin embargo, es importante monitorear cuidadosamente la humedad, ya que niveles excesivamente altos pueden promover el crecimiento bacteriano. (Lee Gardner y otros, 2020, p. 102)

## 2.15. Metodologías

### 2.15.1. Método Científico

La investigación científica consta de dos partes, a saber:

La investigación como parte del proceso (metodología); la cual nos indica cómo realizar una investigación dado un problema, es decir, qué pasos se deben seguir para lograr la aplicación de las etapas del método científico a una determinada investigación ( A & Rodríguez , 2005, p. 19).

La investigación como parte formal (reporte), esta es más mecánica; hace relación de la manera como se debe presentar el resultado final de la investigación, lo que comúnmente llamamos el Informe de la Investigación ( A & Rodríguez , 2005, p. 19).

Roberto Hernández Sampieri (2006) argumenta que la investigación científica es una de las herramientas que permite conocer todo lo que nos rodea, por lo que sus características primordiales son: universal, sistemática, controlada, empírica y crítica (Pereyra, 2020, p. 19).

Tuvieron que pasar muchos siglos para que la comunidad científica lograra obtener nociones más claras para su definición. Ahora podemos afirmar que la investigación científica se define como una actividad encaminada a la solución de problemas. Su objetivo consiste en hallar respuestas a preguntas mediante procesos científicos. También permite responder a los conflictos que se presentan en la vida cotidiana, a partir de procesos claros y sistemáticos que conducen a formar hipótesis para la solución de problemas. Implica la búsqueda de nuevas relaciones entre elementos ya conocidos y otros novedosos, dentro del cuerpo de nuestros saberes. En otras palabras, fomenta la generación de conocimiento (Pereyra, 2020, p. 19).

### **2.15.2. Características del método científico**

Esta herramienta científica cuenta con algunas de las particularidades, como el ser:

- Refutable: sus hallazgos deben poder rebatirse y modificarse si aparecen nuevas evidencias con el paso del tiempo.
- Reproducible: cualquier persona, en cualquier lugar, tiene que ser capaz de obtener

los mismos resultados si la prueba se realiza de la misma forma.

- **Objetivo:** se consagra a los hechos verídicos, sin importar la creencia del investigador.
- **Racional:** busca una explicación a las cosas y constituye la base de principios y leyes científicas.
- **Sistemático:** su aplicación tiene un orden y una jerarquía.
- **Fáctico:** parte siempre de la realidad (Deman, 2023).

### **2.15.3. Pasos del método científico**

- **Observación:** Consiste en encontrar el tema relevante que se quiere observar o comprender y merece ser objeto de investigación para recoger datos de la realidad. En esta parte del proceso, se debe llevar a cabo un examen riguroso y atento de los hechos. Todo lo percibido se recopilará para su ulterior estudio (Deman, 2023).
- **Planteamiento del problema:** A partir de los datos recopilados durante la etapa de la observación el investigador planteará la pregunta o cuestión que quiere resolver (Deman, 2023).
- **Hipótesis:** El tercero de los pasos del método científico consiste en realizar una proposición que permita dar respuesta a la cuestión planteada originalmente. Básicamente es una suposición, la cual será aceptada o rechazada en un futuro (Deman, 2023).
- **Experimentación:** En esta etapa se busca demostrar o refutar la hipótesis por medio de uno o varios experimentos, tomando en cuenta los elementos que hay a su disposición. Se trata de simular el fenómeno estudiado de forma específica para ver su evolución (Deman, 2023).

- **Análisis:** Este es un paso intermedio en el que anotan y analizan todos los datos obtenidos durante la experimentación, con el objetivo de facilitar su comprensión. Para resumir y presentar la información se realizan cálculos, gráficos, resúmenes y/o tablas (Deman, 2023).
- **Conclusión:** Una vez recopilada toda la información de forma comprensible se expondrán todas las conclusiones y se procederá a redactar la teoría correspondiente o exponer la respuesta del problema (Deman, 2023).

#### **2.15.4. Técnica de investigación: Investigación cuantitativa**

El enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase.

Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones (Hernández Sampieri y otros, 2014, p. 4).

##### **2.15.4.1. Experimental**

Investigación experimental. La investigación experimental es una investigación objetiva, sistemática y controlada con el propósito de predecir y controlar los fenómenos y examinar la probabilidad y causalidad entre las variables seleccionadas.

La investigación experimental más sencilla incluye dos variables y dos grupos de participantes: Las dos variables (variables dependientes versus variables independientes) el

IV es la variable de predicción, mientras que DV es la variable del resultado. Los investigadores manipulan y controlan la IV para estudiar su efecto en la DV.

Los dos grupos de participantes (control vs experimental): antes de comenzar el experimento, el investigador asigna aleatoriamente su muestra a dos grupos distintos: el grupo de control y el experimental. El grupo de control no recibe manipulación del IV (sin tratamiento), mientras que el grupo experimental recibe la manipulación de IV (A & Rodríguez, 2005, p. 24).

#### **2.15.4.1.1. Características del diseño experimental**

- **Manipulación de Variables:** La variable independiente es manipulada por el investigador para observar su efecto sobre la variable dependiente. Esta manipulación puede incluir la introducción de un tratamiento o intervención específica.
- **Control de Variables Extrañas:** Para asegurar que los resultados observados son atribuibles únicamente a la manipulación de la variable independiente, es crucial controlar las variables extrañas que podrían influir en los resultados. Esto se logra mediante diversas técnicas como la asignación aleatoria y el uso de grupos de control.
- **Asignación Aleatoria:** Los participantes son asignados aleatoriamente a los diferentes grupos experimentales (por ejemplo, grupo experimental y grupo de control) para asegurar que cualquier diferencia observada entre los grupos se deba a la manipulación de la variable independiente y no a otras diferencias preexistentes.
- **Validez Interna y Externa:** La validez interna se refiere a la capacidad del diseño experimental para establecer una relación causal entre las variables

independientes y dependientes. La validez externa se refiere a la generalizabilidad de los resultados a otros contextos y poblaciones.

- **Replicabilidad:** Los experimentos deben diseñarse de tal manera que puedan ser replicados por otros investigadores, lo que es fundamental para la verificación de los resultados y la construcción de un cuerpo de conocimiento confiable.

#### 2.15.4.1.2. Tipos de diseños experimentales

- **Diseño Preexperimental:** Este diseño carece de control adecuado sobre las variables extrañas y, por lo tanto, tiene menor validez interna. Un ejemplo común es el diseño de un solo grupo con preprueba y posprueba.
- **Diseño Cuasiexperimental:** Estudia las relaciones causa efecto, pero no bajo estricto control de las variables. Es muy útil para estudios sociales. Este tipo de diseño permite la manipulación de al menos una variable independiente para observar el efecto que causa o la relación que posee sobre una o más variables dependientes (Pereyra, 2020, p. 27).
- **Diseño Experimental Verdadero:** Este es el diseño más riguroso y confiable, ya que emplea la asignación aleatoria y el control estricto de variables. Ejemplos incluyen el diseño de grupo control aleatorio y el diseño factorial.

#### 2.15.4.2. Análisis estadístico

El análisis estadístico mediante la prueba T de Student es una técnica cuantitativa utilizada para determinar si existe una diferencia significativa entre las medias de dos grupos. Esta prueba es esencial en la investigación cuando se desea comparar los resultados de dos muestras y evaluar si las diferencias observadas son estadísticamente significativas o se

deben al azar.

#### 2.15.4.2.1. Tipos de pruebas T de Student

- **Prueba t para muestras independientes:** Se utiliza cuando se comparan las medias de dos grupos independientes entre sí. Por ejemplo, comparar el rendimiento académico de estudiantes de dos métodos de enseñanza diferentes. Esta prueba asume que las varianzas de las dos poblaciones son iguales (homogeneidad de varianzas).
- **Prueba t para muestras relacionadas:** También conocida como prueba t para muestras emparejadas, se usa cuando se comparan dos medidas tomadas de los mismos sujetos. Un ejemplo típico sería medir el rendimiento de los estudiantes antes y después de un curso intensivo.
- **Prueba t para una muestra:** Se aplica cuando se compara la media de una sola muestra con un valor de referencia o una media conocida de la población.

#### 2.15.4.2.2. Supuestos de la prueba T de Student

Para que la prueba t sea válida, deben cumplirse ciertos supuestos:

- **Normalidad:** Los datos deben seguir una distribución aproximadamente normal. Este supuesto es especialmente importante para muestras pequeñas. Para muestras grandes, la prueba t es robusta contra violaciones de esta suposición debido al teorema del límite central.
- **Homogeneidad de Varianzas:** Las varianzas de los dos grupos comparados deben ser aproximadamente iguales. Este supuesto se puede verificar con la prueba de Levene.

- **Independencia:** Las observaciones deben ser independientes entre sí. Esto significa que no debe haber una relación entre las observaciones dentro de cada grupo.

## 2.16. Método de Ingeniería

### 2.16.1. Metodología IWEB

Según Texier & Bermúdez IWeb demanda un proceso de software incremental y evolutivo. Pressman también señala que el modelo en las primeras versiones puede ser un modelo en papel o un prototipo, y durante las últimas iteraciones se producen versiones cada vez más completas del sistema diseñado (Molina Ríos y otros, 2018).

La IWeb se divide en un número de actividades estructurales, también llamadas regiones de tareas. Generalmente, existen entre tres y seis regiones de tareas, las cuales no necesariamente se deben aplicar todas por cada iteración". IWeb es una metodología que se enfoca en la creación de aplicación y sistemas Web de alta calidad, basándose en principios científicos de ingeniería. Dichas aplicaciones hacen posible el acceso desde ordenadores remotos (Molina Ríos y otros, 2018).

- **Formulación.** En la etapa de Formulación se identifican las metas y los objetivos del sistema, estableciendo de este modo la motivación del desarrollo del sistema, su importancia y los usuarios potenciales (Pressman, 2010).
- **Planificación.** En la etapa de planificación, se estima el costo global del proyecto y se evalúan los riesgos asociados con el esfuerzo del desarrollo, y se define una planificación del desarrollo muy detallada para el incremento final de la aplicación. De esta manera la planificación para los incrementos siguientes es más específica (Pressman, 2010).



- **Análisis.** En esta etapa se establecen los requisitos técnicos y de diseño, e identificación de los elementos de contenido que se van a incorporar. Durante esta etapa se realizan cuatro tipos de análisis diferentes (Pressman, 2010).
  - **Análisis del contenido:** Se identifica el aspecto completo del contenido que se va a proporcionar, este contenido incluye datos de texto, gráficos, imágenes, videos y sonido, utilizando un modelado de datos (Pressman, 2010).
  - **Análisis de la interacción:** Se trata de la descripción detallada de la interacción del usuario, a través de casos de uso prácticos.
  - **Análisis funcional:** Los casos de uso descritos en el análisis anterior, definen operaciones y funciones que se aplican al contenido del sistema, las cuales se detallan.
  - **Análisis de la configuración:** Se realiza una descripción detallada del entorno y de la infraestructura del sistema.
  
- **Ingeniería.** En esta etapa se realizan las tareas diseño del contenido y producción, en paralelo con los diseños arquitectónicos, navegación e interfaz (Pressman, 2010).
  - **Diseño arquitectónico:** Este diseño se realiza en paralelo con el diseño del contenido, en los cuales se centra en el diseño de la estructura global del sistema, así como en las configuraciones del diseño y plantillas.
  - **Diseño de navegación:** Se identifica la semántica y la sintaxis de la navegación, identificando los diferentes perfiles que se establecieron y que navegación tiene cada uno de ellos.
  - **Diseño de la interfaz:** En este diseño se realizan todos los ajustes para que la interfaz de usuario sea la ideal, evitando factores como que el usuario abandone

el sitio web, el tamaño del texto, etc.

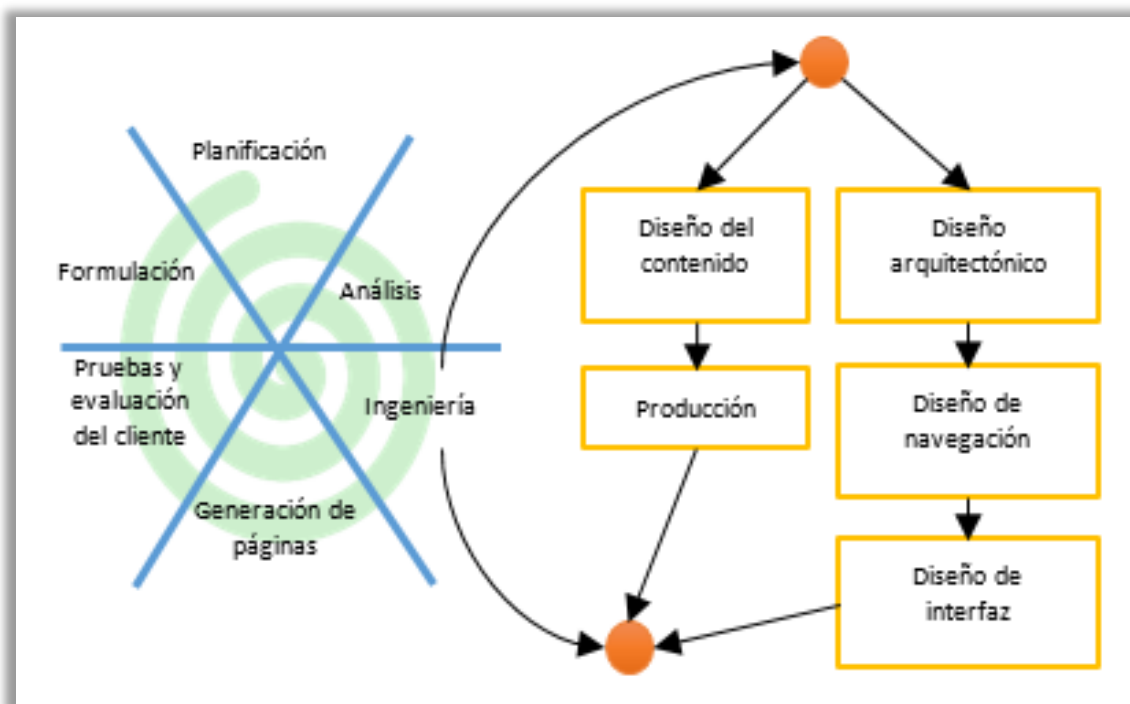
- **Diseño del contenido y de la producción:** Son tareas que se llevan a cabo por personas no técnicas, el propósito de éste, es el de diseñar o adquirir todo el contenido de texto, gráfico, imágenes y video que se van a utilizar en el sistema (Pressman, 2010).
- **Generación de páginas.** En esta etapa se realiza la construcción haciendo uso de las herramientas para el desarrollo de aplicaciones web, sistemas y se asocia con el diseño arquitectónico, de navegación y de interfaz para la elaboración de web dinámicas (Pressman, 2010).
- **Pruebas.** En esta etapa se busca descubrir errores y ayuda a asegurar que la aplicación web funcionará correctamente en diferentes entornos. Para esto se hace uso de estrategias y técnicas que hayan sido recomendadas para otros sistemas (Pressman, 2010).
  - El modelo del contenido, es una prueba que se realiza para detectar errores ortográficos.
  - El modelo del diseño, es revisado para descubrir errores en la navegación, en este caso se proponen escenarios para descubrir los posibles errores.
  - Las pruebas de unidad se realizan a cada página para encontrar errores más específicos.
  - Las pruebas de integración, evalúan la estructura que se definió en la arquitectura que se haya elegido para el sistema.
  - Unas pruebas comunes son las de validación, las cuales se basan en casos prácticos proporcionando escenarios con una probabilidad alta de cubrir todos

los errores.

- En las pruebas de compatibilidad y configuración, se definen todas las posibles plataformas de hardware para los navegadores donde se visualizará el sistema y los protocolos de comunicación.
- Las pruebas de control y monitorización se aplican a todos los usuarios posibles del sistema y se evalúan los resultados de su interacción con el sistema.
- Evaluación del cliente. En esta etapa es donde se realizan todas las correcciones y cambios que se detectaron en la etapa de pruebas y se integran al sistema para el siguiente incremento, de tal modo que se asegure la satisfacción por parte del cliente, según los requerimientos solicitados (Pressman, 2010).

**Figura 13.**

**Metodología IWEB**



*Nota: Grafica metodología IWEB obtenida de (Molina Ríos y otros, 2018)*

## **2.17. Metodología de Hardware libre**

El concepto de Hardware Libre promueve el desarrollo de dispositivos cuyo diseño se encuentra disponible públicamente para que pueda ser estudiado, copiado, modificado y distribuido por cualquier persona u organización, con condiciones especiales establecidas por los creadores, como el reconocimiento de los autores originales o la replicación de la licencia.

Hardware Libre es una respuesta de los desarrolladores “independientes” al modelo privativo, caracterizado por la creación artificial de escasez de ofertas, el acaparamiento de conocimientos, el control de los canales de comercialización (Medrano y otros, s.f.).

Para estudiar qué es el Hardware Libre es muy útil aprender sobre algunos proyectos de hardware que han ganado espacio en este campo. Esta es una pequeña lista de los proyectos más conocidos:

- Arduino
- Raspberry Pi:
- RepRap:
- E-puck:
- Open Source Ecology

### **2.17.1. Ventajas**

El diseño abierto reduce la posibilidad de hacer diseño redundante. Es decir, no es necesario encontrar muchas formas de resolver un problema técnico, ya que es más eficiente tener acceso a un solo diseño que pueda ser mejorado sucesivamente. Así, se puede tener mayor control y soberanía sobre los recursos de conocimiento (Medrano y otros, s.f.).

El Hardware Libre puede ayudar a evadir algunas restricciones de los fabricantes,

como la obsolescencia programada. Así mismo, puede servir para ofrecer alternativas a los productos que ofrecen los proveedores a través de los canales comerciales. Por eso, contribuye a reducir la dependencia con respecto a los agentes tecnológicos (Medrano y otros, s.f.).

### **2.17.2. Desventajas**

Es muy probable que el diseño de un dispositivo encuentre un cuello de botella en algún punto. Por ejemplo, puede ser muy complicado romper la dependencia con respecto a los proveedores de electrónica básica, tener acceso a un repositorio de códigos de programación o reconocer qué licencia es más conveniente (Medrano y otros, s.f.).

El desarrollo de un prototipo de Hardware Libre no garantiza que un dispositivo se masifique entre los fabricantes y los usuarios. El escalamiento industrial de un producto requiere condiciones que no son fáciles de lograr, como la disponibilidad de instalaciones o la capacidad de gestionar procesos administrativos (Medrano y otros, s.f.).

### **2.17.3. Fases Hardware libre**

- **Proceso de Conceptualización de Proyectos:** En este proceso se analizan problemas y necesidades de las comunidades que pudiesen requerir de una solución en área de hardware. El análisis planteado conlleva a la reflexión sobre los problemas y sus posibles soluciones. La actividad de reflexión tiene como objetivo principal proponer soluciones pertinentes a los problemas planteados, en las cuales se consideren tanto los beneficios como el impacto que dichas soluciones puedan causar sobre la comunidad (Medrano y otros, s.f.).
- **Proceso de Administración de Proyectos de HL:** El proceso de administración de la Metodología de Desarrollo de Hardware Libre comprende un conjunto de

actividades para coordinar y mantener el orden de un proyecto de desarrollo de hardware libre. Estas actividades estarán orientadas a facilitar lo planteado en el proceso de conceptualización (Medrano y otros, s.f.).

El proceso de administración requiere que se establezca el rol en uno de los integrantes del equipo como Coordinador del proyecto de desarrollo de hardware.

- **Proceso de Desarrollo de Proyectos en HL:** Se parte de una descripción detallada del alcance y características del hardware a desarrollar, descripción que ha sido preparada en los procesos de conceptualización y administración (Medrano y otros, s.f.).

Al comienzo del proceso de desarrollo dependiendo de la naturaleza del hardware a diseñar, se puede dividir en tres pasos concurrentes: Especificación de Hardware Estático (a), Programación de Dispositivos (b), Desarrollo de IC (c). Esas áreas pueden activarse o no según los requerimientos del proyecto.

En todo caso, normalmente siempre estará incluida en alguna medida la Especificación de Hardware Estático. Estos pasos de desarrollo se ocupan de generar y depurar los diseños que sean necesarios para implementar las características requeridas (Medrano y otros, s.f.)

## **2.18. Métrica de calidad**

### **2.18.1. Calidad de software – ISO 25000**

La ISO 25000, constituye una serie de normas basadas en ISO/IEC 9126 y en ISO/IEC 14598 cuyo objetivo principal es guiar el desarrollo de los productos de software mediante la especificación de requisitos y evaluación de características de calidad (ISO 25000, s.f.)

ISO/IEC 25000 es el resultado de la evolución de varios otros estándares; específicamente de ISO/IEC 9126, que define un modelo de calidad para la evaluación de productos de software, e ISO/IEC 14598, que define el proceso para la evaluación de productos de software. La serie de normas ISO/IEC 25000 consta de cinco divisiones (ISO 25000, s.f.).

### **2.18.2. Características del Estándar ISO 25000**

- **Adecuación funcional:** Permite medir la capacidad que tiene un producto de software para proveer las funciones que satisfacen requerimientos explícitos e implícitos cuando el software se usa en determinadas condiciones (Rico, 2018).
- **Eficiencia de desempeño:** Es el comportamiento del sistema: funcionalidad, capacidad, utilización de recursos y respuesta temporal. Dentro de sus características se encuentra que el sistema requiere la utilización de un mínimo de recursos (por ejemplo, tiempo de CPU) para ejecutar una tarea determinada (Rico, 2018).
- **Compatibilidad:** Es el proceso en el cual dos o más sistemas intercambian información y llevan a cabo funciones requeridas en cuanto a su entorno hardware o software compartido (Rico, 2018).
- **Usabilidad:** Algunas de las características que la conforman son: comprensibilidad, aprendibilidad, operabilidad, atractivo, cumplimiento de usabilidad, capacidad para reconocer su adecuación, capacidad de aprendizaje, capacidad de ser usado, protección contra errores de usuario, estética de la interfaz de usuario, accesibilidad. También fácil de usar, fácil de aprender, atractivo para el usuario, conforme a normas, uso intuitivo (Rico, 2018).

- **Fiabilidad:** Madurez, tolerancia a defectos, recuperabilidad, cumplimiento de fiabilidad. En determinadas condiciones, el software sistema mantendrá su capacidad funcionalidad a lo largo de un periodo de tiempo (Rico, 2018).

$$\text{Fiabilidad} = \text{Calidad} / \text{Tiempo.}$$

- **Seguridad:** Capacidad de proteger la información y los datos de manera que no puedan ser leídos o modificados por personas o sistemas no autorizados. La autenticidad, la confidencialidad y la responsabilidad son sus principales características (Rico, 2018).
- **Mantenibilidad:** Es la medida del esfuerzo requerido para realizar cambios en los componentes de un sistema de manera efectiva y eficiente. Algunas de sus características son: analizabilidad, modificabilidad, estabilidad, testabilidad, cumplimiento de mantenibilidad, modularidad (Rico, 2018).
- **Portabilidad:** Es la capacidad del software de ser transferido a un nuevo entorno (software, hardware, organización). Es fácil de instalar y desinstalar, además permite ser adaptado de forma efectiva a diferentes entornos de hardware o software (Rico, 2018).

**Figura 14.**

**Estructura de la norma ISO 25000**



*Nota: Foto tomada de (ISO 25000, s.f.)*



### **2.18.2.1.Evolución ISO 25000**

#### **ISO/IEC 2500n – División de Gestión de Calidad**

Las normas que forman este apartado definen todos los modelos, términos y definiciones comunes referenciados por todas las otras normas de la familia 25000.

Actualmente esta división se encuentra formada por:

- ISO/IEC 25000 - Guide to SQuaRE: contiene el modelo de la arquitectura de SQuaRE, la terminología de la familia, un resumen de las partes, los usuarios previstos y las partes asociadas, así como los modelos de referencia.
- ISO/IEC 25001 - Planning and Management: establece los requisitos y orientaciones para gestionar la evaluación y especificación de los requisitos del producto software (ISO 25000, s.f.).

#### **ISO/IEC 2501n – División de Modelo de Calidad**

Las normas de este apartado presentan modelos de calidad detallados incluyendo características para calidad interna, externa y en uso del producto software.

Actualmente esta división se encuentra formada por:

- ISO/IEC 25010 - System and software quality models: describe el modelo de calidad para el producto software y para la calidad en uso. Esta Norma presenta las características y subcaracterísticas de calidad frente a las cuales evaluar el producto software.
- ISO/IEC 25012 - Data Quality model: define un modelo general para la calidad de los datos, aplicable a aquellos datos que se encuentran almacenados de

manera estructurada y forman parte de un Sistema de Información (ISO 25000, s.f.).

### **ISO/IEC 2502n – División de Medición de Calidad**

Estas normas incluyen un modelo de referencia de la medición de la calidad del producto, definiciones de medidas de calidad (interna, externa y en uso) y guías prácticas para su aplicación.

Actualmente esta división se encuentra formada por:

- ISO/IEC 25020 - Measurement reference model and guide: presenta una explicación introductoria y un modelo de referencia común a los elementos de medición de la calidad. También proporciona una guía para que los usuarios seleccionen o desarrollen y apliquen medidas propuestas por normas ISO.
- ISO/IEC 25021 - Quality measure elements: define y especifica un conjunto recomendado de métricas base y derivadas que puedan ser usadas a lo largo de todo el ciclo de vida del desarrollo software.
- ISO/IEC 25022 - Measurement of quality in use: define específicamente las métricas para realizar la medición de la calidad en uso del producto.
- ISO/IEC 25023 - Measurement of system and software product quality: define específicamente las métricas para realizar la medición de la calidad de productos y sistemas software.
- ISO/IEC 25024 - Measurement of data quality: define específicamente las métricas para realizar la medición de la calidad de datos (ISO 25000, s.f.).

### **ISO/IEC 2503n – División de Requisitos de Calidad**

Las normas que forman este apartado ayudan a especificar requisitos de calidad que pueden ser utilizados en el proceso de elicitación de requisitos de calidad del producto software a desarrollar o como entrada del proceso de evaluación.

Para ello, este apartado se compone de:

- ISO/IEC 25030 - Quality requirements: provee de un conjunto de recomendaciones para realizar la especificación de los requisitos de calidad del producto software (ISO 25000, s.f.).

### **ISO/IEC 2504n – División de Evaluación de Calidad**

Este apartado incluye normas que proporcionan requisitos, recomendaciones y guías para llevar a cabo el proceso de evaluación del producto software. Esta división se encuentra formada por:

- ISO/IEC 25040 - Evaluation reference model and guide: propone un modelo de referencia general para la evaluación, que considera las entradas al proceso de evaluación, las restricciones y los recursos necesarios para obtener las correspondientes salidas.
- ISO/IEC 25041 - Evaluation guide for developers, acquirers and independent evaluators: describe los requisitos y recomendaciones para la implementación práctica de la evaluación del producto software desde el punto de vista de los desarrolladores, de los adquirentes y de los evaluadores independientes.
- ISO/IEC 25042 - Evaluation modules: define lo que la Norma considera un módulo de evaluación y la documentación, estructura y contenido que se debe utilizar a la

hora de definir uno de estos módulos.

- ISO/IEC 25045 - Evaluation module for recoverability: define un módulo para la evaluación de la subcaracterística Recuperabilidad (Recoverability) (ISO 25000, s.f.).

Entonces según los autores ISO/IEC 25000 es una guía para la creación de software de calidad que le ayuda a definir, medir y mejorar la calidad del software a través de la gestión de calidad, modelos, métricas y especificaciones.

Este estándar se divide en cuatro partes: Gestión de calidad, Modelo de calidad, Medición de calidad y Requisitos de calidad, cada una de las cuales le guía en la creación de software de calidad.

## 2.19. Herramientas

### 2.19.1. Xampp

XAMPP es una distribución de Apache que incluye varios tipos de software libre. Esta desarrollado por Apache Friends. El programa se distribuye con la licencia GNU (Carrion & et al, 2019). El nombre es un acrónimo compuesto por las iniciales de los programas que lo constituyen:

- **Apache:** es el servidor web de código abierto, es una aplicación que es la más usada globalmente para la entrega de contenidos Web (Carrion & et al, 2019).
- **MySQL / MariaDB:** con MySQL, XAMPP cuenta con uno de los sistemas relacionales de gestión de bases de datos más populares del mundo. En combinación con el servidor web Apache y el lenguaje PHP, MySQL sirve para el almacenamiento de datos para servicios web. En las versiones actuales de

XAMPP esta base de datos se ha sustituido por MariaDB, que es una ramificación ("Fork") del proyecto MySQL (Carrion & et al, 2019).

- **PHP:** es un lenguaje de programación de código de lado del servidor que permite crear páginas web o aplicaciones dinámicas. Es independiente de la plataforma (Carrion & et al, 2019).
- **Perl:** este lenguaje de programación se usa en la administración del sistema, en el desarrollo web y en la programación de red. También permite programar aplicaciones web dinámicas (Carrion & et al, 2019).

XAMPP es una distribución de Apache completamente gratuita y fácil de instalar que contiene MariaDB, PHP y Perl. El paquete de instalación de XAMPP ha sido diseñado para ser increíblemente fácil de instalar y usar (Apache Friends, 2023).

Entonces según autores XAMPP es un paquete de software gratuito de código abierto que se puede utilizar como servidor web local. Esto significa que le permite crear un entorno similar a un servidor web real en su computadora. Es como una zona de pruebas para desarrollar y probar su sitio web antes de publicarlo en línea.

#### **2.19.1.1.Ventajas:**

- **Fácil de instalar:** XAMPP es fácil de instalar en cualquier sistema operativo. La instalación es sencilla e incluye todo lo necesario para configurar un servidor web en tu computadora (Padawan, 2023).
- **Completamente gratuito:** XAMPP es un software de código abierto y completamente gratuito. No tienes que pagar nada para usarlo.
- **Multiplataforma:** XAMPP es compatible con varios sistemas operativos, incluyendo Windows, Linux y MacOS. Puedes usarlo en cualquier sistema operativo que desees.

- **Incluye todo lo necesario:** XAMPP incluye todos los componentes necesarios para configurar y ejecutar un servidor web. No tienes que preocuparte por descargar e instalar cada componente por separado.
- **Fácil de usar:** XAMPP es fácil de usar, incluso para usuarios principiantes. Tiene una interfaz gráfica de usuario fácil de entender que te permite configurar y administrar tu servidor web.

#### 2.19.1.2.Desventajas:

- **No es adecuado para entornos de producción:** XAMPP está diseñado para entornos de desarrollo y no para entornos de producción. No es recomendable usar XAMPP en un entorno de producción, ya que no es seguro.
- **No está diseñado para la seguridad:** XAMPP no está diseñado para la seguridad. Si usas XAMPP en un entorno de producción, debes asegurarte de tomar medidas adicionales para proteger tu servidor web.
- **No se actualiza con frecuencia:** XAMPP no se actualiza con frecuencia. Si usas XAMPP, debes asegurarte de mantenerlo actualizado para garantizar la seguridad y la compatibilidad con las últimas versiones de software.
- **Configuración manual:** XAMPP requiere cierta configuración manual para personalizar el servidor web según tus necesidades. Si no tienes experiencia en la configuración de servidores web, puede ser un poco complicado para ti (Padawan, 2023).

#### 2.19.2. Php

PHP es un lenguaje de código abierto muy popular en el mundo, adecuado para desarrollo web y que puede ser incrustado de manera muy flexible con HTML5. Por lo tanto,

si vemos el internet un gran número de páginas y portales web están usando PHP de manera abierta (Marquez, 2011).

### **Ventajas**

- Lenguaje totalmente libre y abierto.
- Posee una curva de aprendizaje muy baja.
- Los entornos de desarrollo son de rápida y fácil configuración.
- Fácil de instalar: existen paquetes autoinstalables que integran PHP rápidamente.
- Fácil acceso e integración con las bases de datos.
- Posee una comunidad muy grande.
- Es el lenguaje con mayor usabilidad en el mundo.
- Es un lenguaje multiplataforma.
- Completamente orientado al desarrollo de aplicaciones web dinámicas y/o páginas web con acceso a una Base de Datos.
- El código escrito en PHP es invisible al navegador ya que se ejecuta al lado del servidor y los resultados en el navegador es HTML.
- Posee una versatilidad para la conexión con la mayoría de base de datos que existen en la actualidad.

### **Desventajas**

- El inconveniente es que el código fuente no pueda ser ocultado de una manera eficiente. La ofuscación es una técnica que puede dificultar la lectura del código

y, en ciertos aspectos representa tiempos de ejecución.

- Nuestro código estará seguro para ejecutar si es nuestro propio servidor. Por lo tanto, si un cliente requiere su código en su pc, tendríamos que dejar el código fuente, sin manera de ocultarlo, aunque hay muchas aplicaciones para PHP que nos ayuda a encriptar el código fuente.
- Si no lo configuras y/o proteges correctamente dejas abiertas muchas brechas de seguridad que a la larga tendremos problemas.
- Solo se ejecuta en un servidor y se necesita un servidor web para que funcione (Marquez, 2011).

### **2.19.3. Visual Studio Code (VS Code)**

Visual Studio Code (VS Code) es un editor de código fuente desarrollado por Microsoft. Es software libre y multiplataforma, está disponible para Windows, GNU/Linux y macOS. VS Code tiene una buena integración con Git, cuenta con soporte para depuración de código, y dispone de un sin número de extensiones, que básicamente te da la posibilidad de escribir y ejecutar código en cualquier lenguaje de programación (Flores, 2022).

Visual Studio Code no es simplemente otro bloc de notas evolucionado con coloración de sintaxis y sangría automática. En cambio, es un entorno de desarrollo centrado en código muy potente, diseñado expresamente para facilitar la escritura de aplicaciones web, móviles y en la nube utilizando lenguajes que están disponibles para diferentes plataformas de desarrollo y para respaldar el ciclo de vida de desarrollo de aplicaciones con un depurador integrado y con soporte integrado para el popular motor de control de versiones Git (Del Sole, 2019).

Con Visual Studio Code, puede trabajar con archivos de código individuales o con sistemas de archivos estructurados basados en carpetas. Este capítulo proporciona una



introducción a Visual Studio Code que le brinda información sobre cuándo y por qué debe usarlo, así como sobre cómo instalar y configurar el programa en los diferentes sistemas operativos compatibles (Del Sole, 2019).

Visual Studio Code es un editor de código fuente ligero pero eficaz que se ejecuta en el escritorio y está disponible para Windows, macOS y Linux. Incluye compatibilidad integrada con JavaScript, TypeScript y Node.js, y cuenta con un amplio ecosistema de extensiones para otros lenguajes y entorno de ejecución (como C++, C#, Java, Python, Go, .NET) (Microsoft, s.f.).

Según autores Visual Studio Code es un editor de código gratuito, multiplataforma y de código abierto desarrollado por Microsoft. Permite escribir, depurar y ejecutar código en una amplia variedad de lenguajes, como JavaScript, Python, C++ y C#. Se integra con Git para el control de versiones y ofrece una gran cantidad de extensiones para personalizar su experiencia de desarrollo.

#### **2.19.4. Laravel**

Laravel es un marco de aplicación web con sintaxis expresiva y elegante. Un marco web proporciona una estructura y un punto de partida para crear su aplicación, lo que le permite centrarse en crear algo increíble mientras sudamos los detalles (Laravel, 2023).

Laravel se esfuerza por proporcionar una experiencia de desarrollador increíble, al tiempo que proporciona características poderosas como inyección de dependencia completa, una capa de abstracción de bases de datos expresiva, colas y trabajos programados, pruebas de unidad, integración, y más (Laravel, 2023).

Laravel es un framework de desarrollo web de código abierto y basado en PHP que sigue el patrón de diseño MVC (Modelo-Vista-Controlador). Creado por Taylor Otwell y lanzado

por primera vez en 2011. Laravel proporciona una estructura y conjunto de herramientas para facilitar y agilizar el desarrollo de aplicaciones web.

#### **2.19.4.1. Ventajas de utilizar Laravel en el desarrollo web**

Aquellos desarrolladores que se decantan por el uso de Laravel a la hora de llevar a cabo sus proyectos obtienen las siguientes ventajas:

- Reducción de costos y tiempos en el desarrollo y posterior mantenimiento de la aplicación creada (Hostalia, 2023).
- Curva de aprendizaje relativamente baja si se compara con otros frameworks de PHP (Hostalia, 2023).
- Flexible y adaptable no sólo al uso del sistema MVC tradicional, sino que para reducir las líneas de código propone lo que denomina "Routes with clousures" (Hostalia, 2023).
- Modular y con un amplio sistema de paquetes y drivers con el que se puede extender las funcionalidades de forma sencilla, robusta y segura (Hostalia, 2023).

#### **2.19.4.2. Cómo Funciona Laravel**

Para entender mejor lo que Laravel puede hacer, es importante entender cómo Laravel trata las solicitudes, por ejemplo, el ciclo de vida de las solicitudes. Como se ha comentado anteriormente, Laravel se basa en la arquitectura MVC, y responde a las solicitudes de los usuarios, que el controlador utiliza para recuperar y procesar los datos del modelo y presentar la información al usuario en una vista (Kinsta, 2023).

Una solicitud entra en una aplicación Laravel a través del archivo `public/index.php`, que carga el resto del framework y recupera una instancia de la aplicación Laravel. Después de la recuperación de la instancia de la aplicación, la solicitud se dirige al núcleo de la consola o al

núcleo HTTP (Kinsta, 2023).

### **2.19.5. Framework**

Un framework puede ser definido como un entorno de trabajo para el desarrollo de aplicaciones, ya sean web o de escritorio, que ofrece componentes que facilitan el trabajo a los programadores, tales como bibliotecas de funciones, uso de plantillas, administración de recursos en tiempo de ejecución y otras muchas cosas. Esto permite llevar a cabo el proyecto sin tener que escribir mucho código, consiguiendo que el trabajo sea más eficiente y recursivo (es decir, favoreciendo la reutilización de código) (Hostalia, 2023).

La arquitectura más utilizada en la mayoría de los frameworks es conocida como MVC (Modelo-VistaControlador) que permite la división de cualquier proyecto en tres grandes partes:

- **Modelo:** Hace referencia a los datos de la aplicación y su reglamentación
- **Vista:** Es la forma que utilizamos para presentar los datos
- **Controlador:** Es la parte del programa encargada de procesar las peticiones de los usuarios y controlar el flujo de la ejecución del sistema

### **2.19.6. Composer**

Composer es una herramienta para la gestión de dependencias en PHP. Te permite declarar las bibliotecas de las que depende su proyecto y las administrará (instalar/actualizar) para ti (Composer, s.f).

Composer es una herramienta de gestión de dependencias para PHP que ha ido ganando terreno y volviéndose cada vez más indispensable. Con unas pocas líneas de configuración defines todas las bibliotecas de terceros o incluso las tuyas propias que

quieres/necesitas usar en tu proyecto, el compositor se encarga de descargarlas y crear un autocargador, dejándolas listas para usar (Rodrigues, 2020).

Entonces según autores Composer es una herramienta de gestión de paquetes PHP. Su principal objetivo es facilitar la administración de las bibliotecas de su proyecto, instalándolas y actualizándolas automáticamente.

#### **2.19.6.1. Cómo funciona Composer**

Composer nos permite declarar las librerías que queremos usar en un proyecto. Su uso es extremadamente simple, lo que anima a cualquier persona a usarlo, sea cual sea su nivel técnico. Para beneficiarnos del workflow (flujo de trabajo) que nos propone Composer simplemente tenemos que escribir un archivo de configuración en el que indicamos qué paquetes vamos a requerir. El archivo es un simple JSON en el que indicamos cosas como el autor del proyecto, las dependencias, etc (Alvarez, 2014).

#### **2.19.7. Bootstrap**

Bootstrap es un framework CSS de código abierto que favorece el desarrollo web de un modo más sencillo y rápido. Incluye plantillas de diseño basadas en HTML y CSS con la que es posible modificar tipografías, formularios, botones, tablas, navegaciones, menús desplegables, etc. También existe la posibilidad de utilizar extensiones de Javascript adicionales (Urrutia, 2023).

#### **2.19.8. Proteus**

Proteus es un sistema de diseño electrónico basado en la simulación analógica, digital o mixta de circuitos, que brinda la posibilidad de interacción con muchos de los elementos que integran el circuito. Incluye componentes animados para la visualización de su comportamiento en tiempo real, además de un completo sistema de generación y análisis de señales. También

cuenta con un módulo para el diseño de circuitos impresos. (Rossano, 2013, p. 14).

#### **2.19.8.1. Partes de Proteus**

Proteus cuenta con dos módulos principales: ISIS y ARES. En ARES se diseñan placas de circuito impreso o PCB (Printed Circuit Board). (Rossano, 2013). La interfaz de ISIS En principio, el módulo ISIS es un espacio para dibujar los diagramas de nuestros circuitos. Al abrir Proteus desde el icono ISIS, veremos la pantalla (Rossano, 2013).

#### **2.19.9. IDE de Arduino**

IDE de Arduino es una aplicación multiplataforma que puedes utilizar para escribir y cargar programas en placas Arduino y también en aquellas que sean compatibles. Pero no solo eso, ya que, gracias a núcleos generados por terceros, también se puede utilizar para cargar programas en placas de desarrollo de otros proveedores (Peña, 2020, p. 114).

El IDE de Arduino te permitirá no solo escribir tu código, sino también depurar, editar y grabar los programas o sketches en la placa de desarrollo, de una manera rápida y sencilla (Peña, 2020, p. 114).

El IDE es un conjunto de herramientas de software que permiten a los programadores desarrollar y grabar todo el código necesario para hacer que nuestro Arduino funcione como queramos. El IDE de Arduino nos permite escribir, depurar, editar y grabar nuestro programa (llamados “sketches” en el mundo Arduino) de una manera sumamente sencilla, en gran parte a esto se debe el éxito de Arduino, a su accesibilidad (Arduino, s.f.).

##### **2.19.9.1. Características principales**

Arduino IDE se distribuye en forma gratuita, por lo que solo necesitas acceder al sitio web oficial de la aplicación para descargar una copia instalable.

También se trata de un software que se distribuye con una licencia libre, de modo que es posible acceder al código fuente del IDE y construir el instalador desde él o realizar las modificaciones que consideres necesarias. Para la mayoría de los usuarios, bastará con descargar el instalador adecuado para el sistema operativo y proceder con la instalación (Peña, 2020, p. 145).

#### **2.19.10. DHT22/AM2303**

El DHT22 es un sensor digital de temperatura y humedad relativa de bajo costo y fácil uso. Utiliza un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, y muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos (no posee salida analógica). Es bastante simple de usar tanto en hardware como software (Todomicro, 2023). El único inconveniente de este sensor es que sólo se puede obtener nuevos datos una vez cada 2 segundos (Todomicro, 2023).

El sensor DHT22 se caracteriza por tener la señal digital calibrada, asegurando alta estabilidad y fiabilidad a lo largo del tiempo. El sensor integra sensores resistivos para temperatura (termistor) y otro para humedad. Puede medir la humedad en un rango desde 0% hasta 99% y temperatura en el rango de -40°C a 80°C (Todomicro, 2023).

Entonces según autores mencionados DHT22 es un sensor económico que mide temperatura y humedad. Consta de dos partes, una para la humedad y otra para la temperatura, y muestra los datos digitalmente a través de un solo cable. A pesar de su facilidad de uso, se debe tener cuidado para obtener lecturas precisas. Puede conectarse a un microcontrolador, es preciso y útil en diversas aplicaciones.

##### **2.19.10.1. Especificaciones técnicas:**

- Voltaje de Operación: 3V - 5V DC

- Rango de medición de temperatura: -40 a 80 °C
- Precisión de medición de temperatura:  $\pm 0.5$  °C
- Resolución Temperatura: 0.1°C
- Rango de medición de humedad: 0% a 99% RH.
- Precisión de medición de humedad: 1% RH.
- Resolución Humedad: 1% RH
- Tiempo de sensado: 2 seg.
- Interface: Digital Serial. (Todomicro, 2023)

#### **2.19.10.2. Pines**

- Alimentación +5V (VCC)
- Datos (DATA)
- Tierra (GND)

#### **2.19.10.3. Principios de funcionamiento**

Para medir la humedad, estos sensores cuentan con dos electrodos con un sustrato en medio de ellos que retiene la humedad del ambiente. Entonces, cuando la humedad varía, la conductividad del sustrato y resistencia entre los electrodos también varía.

Para medir la temperatura, estos sensores cuentan con un termistor NTC, que consiste en una resistencia variable la cual cambia su valor conforme varía la temperatura del ambiente. Dicha resistencia disminuye a medida que la temperatura aumenta (Gomez, 2016).

**Figura 15.**

**Sensor DHT22/AM2302**



*Nota: Sensor de Temperatura y Humedad*

**2.19.11. Módulo ESP32**

El ESP32 es un microcontrolador muy versátil que ha ganado mucha popularidad en los últimos años. En este artículo vamos a profundizar en uno de los aspectos más importantes del ESP32: su microcontrolador integrado (Polaridad, s.f.).

Creado por Espressif Systems, ESP32 es un sistema de bajo consumo y bajo costo en un chip SoC (System On Chip) con Wi-Fi y modo dual con Bluetooth. En el fondo, hay un microprocesador Tensilica Xtensa LX6 de doble núcleo o de un solo núcleo con una frecuencia de reloj de hasta 240MHz. (Bruno Saravia, 2019).

ESP32 está altamente integrado con switch de antena, balun para RF, amplificador de potencia, amplificador de recepción con bajo nivel de ruido, filtros y módulos de administración de energía, totalmente integrados dentro del mismo chip! (Bruno Saravia, 2019).

ESP32 es una placa de desarrollo basada en el microcontrolador ESP32, fabricado por Espressif Systems. Este microcontrolador es conocido por su versatilidad y potencia, ya que integra capacidades de conectividad WiFi y Bluetooth de bajo consumo energético.

La placa ESP32 DevKit V1 ofrece una amplia gama de pines de entrada/salida y es compatible con el entorno de desarrollo Arduino, lo que la hace muy popular en proyectos de



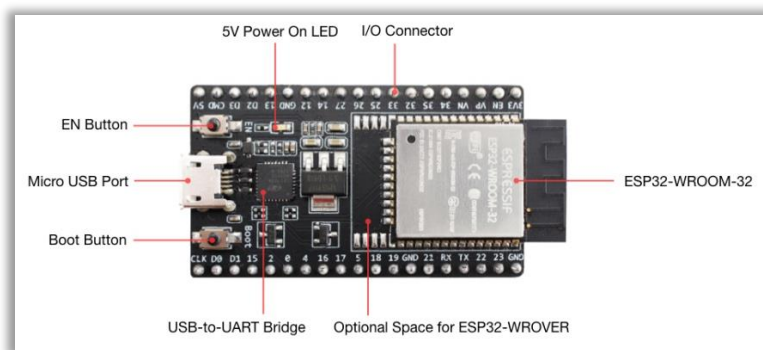
IoT (Systems, s.f.).

El ESP32 es como un cerebro pequeño que puede comunicarse con otros dispositivos sin usar muchas baterías, es un tipo especial de microchip que puede hacer que las cosas se conecten a Internet de manera inalámbrica.

Es como un cerebro que tiene dos núcleos para procesar información muy rápido.

**Figura 16.**

### **Tarjeta de Desarrollo ESP32**



*Nota: Obtenida de (espressif, s.f.)*

#### **2.19.11.1. Características ESP32**

- Dos núcleos de procesamiento, lo que significa que puede ejecutar dos tareas simultáneamente.
- Arquitectura RISC-V de 32 bits, lo que significa que está optimizado para ejecutar instrucciones simples de manera muy eficiente.
- Frecuencia de reloj de hasta 240 MHz.
- Soporte para coprocesadores, lo que permite la ejecución de tareas especializadas de manera muy eficiente. Por ejemplo, el ESP32 tiene un coprocesador para el

procesamiento de señales analógicas y otro para el cifrado de datos.

- Soporte para interfaces de comunicación como SPI, I2C, UART, CAN, Ethernet y Wi-Fi.
- Soporte para una amplia variedad de periféricos como ADC, DAC, PWM, timers, interrupciones y más.
- Consumo de energía muy bajo gracias a su arquitectura y a sus modos de suspensión (Polaridad, s.f.).

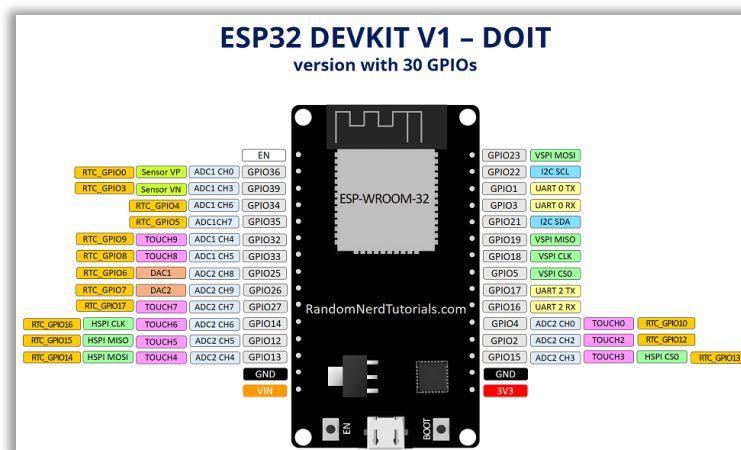
#### **2.19.11.2. Especificaciones Técnicas**

- Voltaje de Alimentación (USB): 5V DC
  - Voltaje de Entradas/Salidas: 3.3V DC
  - Placa: ESP32 DEVKIT V1 (Espressif)
  - SoM: ESP-WROOM-32 (Espressif)
  - SoC: ESP32 (ESP32-D0WDQ6)
  - CPU: Dual-Core Tensilica Xtensa LX6 (32 bit)
  - Frecuencia de Reloj: hasta 240Mhz
  - Desempeño: Hasta 600 DMIPS
  - Procesador secundario: Permite hacer operaciones básicas en modo de ultra bajo consumo
  - Wifi: 802.11 b/g/n/e/i (802.11n @ 2.4 GHz hasta 150 Mbit/s)
  - Bluetooth: v4.2 BR/EDR and Bluetooth Low Energy (BLE)
- Memoria:
- 448 KByte ROM
  - 520 KByte SRAM
  - 16 KByte SRAM in RTC

- QSPI Flash/SRAM, 4 MBytes
- Pines: 30
- Pines Digitales GPIO: 24 (Algunos pines solo como entrada)
- Pines PWM: 16
- Pines Analógicos ADC: 18 (3.3V, 12bit: 4095, tipo SAR, ganancia programable)
- Conversor Digital a Analógico DAC: 2 (8bit)
- UART: 2
- Chip USB-Serial: CP2102
- Antena en PCB
- Seguridad:
  - Estándares IEEE 802.11 incluyendo WPA, WPA/WPA2 and WAPI
  - 1024-bit OTP, up to 768-bit for customers
  - Aceleración criptográfica por hardware: AES, HASH (SHA-2), RSA, ECC, RNG
- Dimensiones: 55\*28 mm

**Figura 17.**

### **Distribución de Pines ESP32**



Nota. Obtenida de (esp32, s.f.)

### **2.19.12. Placa PCB**

La placa electrónica es una de las partes importantes de la industria electrónica. Casi todos los dispositivos electrónicos, desde relojes y calculadoras electrónicas hasta computadoras, dispositivos electrónicos de comunicación y sistemas de armas militares, requieren el uso de placas electrónicas para interconectar electrónicamente componentes electrónicos como circuitos integrados (IPC , 2023).

#### **2.19.12.1. Características de las placas electrónicas**

La razón por la que el PCB se utiliza cada vez más ampliamente es porque tiene muchas ventajas únicas.

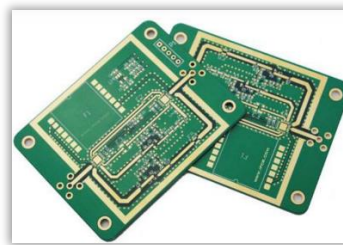
- **Puede ser de alta densidad:** A lo largo de los años, con la mejora de la integración de circuitos integrados y el progreso de la tecnología de instalación, las placas impresas de alta densidad se han desarrollado en consecuencia (IPC , 2023).
- **Alta fiabilidad:** A través de una serie de inspecciones, pruebas y pruebas de envejecimiento, se puede garantizar que los PCB puedan funcionar de manera confiable a largo plazo (IPC , 2023).
- **Diseñabilidad:** A través de la estandarización y estandarización del diseño, se pueden lograr los requisitos para las diversas propiedades (eléctricas, físicas, químicas, mecánicas, etc.) de los pcb. Este diseño tiene un corto tiempo y una alta eficiencia (IPC , 2023).
- **Productividad:** Los PCB adoptan una gestión moderna, que puede lograr una producción estandarizada, a gran escala (cuantitativa) y automatizada, garantizando así la coherencia de la calidad del producto (IPC , 2023).
- **Testabilidad:** Hemos establecido métodos y estándares de prueba relativamente

completos, que pueden detectar y evaluar la calificación y la vida útil de los productos de PCB a través de varios equipos e instrumentos de prueba (IPC , 2023).

- **Montabilidad:** Los productos de PCB no solo facilitan el montaje estandarizado de varios componentes, sino que también facilitan la automatización y la producción a gran escala. Además, ensamblar el PCB en un todo con varios otros componentes también puede formar componentes, sistemas e incluso toda la máquina (IPC , 2023).
- **Mantenibilidad:** Debido al diseño estandarizado y la producción a gran escala de componentes ensamblados en un todo con varios componentes en productos de pcb, estos componentes también están estandarizados. Por lo tanto, una vez que el sistema falla, se puede reemplazar de manera rápida, conveniente y flexible para restaurar rápidamente el funcionamiento del sistema (IPC , 2023).

**Figura 18.**

**Tarjeta electrónica PCB**



*Nota: Imagen de un circuito impreso de Freepik (2023).*

**2.19.13. Batería 18650 4.2V**

La batería de iones de litio (Li-ion) es uno de los dispositivos de energía clave que tienen densidades de energía gravimétricas y volumétricas eficientes, alta densidad de potencia, ciclo de vida largo y bajas propiedades de autodescarga. Por lo tanto, las

aplicaciones de baterías de iones de litio han atraído una gran atención, desde pequeñas celdas en productos electrónicos hasta dispositivos a gran escala en vehículos eléctricos (Jhu & et. al., 2011).

**Figura 19.**

**Batería litio 18650**



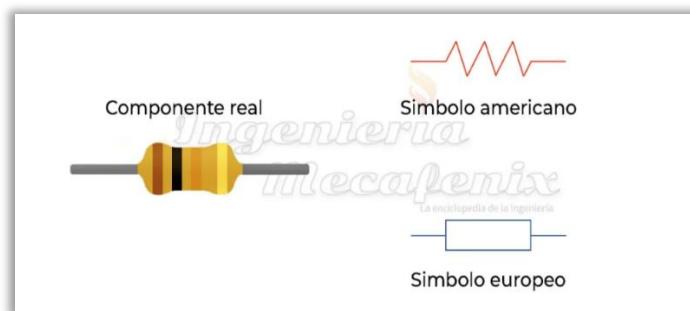
*Nota: Baterías de litio 18650 se ha obtenido de (Accupower.es, 2023)*

#### **2.19.14. Resistencia**

La resistencia a la electricidad, es decir, la resistencia eléctrica es la oposición que ofrece una sustancia o material al paso de la corriente eléctrica. Se representa con la letra mayúscula R. La unidad estándar de resistencia es el ohmio, a veces escrito como una palabra y a veces simbolizado por la letra griega mayúscula omega  $\Omega$  (Electrónica Online, s.f.).

**Figura 20.**

**Resistencia eléctrica**



*Nota: foto tomada de (Mecafenix Ingeniería, s.f.)*

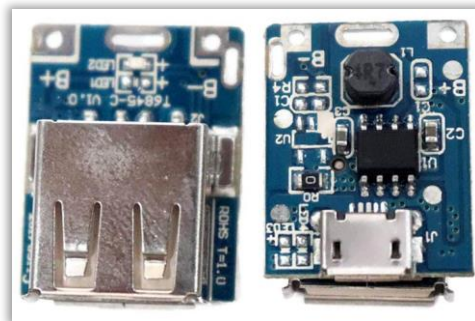
### **2.19.15. Módulo ST6845-C**

TP4056 es un cargador lineal completo de corriente constante/voltaje constante para baterías de iones de litio de una sola celda. Su paquete SOP y su bajo número de componentes externos hacen que el TP4056 sea ideal para aplicaciones portátiles. Además, el TP4056 puede funcionar con USB y adaptador de pared (Corp., 2021).

No se requiere diodo de bloqueo debido a la arquitectura interna PMOSFET y evita el circuito de corriente de carga negativa. La retroalimentación térmica regula la corriente de carga para limitar la temperatura del troquel durante el funcionamiento de alta potencia o temperatura ambiente alta. El voltaje de carga se fija en 4,2 V y la corriente de carga se puede programar externamente con una sola resistencia. El TP4056 finaliza automáticamente el ciclo de carga cuando la corriente de carga cae a 1/10 del valor programado después de alcanzar el voltaje de flotación final (Corp., 2021).

#### **Figura 21.**

#### **Módulo ST6845-C cargador baterías litio con protección**



*Nota: Foto obtenida de (components101, s.f.)*

# **CAPÍTULO III**

## **DISEÑO METODOLÓGICO**



**INGENIERÍA  
DE SISTEMAS**  
UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO



### **3. DISEÑO METODOLÓGICO**

En este capítulo se muestra la planificación, el análisis y diseño del sistema web, las herramientas para el Modelo de Monitorización para incubadoras neonatales que consta de hardware y software. Se mostrará de forma práctica, la construcción del modelo donde se aplica el método de ingeniería web, métrica de calidad. El capítulo presente describe la implementación de la metodología IWEB para las de fases de planificación: diseño del sistema, codificación del software, pruebas, la instalación o fase de implementación y el mantenimiento.

#### **3.1. Tipo de investigación cuantitativa**

##### **3.1.1. Diseño de la investigación**

Para llevar a cabo la evaluación del Modelo de Monitorización para incubadoras neonatales, se empleará un diseño de investigación cuantitativa de tipo experimental. Este diseño ha sido seleccionado debido a su capacidad para establecer relaciones de causa y efecto entre las variables estudiadas, permitiendo así determinar la eficacia y precisión del modelo en la monitorización de la temperatura y humedad en entornos clínicos.

El estudio tiene un grupo experimental que utilizará el Modelo de Monitorización propuesto las cuales serán sometidos a condiciones y variables ambientales durante el período de estudio.

Para garantizar la validez interna del estudio, se implementarán la asignación de los participantes y los procedimientos de recopilación de datos.

El diseño experimental permitirá comparar directamente los resultados obtenidos por el Modelo de Monitorización con los métodos tradicionales de monitorización, lo que facilitará la evaluación de su efectividad en la detección y seguimiento de cambios en la temperatura y humedad en entornos neonatales.

Se utiliza un diseño de investigación cuantitativa experimental para evaluar el modelo de monitoreo de neonatos en la unidad de neonatología. Este modelo fue elegido por su capacidad para establecer relaciones causa-efecto entre las variables estudiadas, permitiendo determinar la efectividad y precisión del modelo en el monitoreo de temperatura y humedad en ambientes clínicos. El estudio propone un grupo experimental utilizando un modelo de seguimiento que está expuesto a condiciones y variables ambientales durante el período de estudio. Se implementan procedimientos de asignación de participantes y recopilación de datos para garantizar la validez interna del estudio. El proyecto piloto permite comparar directamente los resultados del modelo de seguimiento con los métodos de seguimiento tradicionales, lo que facilita la evaluación de su eficacia en la detección y seguimiento de cambios en la temperatura y humedad del ambiente de los recién nacidos.

### **3.1.2. Variables de la investigación**

En este estudio se identificarán y analizarán tanto variables independientes como dependientes para evaluar la eficacia del Modelo de Monitorización para incubadoras neonatales.

#### **3.1.2.1. Variables Independientes**

- Configuración del hardware: Incluye el tipo de sensores utilizados para medir la temperatura corporal del neonato y la temperatura y humedad del ambiente dentro de la cúpula de la incubadora.
- Configuración del software: Parámetros del software del Modelo de Monitorización, tales como los algoritmos de procesamiento de datos y las interfaces de usuario utilizadas para presentar los datos recolectados.

### 3.1.2.2. Variables Dependientes:

- Precisión de la medición de la temperatura corporal del neonato: Grado de exactitud con el que el Modelo de Monitorización puede medir la temperatura corporal del neonato en comparación con las mediciones obtenidas por métodos tradicionales.
- Precisión de la medición de la temperatura del ambiente de la cúpula: Grado de exactitud con el que el Modelo de Monitorización puede medir la temperatura del ambiente dentro de la cúpula de la incubadora en comparación con las mediciones obtenidas por métodos tradicionales.
- Precisión de la medición de la humedad del ambiente de la cúpula: Grado de exactitud con el que el Modelo de Monitorización puede medir la humedad del ambiente dentro de la cúpula de la incubadora en comparación con las mediciones obtenidas por métodos tradicionales.

**Tabla 2.**

**Valores estándares**

<b>Estándares</b>	
<i>Temperatura corporal</i>	36.5 °C - 37.5 °C
<i>Temperatura cúpula</i>	32°C – 35°C
<i>Humedad cúpula</i>	40% - 60% (hasta 70%-80% en prematuros)

### 3.1.2.3. Definiciones Conceptuales y Operacionales:

- **Temperatura Corporal del Neonato:**
  - Conceptual: Es la temperatura interna del cuerpo de un recién nacido, la cual es crucial para mantener su homeostasis y prevenir hipotermia o hipertermia.
  - Operacional: Se medirá en grados Celsius utilizando sensores de temperatura colocados en la piel del neonato.
  
- **Temperatura del Ambiente de la Cúpula:**
  - Conceptual: Es la temperatura dentro del recinto cerrado de la incubadora donde se encuentra el neonato.
  - Operacional: Se medirá en grados Celsius utilizando sensores ambientales colocados en diferentes puntos dentro de la cúpula de la incubadora.
  
- **Humedad del Ambiente de la Cúpula:**
  - Conceptual: Es el nivel de humedad relativa en el aire dentro de la cúpula de la incubadora, que es crucial para el confort y la salud del neonato.
  - Operacional: Se medirá en porcentaje (%) utilizando sensores de humedad colocados dentro de la cúpula de la incubadora.

Estas variables serán cuidadosamente medidas y analizadas para determinar la efectividad del Modelo de Monitorización y su capacidad para proporcionar datos precisos y confiables, mejorando así el cuidado neonatal.

### 3.1.3. Ambiente de la investigación

El presente estudio se llevará a cabo en un entorno clínico controlado, específicamente en la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales (UCIN) de un hospital de referencia. Este ambiente ha sido seleccionado debido a la disponibilidad de incubadoras neonatales, acceso a pacientes neonatales, y la infraestructura necesaria para la implementación del Modelo de Monitorización.

#### **Características del Ambiente:**

- **Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales (UCIN):**

La UCIN está equipada con incubadoras de última generación que proporcionan un entorno controlado y protegido para los neonatos. Este ambiente es ideal para la implementación y prueba del Modelo de Monitorización debido a la constante vigilancia y cuidado especializado que se brinda a los pacientes.

- **Personal Médico y Técnico:**

La investigación contará con la colaboración de neonatólogos, enfermeras especializadas en cuidados intensivos neonatales, y técnicos en ingeniería biomédica. El personal será capacitado en el uso del Modelo de Monitorización para asegurar la correcta implementación y recolección de datos.

- **Equipamiento:**

Las incubadoras estarán equipadas con sensores de temperatura y humedad, tanto tradicionales como los integrados en el Modelo de Monitorización. Se utilizarán dispositivos de medición calibrados para asegurar la precisión de los

datos recolectados.

### **Condiciones del Ambiente:**

- **Control de Variables Ambientales:**

Se mantendrán constantes las condiciones ambientales de la UCIN, como la temperatura y la humedad ambiental, para minimizar la variabilidad externa que pueda afectar las mediciones. Se registrarán las condiciones ambientales a lo largo del estudio para garantizar la consistencia de los datos.

- **Protocolos de Seguridad:**

Se seguirán estrictos protocolos de seguridad y ética para garantizar el bienestar de los pacientes neonatales y el cumplimiento de las normativas hospitalarias y éticas. Los datos se recolectarán de manera anónima y se garantizará la confidencialidad de la información de los pacientes.

- **Infraestructura Tecnológica:**

La UCIN está equipada con la infraestructura tecnológica necesaria para soportar el funcionamiento del Modelo de Monitorización, incluyendo redes de datos seguras y sistemas de respaldo de energía.

Esto garantizará la continuidad del monitoreo y la recolección de datos sin interrupciones.

### **3.2. Estructura Del Modelo**

A continuación, se muestra la estructura del proceso que realiza el modelo donde se observa el resultado de la central de monitorización en la figura 22.

Figura 22.

## Estructura del modelo



### 3.3. Metodología de Desarrollo en Hardware Libre

#### 3.3.1. Proceso de Conceptualización de Proyectos

##### Requisitos Funcionales:

Para el desarrollo del Hardware del prototipo del *Modelo De Monitorización Central para Incubadoras Neonatales*, se tiene como objetivo diseñar y construir el módulo que tendrá la funcionalidad de monitorizar los siguientes parámetros cuantificables: Temperatura corporal del (neonato) en el parámetro de grado centígrados ( $^{\circ}\text{C}$ ) y Temperatura/Humedad de la (cúpula del equipo) incubadora en los parámetros de grado centígrados y porcentaje de humedad ( $^{\circ}\text{C} / \%$ ).

Las funcionalidades que debe realizar el prototipo Hardware:

- Adquisición de datos de temperatura corporal en °C.
- Adquisición de datos de temperatura y humedad del equipo incubadora en °C / %.
- Transmitir los datos al Sistema Web por internet para su centralización.

#### **Requerimientos del prototipo:**

Para el desarrollo del prototipo, se necesitan las siguientes partes y piezas:

- *Sensor de Temperatura Corporal:* NTC – Sensor de temperatura de Piel.
- *Sensor de Temperatura y Humedad:* DHT22 – Sensor de temperatura y humedad.
- *Microcontrolador con Conectividad a Internet:* Modulo Microcontrolador ESP32.
- *Fuente de Alimentación:* Fuente de Alimentación de 5 voltios.
- *Batería de Respaldo:* Modulo de Carga con Batería de Litio.
- *Carcasa o Protección:* Es importante considerar la inclusión de una carcasa o protección para el prototipo, que asegure su integridad física y proteja los componentes internos.
- *Software de prototipo:* Compatible con el Módulo Microcontrolador ESP32.
- *Software para el modelo central de monitorización:* Sistema web desarrollado por la metodología IWEB.

#### **3.3.2. Proceso de Administración de Proyectos de HL**

Para la administración del prototipo se realizará la planificación detallada del desarrollo del Hardware del prototipo del *Modelo De Monitorización Central para Incubadoras Neonatales*, se considerarán las siguientes fases que se muestran en la siguiente Tabla 3.



Tabla 3.

## Fases de Planificación

N°	Fases	Descripción
1	Planificación del diseño	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seleccionar las partes y piezas del Hardware.</li> <li>• Seleccionar Software Compatible para el Módulo Microcontrolador ESP32 para su desarrollo.</li> <li>• Seleccionar Software Compatible para el sistema web para su desarrollo.</li> <li>• Selección de Material para el Chasis o Carcasa.</li> </ul>
2	Construcción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar el circuito electrónico para el prototipo.</li> <li>• Ensamblaje del pre Prototipo.</li> <li>• Ensamblaje del prototipo.</li> <li>• Montaje en el Chasis o Carcasa.</li> </ul>
3	Pruebas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pruebas de Adquisición de datos.</li> <li>• Pruebas de Comunicación vía Internet.</li> <li>• Pruebas con el sistema Web.</li> <li>• Pruebas Finales.</li> </ul>

*Nota. Elaboración Propia*

### 3.3.3. Proceso de Desarrollo de Proyectos en HL

En el proceso del desarrollo para el prototipo se realizará la selección detallada para el Hardware del prototipo del *Modelo De Monitorización Central para Incubadoras Neonatales*, que se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 4.

**Partes y Piezas del Hardware**

N°	Partes y Piezas	Cantidad	Figura	Descripción
1	Modulo ESP32	4		Microcontrolador con conexión Wifi y de 30 pines
2	Sensor NTC	4		Sensor de temperatura con Valor de resistencia 10 kΩ - 25°C
3	Sensor DHT22	4		AMS2302; Sensor de Temperatura y Humedad con; rango temperatura: -40°C a 80°C; rango humedad: 0 - 99%
4	Módulo de carga	4		Modelo: ST6845-C para cargar batería de litio
5	Fuente de Alimentación	4		Alimentación de voltaje: 5 voltios
6	Batería de Litio	4		Modelo: 18650 a 4.2 voltios


7	Porta batería	4		Modelo: 18650
8	Conector DC plug Hembra	4		Conexión DC 2,1 mm x 5,5 mm conector, Conexión de soldadura Con tuerca para el montaje.
9	Conector DC plug Macho	4		Conector Plug DC de 5.5 mm (diámetro externo) x 2.1mm (diámetro interno)
10	Base Jack 3.5mm Hembra	8		Base jack hembra estero de 3.5mm
11	Conector Metálico Jack 3.5mm Macho	8		Conector Metálico Jack 3.5mm Macho
12	Interruptor ON/OFF	4		Un <i>Interruptor ON/OFF</i> Negro 2 Pines es un dispositivo eléctrico que nos permite realizar una función de on/off desde un mando.
13	Resistencia	4		Valor de resistencia 1 kΩ

14	Placa PCB	1		Placa PCB de material de Fibra de Vidrio 20cm x 30cm, para el diseño de tarjetas electrónicas.
----	-----------	---	---	--

*Nota. Elaboración Propia*

### **Tabla 5.**

#### **Software para el Microcontrolador**

N°		Figura	Descripción
1	Arduino IDE		Plataforma de para el desarrollo del código para el Microcontrolador con conexión Wifi. ESP32

*Nota. Elaboración Propia*

#### **3.3.3.1. Construcción del prototipo**

Para completar esta fase de construcción se debe realizar los siguientes puntos: Diseñar el circuito electrónico para el prototipo, Ensamblaje del pre Prototipo, Ensamblaje del prototipo y Montaje en el Chasis o Carcasa.

##### **3.3.3.1.1. Adquisición de datos**

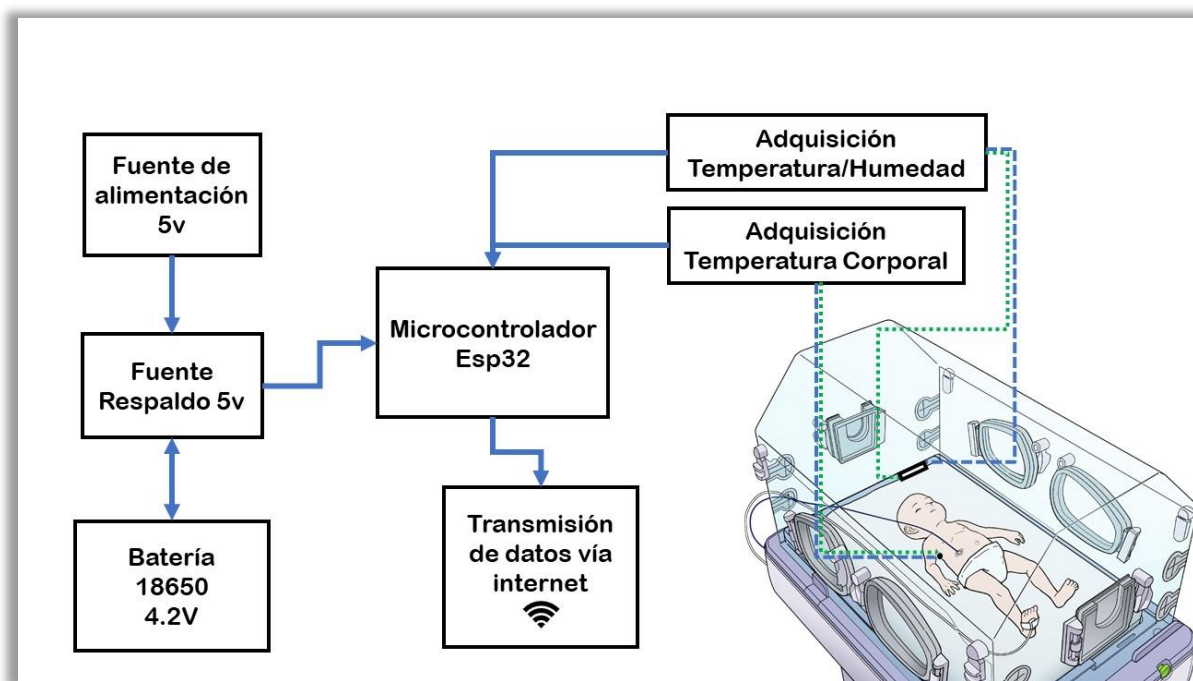
Para el diseño de la presente tesis, lo principal es conseguir los datos cuantificables para los sensores que nos permitirá medir la temperatura corporal del neonato, temperatura/humedad de la cúpula del equipo médico (incubadora).

### 3.3.3.1.2. Diagrama de bloques del prototipo

Para comprender mejor el funcionamiento principal del prototipo se debe realizar un diagrama de bloques para el circuito electrónico para así realizar su desarrollo del prototipo la cual se muestra en la siguiente figura.

**Figura 23.**

#### **Diagrama de Bloques**



*Nota. Elaboración Propia*

En el diagrama de bloques se puede observar partes fundamentales las cuales son:

- Adquisición de datos para la temperatura corporal (neonato) para la cuantificación de parámetro en grados centígrados °C.
- Adquisición de datos para la temperatura y humedad (en la cúpula del equipo incubadora) para la cuantificación del parámetro en grados centígrados °C y porcentaje %.

- Modulo microcontrolador con conexión wifi, la cual realizara el envío de datos cuantificables al sistema web para su monitorización y centralización.

### 3.3.3.1.3. Adquisición de la temperatura corporal

La adquisición de la temperatura corporal consta en el principio físico de la variación térmica del cuerpo humano, una de las técnicas de medición de temperatura es la axilar, especialmente útil para neonatos, donde se realiza el colocado del sensor de temperatura (NTC) de piel debajo del brazo, esta técnica es menos invasiva que otras, lo que la hace preferida para la monitorización de la temperatura en recién nacidos.

- **Sensor de temperatura NTC.**

Se ha elegido utilizar el termistor NTC de  $10K\Omega - 25^{\circ}C$ , de tipo perla, debido a su rendimiento confiable y costo accesible.

**Figura 24.**

**Sonde de Temperatura**



*Nota. NTC  $10K\Omega - 25^{\circ}C$  - Elaboración Propia*

- **Calibración Del Sensor De Temperatura NTC**

Es importante tener en cuenta que un termistor NTC no exhibe una respuesta lineal; es decir, no podemos aplicar un factor constante para convertir la resistencia en temperatura. Sin embargo, este tipo de termistor es altamente sensible.

Para garantizar una calibración precisa del circuito de adquisición de temperatura corporal, hemos desarrollado una tabla de correspondencia entre resistencia ( $K\Omega$ ) y temperatura ( $^{\circ}C$ ) específicamente para el termistor NTC que estamos utilizando como se muestra en la tabla XX. Para llevar a cabo este proceso, empleamos un multímetro de precisión y un termómetro de mercurio debidamente calibrado. Esto nos permitirá obtener muestras de resistencia correspondientes a diferentes temperaturas, asegurando así una conversión precisa y confiable de la resistencia medida a temperatura como se muestra en la figura XX.

**Figura 25.**

**Calibración de sensor de temperatura**



*Nota. Elaboración Propia*

**Tabla 6.****Valores de Temperatura vs Resistencia**

Datos Estandar de Ntc 10Kohm				
Datos	Temp °C	Temp °K	Res Kohm	Res Kohm
20	29	302	8,3357	8,3
21	30	303	7,9708	8,0
22	31	304	7,6241	7,6
23	32	305	7,2946	7,3
24	33	306	6,9814	7,0
25	34	307	6,6835	6,7
26	35	308	6,4002	6,4
27	36	309	6,1306	6,1
28	37	310	5,8736	5,9
29	38	311	5,6296	5,6
30	39	312	5,3969	5,4
31	40	313	5,1752	5,2
32	41	314	4,9639	5,0
33	42	315	4,7625	4,8
34	43	316	4,5705	4,6
35	44	317	4,3874	4,4
36	45	318	4,2126	4,2
37	46	319	4,0459	4,0
38	47	320	3,8867	3,9
39	48	321	3,7348	3,7
40	49	322	3,5896	3,6

*Nota. Elaboración Propia*

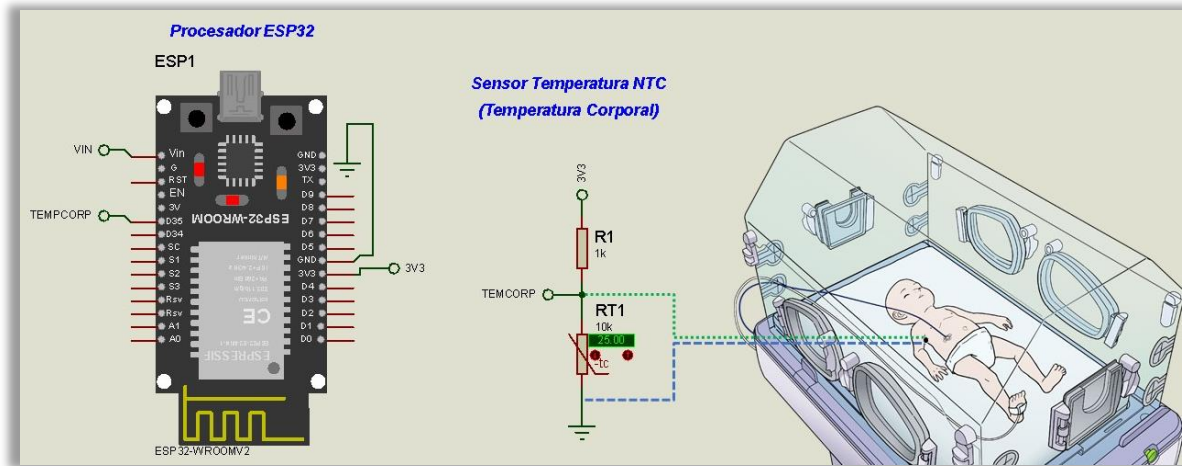
- **Diseño del circuito para la adquisición de la temperatura corporal**

Se presenta el circuito para la medición de la temperatura corporal, la base del diseño consta un divisor de tensión, donde la resistencia superior (de carga) tiene el valor de resistivo  $1k\Omega$  y la resistencia inferior será el sensor NTC con valor resistivo estándar de  $10k\Omega$ .



**Figura 26.**

**Circuito de Adquisición de temperatura Corporal**



La Base del procedimiento de divisor de tensión, es conocido como radiométrico, ya que el valor obtenido del divisor resistivo es directamente proporcional a la tensión aplicada y así también la entrada analógica del microcontrolador ESP32.

Para el desarrollo y explicación de la adquisición de la temperatura corporal es la siguiente ecuación 1.

**Ecuación 1. Formula de Divisor de tensión**

$$v_i = v_E \cdot \frac{R_{NTC}}{R_{NTC} + R_1}$$

Donde:

$v_i$  ; Voltaje de Divisor de Tensión

$v_E$  ; Voltaje de Alimentación

$R_{NTC}$  ; Resistencia NTC (temperatura corporal)

$R_1$  ; Resistencia de Carga

Luego de obtener el voltaje de divisor de tensión, el dato que ingresa al microcontrolador ESP32 en el pin D35 configurado para recibir valor analógico, el conversor devuelve un valor A/D en función  $v_i$  Voltaje de Divisor de Tensión la cual se demuestra en la ecuación 2.

**Ecuación 2. Conversor analógico a digital (AD)**

$$AD = v_i \cdot \frac{FE}{v_E}$$

Donde:

$AD$  ; Conversión de analógico a digital

$v_i$  ; Voltaje de Divisor de Tensión

$v_E$  ; Voltaje de Alimentación

$FE$  ; Fondo de escala (Resolución)

Remplazar la *ecuación 1* en *ecuación 2* se tiene la siguiente:

$$AD = v_E \cdot \frac{R_{NTC}}{R_{NTC} + R_1} \cdot \frac{FE}{v_E}$$

**Ecuación 3**

$$AD = \frac{R_{NTC} \cdot FE}{R_{NTC} + R_1}$$

Una vez obtenidos los valores de la conversión AD, se debe realizar la conversión a temperatura, para calcular la temperatura se utilizar la fórmula de SteinHart - Hart de la ecuación 4.

**Ecuación 4. Formula SteinHart – Hart**

$$\frac{1}{T(^{\circ}K)} = A + B \ln(R_{NTC}) + C \ln^3(R_{NTC})$$

Donde:

$T$ : Es la temperatura en ( $^{\circ}K$ )

$R_{NTC}$ : Es la resistencia la resistencia del termistor en ( $K\Omega$ )

$A, B$  y  $C$ : Son constantes de la curva de aproximación.

Para determinar los coeficientes  $A$ ,  $B$  y  $C$  de la fórmula de "SteinHart – Hart" formamos un sistema de ecuaciones considerando que la temperatura del cuerpo humano es aproximadamente  $36^{\circ}C$  por lo que elegimos el intervalo de análisis entre  $30^{\circ}C < T < 40^{\circ}C$ .

**Ecuación 5.**

$$A + \ln(8.3) B + \ln^3(8.3) C = \frac{1}{303}$$

**Ecuación 6.**

$$A + \ln(7.2) B + \ln^3(7.2) C = \frac{1}{308}$$

**Ecuación 7.**

$$A + \ln(5.7) B + \ln^3(5.7) C = \frac{1}{313}$$

$$\begin{cases} A + \ln(8.3) B + \ln^3(8.3) C = \frac{1}{303} \\ A + \ln(7.2) B + \ln^3(7.2) C = \frac{1}{308} \\ A + \ln(5.7) B + \ln^3(5.7) C = \frac{1}{313} \end{cases}$$

Para obtener los valores de los coeficientes aplicaremos el método de resolución de sistemas de ecuaciones por Cramer:

Para el Coeficiente A:

$$D_A = \frac{\begin{bmatrix} \frac{1}{303} & \ln(8.3) & \ln(8.3)^3 \\ \frac{1}{308} & \ln(7.2) & \ln(7.2)^3 \\ \frac{1}{313} & \ln(5.7) & \ln(5.7)^3 \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} 1 & \ln(8.3) & \ln^3(8.3) \\ 1 & \ln(7.2) & \ln^3(7.2) \\ 1 & \ln(5.7) & \ln^3(5.7) \end{bmatrix}} \Rightarrow D_A = 0.00371$$

Para el Coeficiente B:

$$D_B = \frac{\begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{303} & \ln(8.3)^3 \\ 1 & \frac{1}{308} & \ln(7.2)^3 \\ 1 & \frac{1}{313} & \ln(5.7)^3 \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} 1 & \ln(8.3) & \ln^3(8.3) \\ 1 & \ln(7.2) & \ln^3(7.2) \\ 1 & \ln(5.7) & \ln^3(5.7) \end{bmatrix}} \Rightarrow D_B = -0.00051$$

Para el Coeficiente C:

$$D_C = \frac{\begin{bmatrix} 1 & \ln(8.3) & \frac{1}{303} \\ 1 & \ln(7.2) & \frac{1}{308} \\ 1 & \ln(5.7) & \frac{1}{313} \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} 1 & \ln(8.3) & \ln^3(8.3) \\ 1 & \ln(7.2) & \ln^3(7.2) \\ 1 & \ln(5.7) & \ln^3(5.7) \end{bmatrix}} \Rightarrow D_C = 0.00007$$

La solución para el sistema de ecuaciones es:

$$A = 0.00371; B = -0.00051; C = 0.00007$$

Reemplazar los valores de los coeficientes A, B y C encontrados en la fórmula general de "SteinHart – Hart" ecuación 4

**Ecuación 8**

$$\frac{1}{T(^{\circ}K)} = A + B \ln(R_{NTC}) + C \ln^3(R_{NTC})$$

Despejamos T(^{\circ}K) de la ecuación 8

**Ecuación 9**

$$T(^{\circ}K) = \frac{1}{A + B \ln(R_{NTC}) + C \ln^3(R_{NTC})}$$

De La ecuación 9 de T(^{\circ}K) convertir a T(^{\circ}C) donde: T(^{\circ}K) = T(^{\circ}C) + 273.15

$$T(^{\circ}C) + 273.15 = \frac{1}{A + B \ln(R_{NTC}) + C \ln^3(R_{NTC})}$$

**Ecuación 10**

$$T(^{\circ}C) = \frac{1}{A + B \ln(R_{NTC}) + C \ln^3(R_{NTC})} - 273.15$$

- **Codificación**

Una vez encontrada la ecuación 10 se realiza la correspondiente línea de codificación

**Figura 27.****Código**

```
float Lect_adc = analogRead(analogPin);
float Resist = ((0.989*Lect_adc)/(4095.0-Lect_adc));
float Ln_Resist = log(Resist);
float Ln_Resist3 = pow(Ln_Resist,3);
float CorpTemp = (1/(0.00311365+-0.00000482*Ln_Resist+0.00002221*Ln_Resist3)-273.15);
Serial.println("Corp: " + String(CorpTemp));
```

**3.3.3.1.4. Adquisición de la temperatura y humedad**

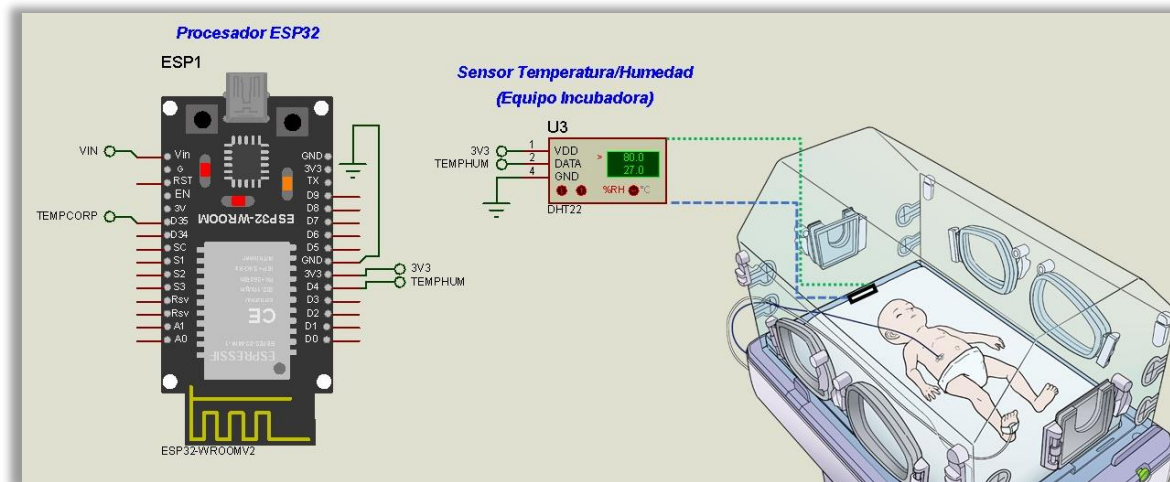
La adquisición de la temperatura y humedad del ambiente de la cúpula del equipo incubadora consta en el principio físico de la variación térmica en el ambiente, una de las

técnicas de medición se realizará con el sensor DHT22, especialmente para monitorizar en ambientes, donde se realiza el colocado del sensor (DHT22) dentro de la cúpula del equipo incubadora.

- **Sensor de temperatura y humedad.** Se ha elegido utilizar el sensor DHT22 de -40°C a 80°C de temperatura y 0% a 99% de humedad, debido a su rendimiento confiable, precisión y costo accesible.
- **Diseño del circuito para la adquisición de la temperatura y humedad:** Se presenta el circuito para la medición de la temperatura y humedad, la base del diseño consta de su configuración ya designada desde la librería de programación <dht.h>, con una configuración estándar cable rojo – alimentación positiva de 3.3 voltios; cable de color amarillo – transmisión de datos; cable color negro – alimentación negativa.

**Figura 28.**

**Circuito de Adquisición de temperatura y humedad de la cúpula (incubadora)**




La Base del procedimiento de adquisición de temperatura y humedad, es conocido como radiométrico, ya que el valor obtenido del microcontrolador ESP32 es en el

pin D4 en base a la librería proporcionada por el desarrollador del componente electrónico (sensor DHT22).

**Tabla 7.**

**Datos de aplicación librería DHT.h**

Datos de aplicación de la librería <dht.h>			
	Partes de DHT22/AMS2302		
	N°	DHT22/AMS2302	Observaciones
	1	Rojo	Conexión a energía 3.3 a 5 voltios
	2	Amarillo	Conexión de Data, a pin D4
	3	Negro	Conexión a energía Negativo
	Base de la librería DHT.h		
	1	#include "DHT.h"	librería
	2	#define DHTPIN 4 #define DHTTYPE DHT22	Definición de variables
	3	DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);	crea una instancia del sensor DHT para luego dar la lectura de datos

*Nota. Elaboración Propia*

**Figura 29.**

**Codificación**

```
#include "DHT.h"
#define DHTPIN 4 //GPIO
#define DHTTYPE DHT22
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  dht.begin();
}
void loop() {
  float temp = dht.readTemperature();
  int hum = dht.readHumidity();
  Serial.println("Temp: " + String(temp));
  Serial.println("Hum: " + String(hum));
}
```

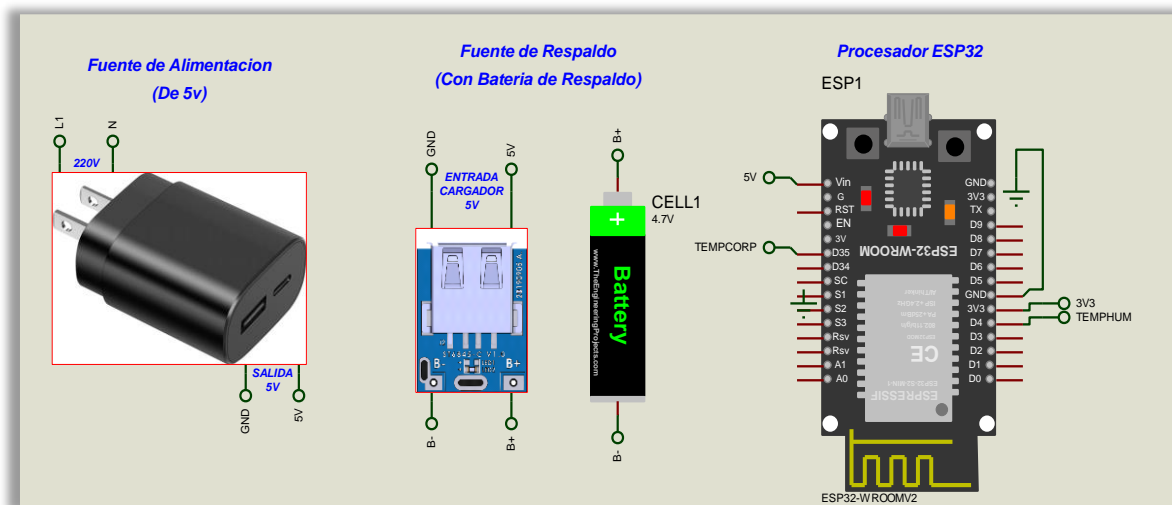
**3.3.3.1.5. Fuente De Tensión y Fuente de Respaldo**

Una característica del Hardware del prototipo es que el mismo debe ser portátil y

seguro, la cual llevara una batería de respaldo (fuente de respaldo) para en casos de corte de energía eléctrica la cual debe proporcionar 5 voltios. Para su funcionamiento correspondiente del prototipo. Para el diseño se tomó como base la una fuente de tensión de 5 voltios y un módulo de respaldo (la cual consta de un módulo de carga; encargada de cargar la batería correspondiente) como se muestra en la siguiente figura XX

**Figura 30.**

**Circuito de fuente de alimentación y fuente de respaldo**



- **Fuente de alimentación:** Se ha elegido utilizar el Cargador con la capacidad de 5 voltios como salida y alimentación del prototipo, así como también la etapa de fuente de respaldo de esta manera logrando alimentar al microcontrolador ESP32 con 5 voltios.
- **Diseño de la Fuente de respaldo:** Se presenta el circuito para el almacenaje de energía, en base al módulo de carga ST6845-C que consta de su funcionamiento principal almacenar carga en baterías de litio - tipo 18650, dando así la funcionalidad de almacenar la energía para casos de corte de red eléctrica.

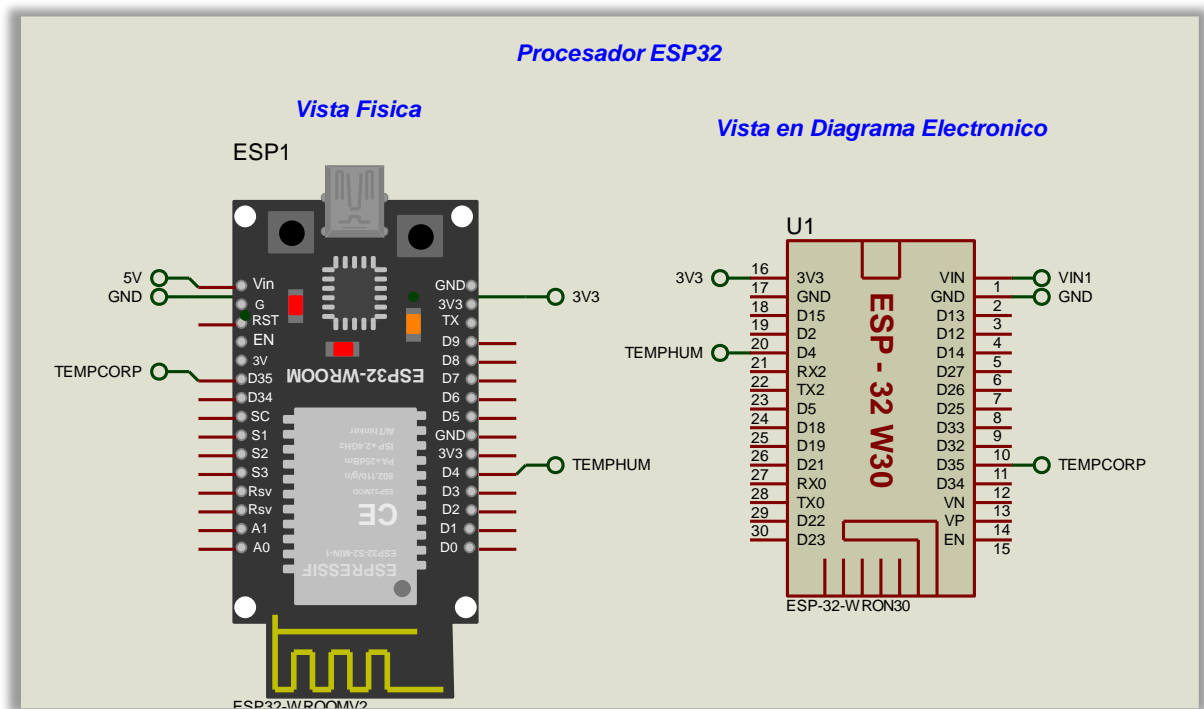


### 3.3.3.1.6. Circuito Principal de Procesamiento de datos

El circuito principal de procesamiento de datos es constituido en base al Microcontrolador ESP32, el dispositivo controla todas las funciones de adquisición y envío de datos vía internet, se muestra los pines utilizados para el funcionamiento del prototipo en la siguiente figura XX.

**Figura 31.**

#### **Pines Utilizados del Microcontrolador ESP32**



La designación de pines para las configuraciones y alimentación de funcionamiento, entrada y salida del microcontrolador ESP32 se detalla a continuación:

- **Vin:** El microcontrolador ESP32 cuenta con un pin de alimentación positiva Vin, disponible en el pin 1 respectivamente. La tensión de alimentación del dispositivo está comprendida entre 3.3 voltios a 5 voltios según la hoja de

datos, aunque técnicamente se recomienda no sobrepasar los 5.5 voltios.

- **GND:** El microcontrolador ESP32 cuenta con un pin de alimentación negativa o tierra, disponibles en los pines 2 y pines 17 respectivamente.
- **3v3:** El microcontrolador ESP32 cuenta con un pin de alimentación de 3.3 voltios para alimentación para adquisición de datos, disponible en el pin 16 respectivamente. La salida de voltaje es de 3.3 voltios según la hoja de datos es de salida técnicamente se recomienda utilizar este voltaje para alimentar sensores. Este pin de 3.3 voltios, se utilizará para las etapas de adquisición de datos: Temperatura corporal y Temperatura/Humedad de la cúpula del equipo incubadora.
- **D4:** Este pin está configurado para la adquisición de datos de temperatura y humedad (del sensor DHT22/AM2302) de la cúpula del equipo incubadora.
- **D32:** Este pin está configurado como entrada analógica para la adquisición de datos de temperatura corporal (del sensor NTC) del neonato

La utilidad de los pines mencionados anteriormente facilita una gestión más eficiente de los recursos disponibles en el microcontrolador ESP32, sin comprometer su rendimiento.

#### **3.3.3.1.7. Codificación de Microcontrolador ESP32**

En la siguiente figura XX, describe la configuración de los puertos de entrada, comunicación de red wifi e instrucciones necesarias para el funcionamiento del microcontrolador, además de la codificación.

Figura 32.

## Codificación del hardware

```

1 //===== Including the libraries.
2 #include <WiFi.h>
3 #include <HTTPClient.h>
4 #include <Arduino_JSON.h>
5 #include "DHT.h"
6 #include <math.h>
7 //===== Variables
8 #define DHTPIN 4 //GPIO
9 #define DHTTYPE DHT11
10 #define pinLED 2 //GPIO 4
11 //=====
12 DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
13 //===== SSID and Password of your WiFi router.
14 const char* ssid = "EcoTank L3150";
15 const char* password = "L3150@EPSON";
16 const char* server= "192.168.0.3";
17 //===== NTC VARIABLES
18 const int analogPin = 35; // Puerto analógico 35
19 const float R1 = 1000.0; // Resistencia de referencia de 1KR
20 const float Vref = 3.3; // Voltaje de referencia de 3V
21 //=====
22 void setup() {
23 // put your setup code here, to run once:
24 Serial.begin(115200);
25 // inicio de sensot
26 dht.begin();
27
28 //SET MODE LED
29 pinMode(pinLED, OUTPUT);
30 //WIFI
31 //WiFi.hostname("NodeMCU");
32 WiFi.mode(WIFI_STA);
33 WiFi.begin(ssid, password);
34
35 while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
36 // Make the On Board Flashing LED on the process of connecting to the wifi router.
37 digitalWrite(pinLED, LOW);
38 delay(500);
39 }
40 digitalWrite(pinLED, HIGH);
41 }
42
43 void loop() {
44 // put your main code here, to run repeatedly:
45 float temp = dht.readTemperature();
46 int hum = dht.readHumidity();
47 int modulo = 1; // cambiar dependiendo el modulo 1,2,3,4
48
49 Serial.println("=====");
50 Serial.println("TERMUVA VERSION 3.0");
51 float Lect_adc = analogRead(analogPin);
52 float Resist = ((0.989*Lect_adc)/(4095.0-Lect_adc));
53 float Ln_Resist = log(Resist);
54 float Ln_Resist3 = pow(Ln_Resist,3);
55 float CorpTemp = (1/(0.00311365+-0.00000482*Ln_Resist+0.00002221*Ln_Resist3)-273.15);
56 Serial.println("Temp: " + String(temp));
57 Serial.println("Hum: " + String(hum));
58 Serial.println("Corp: " + String(CorpTemp));
59 Serial.println("Modulo: " + String(modulo));
60 //wifi
61 WiFiClient wClient;
62 const int httpPort = 80;
63 if(!wClient.connect(server, httpPort))
64 {
65 Serial.println("TERMUVA VERSION 3.0 - 2024");
66 return;
67 }
68
69
70 HTTPClient http;
71
72 String urlMonitor;
73 urlMonitor = "http://"+String(server)+"/termuvafinal001/public/actualizar001/"+String(temp)+"/"+String(hum)+"/"+String(CorpTemp);
74 http.begin(wClient, urlMonitor);
75 http.GET();
76 http.end();
77
78
79 String urlHistorial;
80 urlHistorial = "http://"+String(server)+"/termuvafinal001/public/insertar/"+String(temp)+"/"+String(hum)+"/"+String(CorpTemp)+"/"+String(modulo);
81 http.begin(wClient, urlHistorial);
82 http.GET();
83 http.end();
84
85 delay(1000);
86 }

```

### 3.3.3.1.8. Implementación Física Del Proyecto

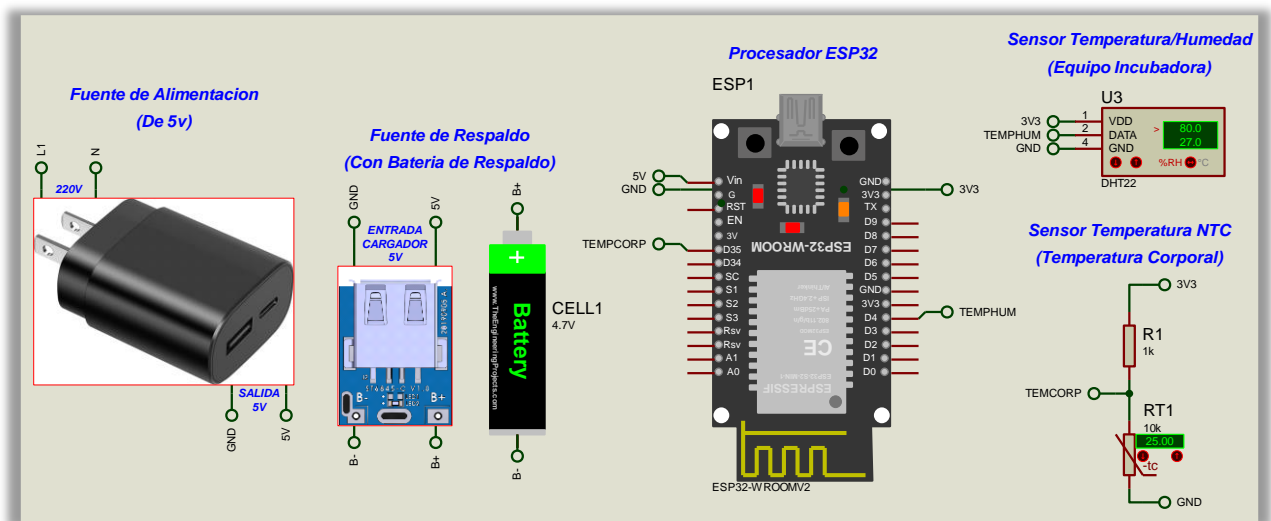
Para su implementación física con lleva varios procesos de elaboración empezando desde el pre - prototipado en protoboard previo a la prueba de funcionamiento y así hasta el diseño final en una tarjeta electrónica.

- **Circuito Final del prototipo.**

Para la el armado del circuito electrónico se utilizó el software Proteus 8, donde se desarrolló todo el esquema electrónico del prototipo.

**Figura 33.**

**Circuito final desarrollado en el Software Proteus 8**



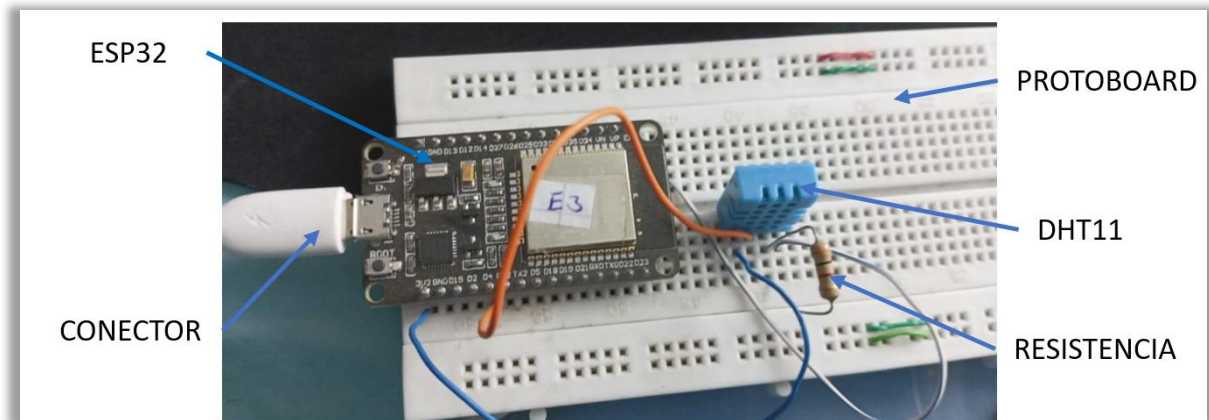
*Nota. Elaboración Propia*

- **Pre - prototipado del Circuito Final del prototipo.**

El armado del pre – prototipo se ve en la siguiente figura XX, donde se aprecia el ensamblado físico antes del diseño en una tarjeta electrónica.

**Figura 34.**

**Ensamblado del Pre - prototipado del Circuito Final del prototipo**

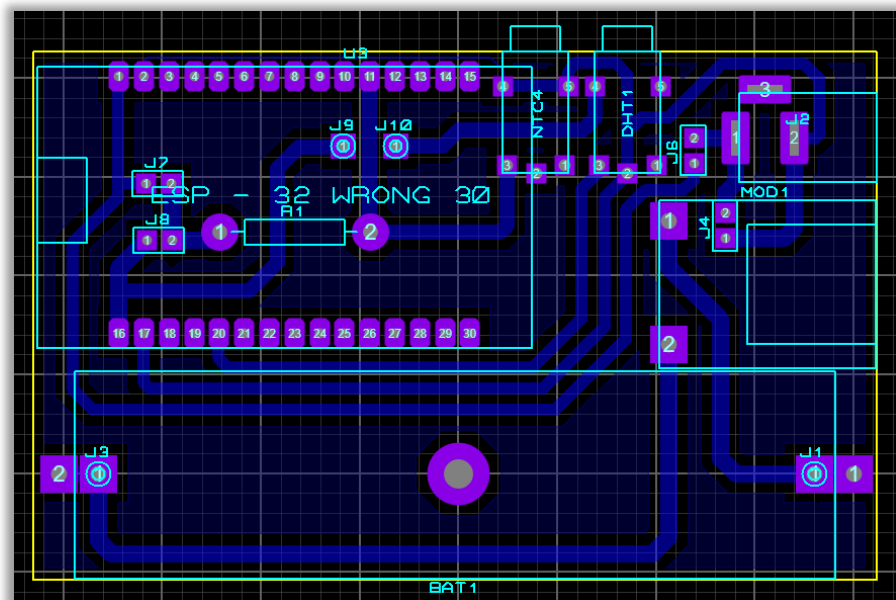


- **Diseño de la PCB del Circuito Final del prototipo.**

Para la el armado del circuito electrónico en un PCB se utilizó el software Proteus 8, donde se desarrolló todo el circuito de la PCB y una previa del modelo en 3D.

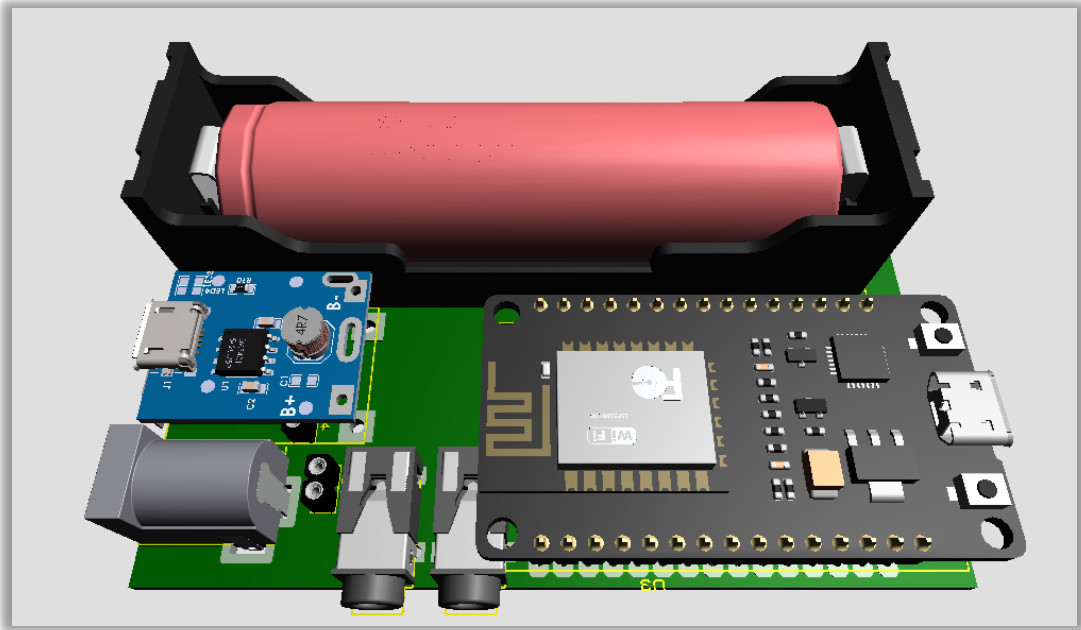
**Figura 35.**

**Diseño de la PCB del circuito final del prototipo en PROTEUS 8 – PCB Layout**

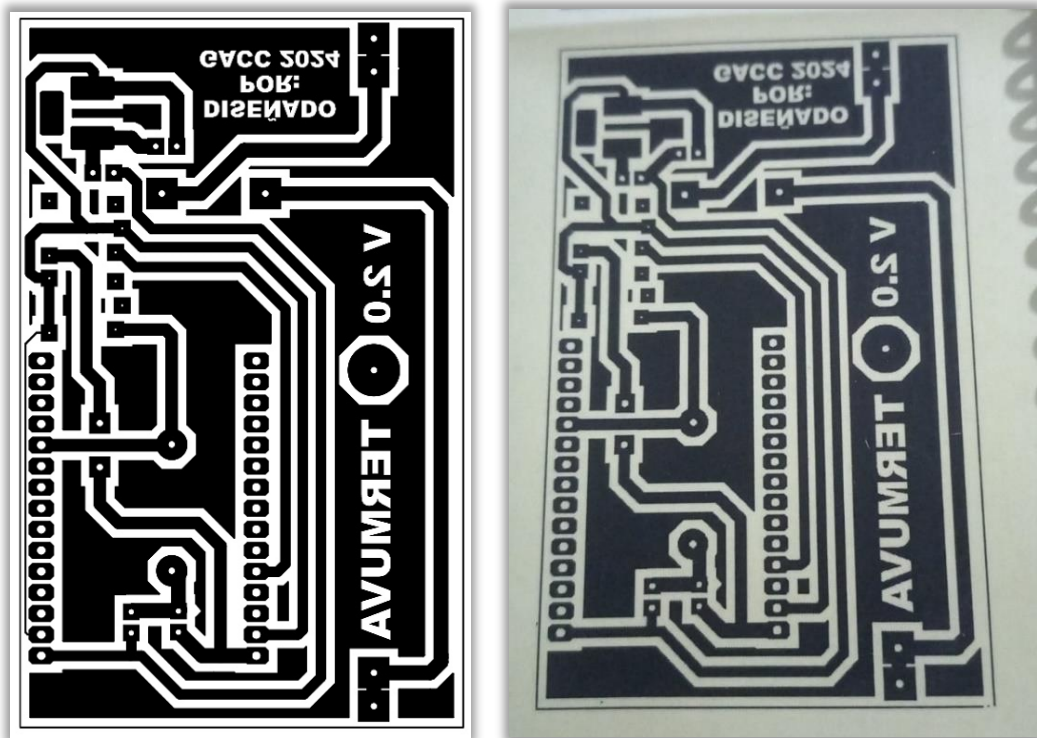


**Figura 36.**

**Diseño de la PCB del circuito final del prototipo en PROTEUS 8 vista 3D**



**Figura 37. Diseño de la PCB para impresión y grabado**



- **Diseño en físico de la PCB.**

Para el armado en físico del circuito electrónico de la PCB se utilizó los materiales para su construcción: placa PCB fibra de vidrio, ácido férrico y todos los componentes electrónicos indicados en la tabla XX, utilizando el método de planchado como se muestra en las siguientes figuras XX.

**Figura 38.**

**Proceso de elaboración de la PBC (Gravado con Acido)**



**Figura 39.**

**Proceso de elaboración de la PBC (Perforado)**





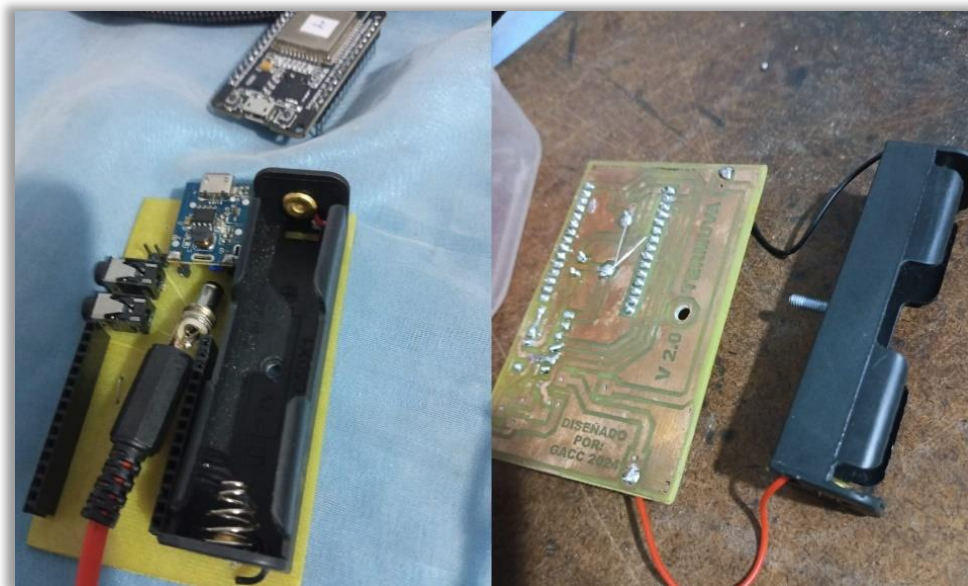
**Figura 40.**

**Proceso de elaboración de la PBC**



**Figura 41.**

**Ensamblaje completo del prototipo**





**Figura 42.**

**Soldadura del prototipo**

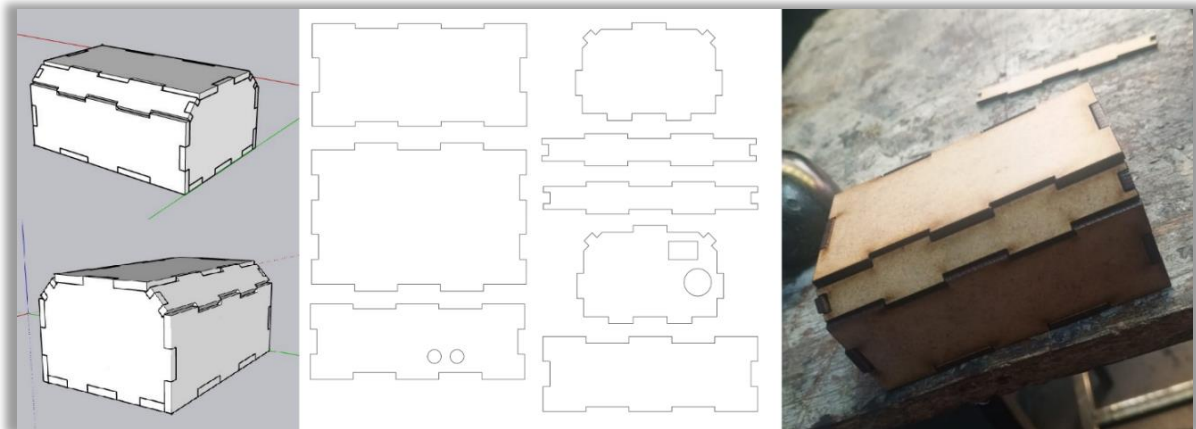


- **Diseño del chasis del prototipo.**

Para el chasis del prototipo se muestra en la figura XX, el modelo del chasis fue desarrollado en el programa SKETCHUP.

**Figura 43.**

**Diseño del chasis en modelo 3d y en físico**



- **Diseño del final.**

Para el diseño final se implementa la parte electrónica y el chasis del prototipo se muestra en la figura XX.

**Figura 44.**

**Ensamblado del Prototipo final**



**Figura 45.****Prototipo Final**

- Pruebas del Diseño del final.

Para el diseño final se realizó la prueba de adquisición de datos la cual se muestra en la siguiente figura xx.

**Figura 46.****Pruebas del Diseño del final de Hardware**

```

1 //***** Including the libraries.
2 #include <WiFi.h>
3 #include <MQTTClient.h>
4 #include <Arduino_JSON.h>
5 #include "DHT.h"
6 //***** Variables
7 #define DHTPIN 4 //GPIO
8 #define DHTTYPE DHT11
9 #define pinLED 2 //GPIO 5
10 //*****
11 DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
12 const int portPin = 35;
13 //***** RFID and Pass
14 const char* uid = "Eco Tank Print"; // cambiar el nombre
15 const char* password = "H0ME2021"; // cambiar la contraseña
16 const char* server = "192.168.0.17"; //IPADDRESS EN LA RED
17 //*****
18 //***** Variables for
19 float send_TempDtc;
20 float dato_TempDtc;
21 float uid;
22 float uidTemp;
23 float uid;
24
25 void setup() {
26 // put your setup code here, to run once!
27 Serial.begin(115200);
28 // inicio de connect
29 dht.begin();
30
31 //REV NODE LED
32 pinMode(pinLED, OUTPUT);
33 //WiFi
34 //WiFi.hostname("NodeMCU");
35 WiFi.mode(WIFI_STA);
  
```

```

COM3
Hum: 81
Coef: 86.74
TERMOVA VERSION 2.0
Temp: 16.70
Hum: 84
Coef: 214.46
TERMOVA VERSION 2.0
Temp: 17.80
Hum: 86
Coef: 458.80
TERMOVA VERSION 2.0
Temp: 18.70
Hum: 87
Coef: 459.90
  
```

### 3.4. Metodología IWEB

En esta etapa del desarrollo para la interfaz de usuario para el “*Modelo de Monitorización Central para incubadoras neonatales*”, es necesario seguir y la metodología IWEB ya mencionada en el marco teórico del Capítulo II.

Se aplico las diferentes fases que contempla la metodología IWEB, las fases son las siguientes: Formulación, Planificación, Análisis, Ingeniería, Generación de páginas, Pruebas y Evaluación del cliente.

#### 3.4.1. Formulación

Durante la etapa de formulación, se definen las metas y objetivos del sistema, lo que proporciona la base para comprender la motivación detrás de su desarrollo y su relevancia al público que está dirigido.

##### **Objetivos del sistema:**

- Desarrollo de un sistema web con una buena experiencia de usuario.
- Monitorización en pantalla de inicio.

Para desarrollar el sistema web se dividirá en dos metas importantes: Metas aplicables y metas informativas, donde se detallan en los siguientes puntos.

- **Metas Aplicables:** en esta etapa se seleccionaremos programas que nos ayudaran a poder desarrollar el prototipo web, para esto se identifican:
  - **Requisitos de contenido**
  - **Requisitos funcionales**
    - Registro de paciente

- Login.
  - Visualización de central de monitorización
  - Visualización de Historial
- Definir escenarios de iteración para usuarios
  - Administrador
  - Jefe de Área (responsable de la unidad de Neonatología)
  - Personal de Área (Personal a cargo del responsable de unidad de neonatología)
- **Metas Informativas:** Se realiza la recopilación de datos, y proceso de la información, donde se visualiza en el módulo de monitorización.
- **¿Cuál es el objetivo fundamental que el sistema?**

R. Diseñar un MODELO DE MONITORIZACIÓN CENTRAL PARA INCUBADORAS NEONATALES basado en un prototipo de hardware (ESP32) y software, con el fin de mejorar la monitorización de Temperatura del paciente neonatal y la Temperatura/Humedad interna de la Cúpula del equipo médico.
- **¿Cómo facilitaría el acceso a la información y la comunicación entre los profesionales de la salud que atienden a los neonatos?**

R. El sistema proporcionaría una plataforma centralizada para almacenar y acceder a la información relevante sobre la temperatura corporal de los neonatos, temperatura y humedad del equipo médico(incubadora) incluyendo:

  - Historial de cada modulo
  - Temperatura/Humedad (incubadora) en tiempo real

- Temperatura corporal del paciente neonato en tiempo real

Esto eliminaría la necesidad de buscar información en diferentes sistemas o registros, ahorrando tiempo y mejorando la eficiencia.

- **¿Quiénes serán los usuarios que utilizarán el sistema?**

R. Usuarios potenciales del sistema en la unidad de neonatología:

- Administrador: Usuario encargado del manejo total del sistema, posee los privilegios necesarios para realizar los cambios adecuados, además de interactuar plenamente con el sistema.
- Neonatólogos: el usuario que tendrá privilegios de visualizar historial de los monitores editar modulo incubadoras y el login.
- Enfermeras neonatales: el usuario que tendrá privilegios de visualizar historial de los monitores editar modulo incubadoras y el login.
- Residentes de neonatología: es el usuario que tendrá privilegios de visualizar historial de los monitores editar modulo incubadoras y el login.

**Figura 47.**

**Metas aplicables para el prototipo**





### 3.4.2. Planificación

Para el desarrollo del prototipo web deberá ser realizado en 6 meses como mínimo.

### 3.4.3. Análisis

En esta etapa se procede a obtener los siguientes módulos, gracias a los requerimientos de usuario:

- Login. Central de monitorización, Historial de monitorización, Registro de pacientes, Registro de incubadoras y Registro de personal de área.

**Figura 48.**

#### Caso de uso - Administrador

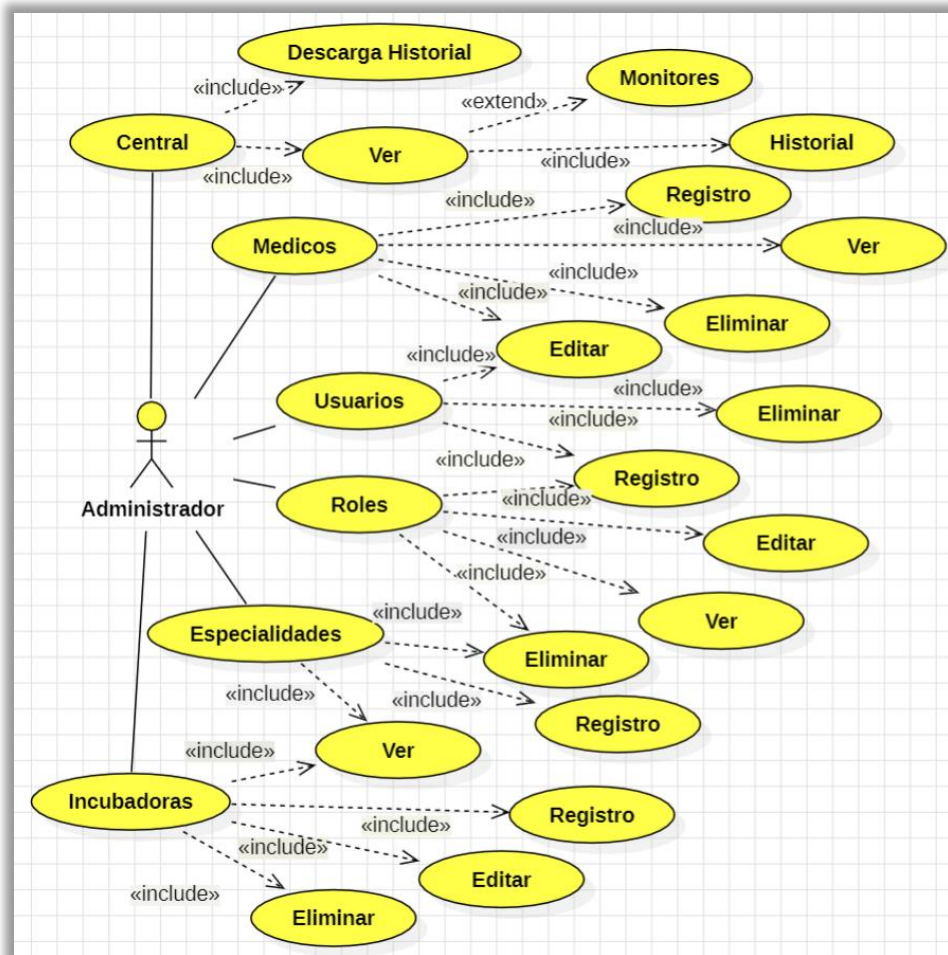
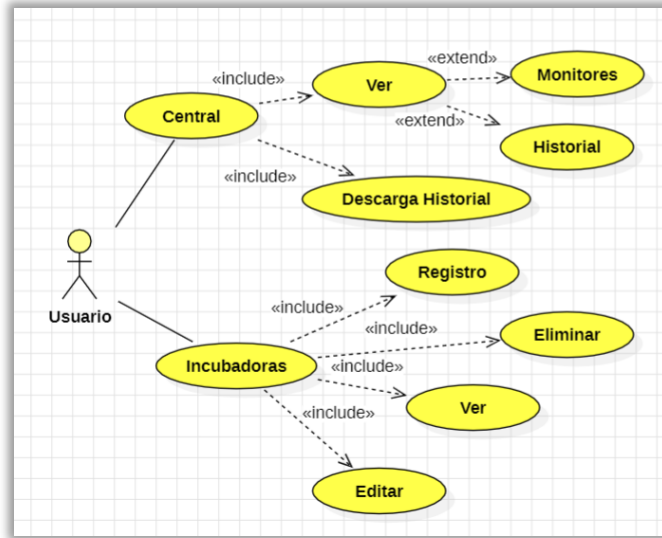


Figura 49.

Caso de Uso - Usuario



3.4.4. Ingeniería

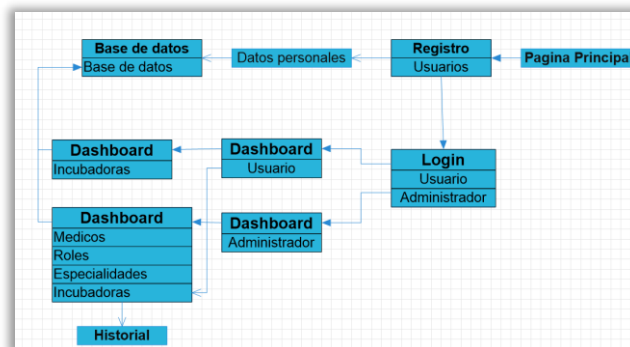
3.4.4.1. Diseño de contenido

El diseño del contenido debe ser amigable a la vista y una relación con los colores del área de neonatología.

3.4.4.2. Diseño Arquitectónico

Figura 50.

Diseño Arquitectónico

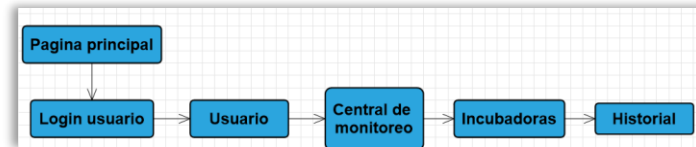




### 3.4.4.3. Diseño de navegación

**Figura 51.**

#### **Diseño de Navegación**



### 3.4.5. Pruebas

En esta fase se realizó las pruebas pertinentes con la adquisición de datos para el muestreo de la central de monitorización.

### 3.4.6. Evaluación del cliente.

La evaluación del sistema será realizada por el personal de área.

### 3.4.7. Desarrollo del Modelo

#### 3.4.7.1. Desarrollo de modelo de monitorización central

- Procesamiento de adquisición de datos.

**Figura 52.**

#### **Procesamiento de adquisición de datos**



Figura 53.

## Código de adquisición de datos

```

<link href= {{ asset( 'css/termuva-11b-upea.css' ) }} rel= stylesheet >
<!-- funcion realtime humedad temperatura y temperatura corporal-->
<script type="text/javascript">
    $(document).ready( function() {
        setInterval( function() {
            $("#temp001").load("{ url('temperatura001') }");
            $("#hum001").load("{ url('humedad001') }");
            $("#ntc001").load("{ url('ntctemp001') }");
            $("#temp002").load("{ url('temperatura002') }");
            $("#hum002").load("{ url('humedad002') }");
            $("#ntc002").load("{ url('ntctemp002') }");
            $("#temp003").load("{ url('temperatura003') }");
            $("#hum003").load("{ url('humedad003') }");
            $("#ntc003").load("{ url('ntctemp003') }");
            $("#temp004").load("{ url('temperatura004') }");
            $("#hum004").load("{ url('humedad004') }");
            $("#ntc004").load("{ url('ntctemp004') }");
        }, 1000); //1000ms = 1seg
    });
</script>

```

Figura 54.

## Muestreo de datos

```

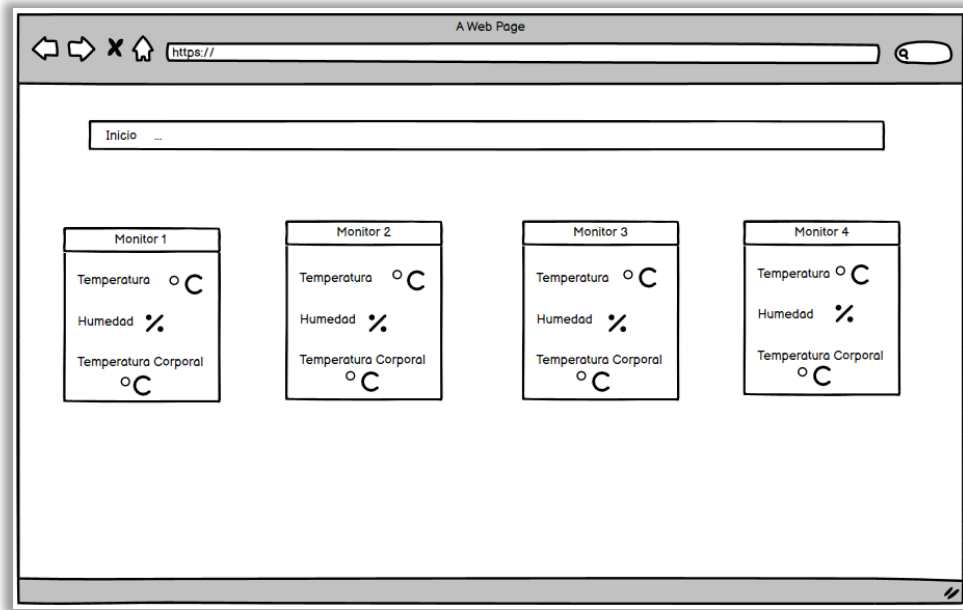
<!-- MONITOR numero 1 -->
<div class="col">
    <div>
        <div class="card-body">
            <!-- Monitorización de Temperturas/Humedad -->
            <div class="card">
                <div class="card header">
                    <h3 class="">Monitor N°1</h3>
                </div>
                <!-- Pantallas de lectura -->
                <h4 class="temperatureColor"><i class="fas fa-thermometer-half"></i> TEMPERATURA </h4>
                <p class="temperatureColor">
                    <span class="reading">
                        <span id="temp001"></span>
                        &deg;C
                    </span>
                </p>
                <h4 class="humidityColor"><i class="fas fa-tint"></i> HUMEDAD </h4>
                <p class="humidityColor">
                    <span class="reading">
                        <span id="hum001"></span>
                        &percnt;
                    </span>
                </p>
                <h4 class="temperatureColor"><i class="fas fa-thermometer-half"></i> TEMPERATURA CORPORAL</h4>
                <p class="temperatureColor">
                    <span class="reading">
                        <span id="ntc001"></span> &deg;C</span>
                </p>
                <!-- Pantallas de estados de lectura -->

```

### 3.4.7.2. Maquetación

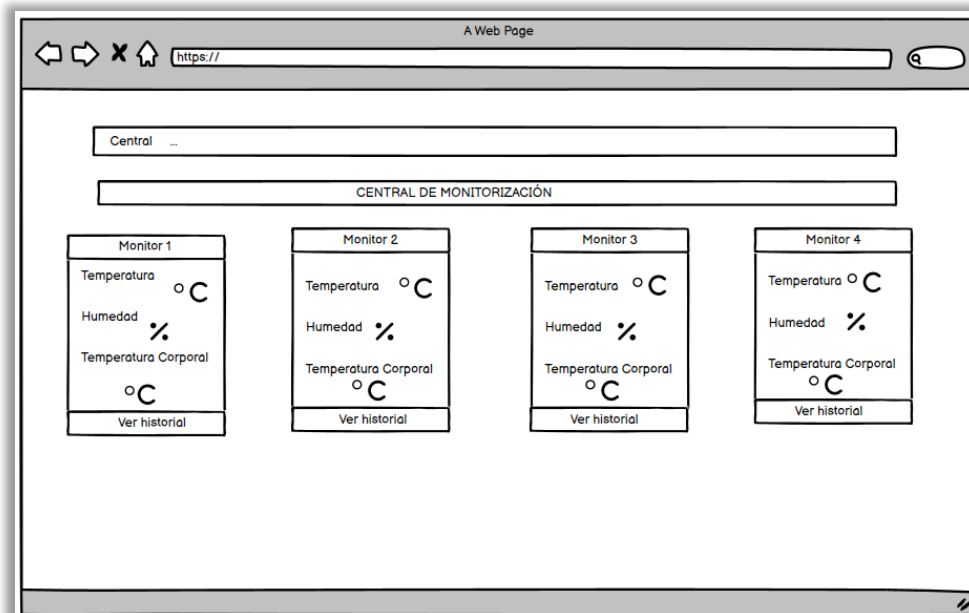
**Figura 55.**

**Maquetación - Página principal o de inicio**



**Figura 56.**

**Maquetación - Central de monitorización**



**Figura 57.****Maquetación - Página de usuario (CRUD)**

A Web Page

https://

Usuarios ...

[Central de Monitorización Incubadoras Neonatales](#)

[< Regresar](#)

Nombre

Contraseña

Personal

Rol

Detailed description: This is a wireframe of a web browser window titled 'A Web Page'. The address bar shows 'https://'. Below the browser window, there is a search bar containing the text 'Usuarios ...'. Underneath the search bar, there is a blue link 'Central de Monitorización Incubadoras Neonatales'. To the right of this link is a '< Regresar' button. The main content area contains a form with four fields: 'Nombre' (text input), 'Contraseña' (password input), 'Personal' (dropdown menu with 'Seleccionar Personal' selected), and 'Rol' (dropdown menu with 'Seleccionar Rol' selected). At the bottom of the form is a button labeled 'Agregar usuario'.

**Figura 58.****Maquetación - Página de Personal de área (CRUD)**

A Web Page

https://

Medico ...

[Central de Monitorización Incubadoras Neonatales](#)

[< Regresar](#)

Nombre

Apellido Paterno

Apellido Materno

Fecha de nacimiento

Correo

Celular

Direccion

Especialidad

Detailed description: This is a wireframe of a web browser window titled 'A Web Page'. The address bar shows 'https://'. Below the browser window, there is a search bar containing the text 'Medico ...'. Underneath the search bar, there is a blue link 'Central de Monitorización Incubadoras Neonatales'. To the right of this link is a '< Regresar' button. The main content area contains a form with eight fields: 'Nombre' (text input), 'Apellido Paterno' (text input), 'Apellido Materno' (text input), 'Fecha de nacimiento' (text input with placeholder 'dd/mm/aaaa'), 'Correo' (text input), 'Celular' (text input), 'Direccion' (text input), and 'Especialidad' (dropdown menu with 'Seleccionar Especialidad' selected). At the bottom of the form is a button labeled 'Agregar personal'.

**Figura 59.****Maquetación - Página de incubadoras (CRUD)**

A Web Page

https://

Incubadora ...

[Central de Monitorización Incubadoras Neonatales](#)

< Regresar

Numero de incubadora

Código de incubadora

Detailed description: This is a wireframe of a web page for managing incubators. It features a browser window with a title bar 'A Web Page' and a search bar containing 'https://'. Below the search bar is a text input field labeled 'Incubadora ...'. The main content area includes a blue link 'Central de Monitorización Incubadoras Neonatales' and a '< Regresar' button. There are two text input fields: 'Numero de incubadora' and 'Código de incubadora'. At the bottom, there is a button labeled 'Agregar incubadora'.

**Figura 60.****Maquetación - Página de Login**

A Web Page

https://

Login

< Regresar

Nombre de usuario

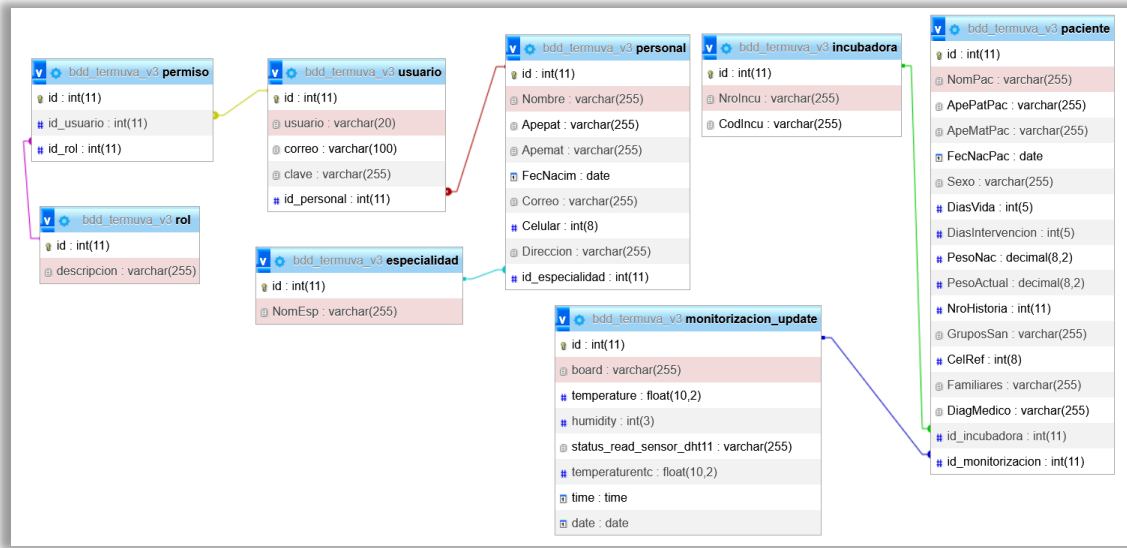
Contraseña

Detailed description: This is a wireframe of a login page. It features a browser window with a title bar 'A Web Page' and a search bar containing 'https://'. The main content area has the title 'Login' and a '< Regresar' button. There are two text input fields: 'Nombre de usuario' and 'Contraseña'. At the bottom, there is a button labeled 'Login'.

### 3.4.7.3. Diseño de la Base de Datos

Figura 61.

Base de Datos



### 3.4.7.4. Desarrollo del Módulos del sistema

Figura 62.

Módulo de presentación (muestreo de datos de adquisición)

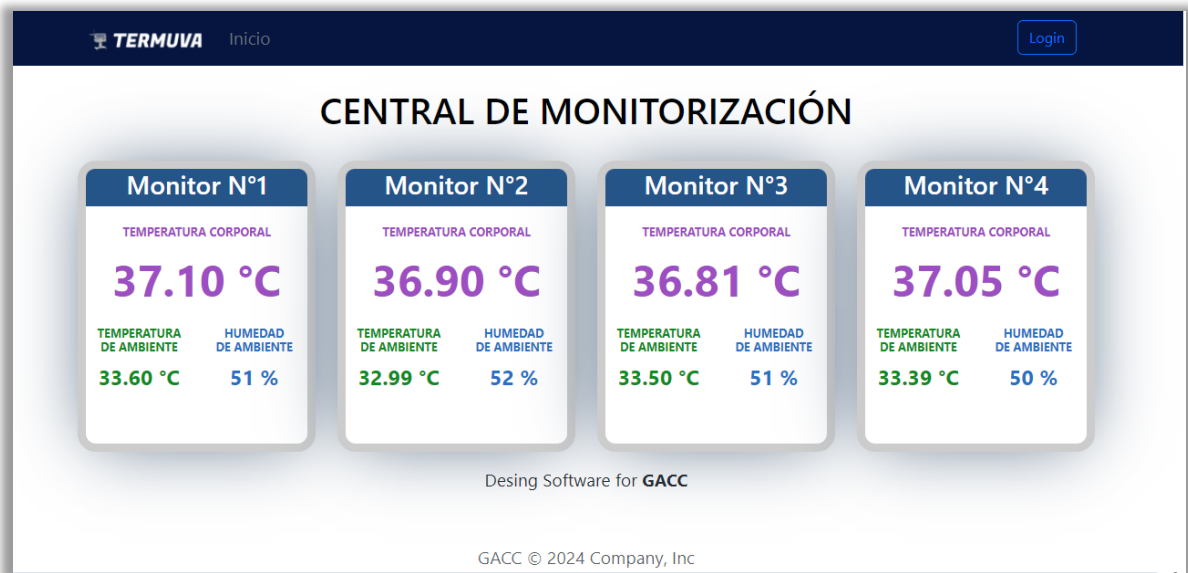


Figura 63.

Módulo de central de monitoreo (luego de ser autenticado)

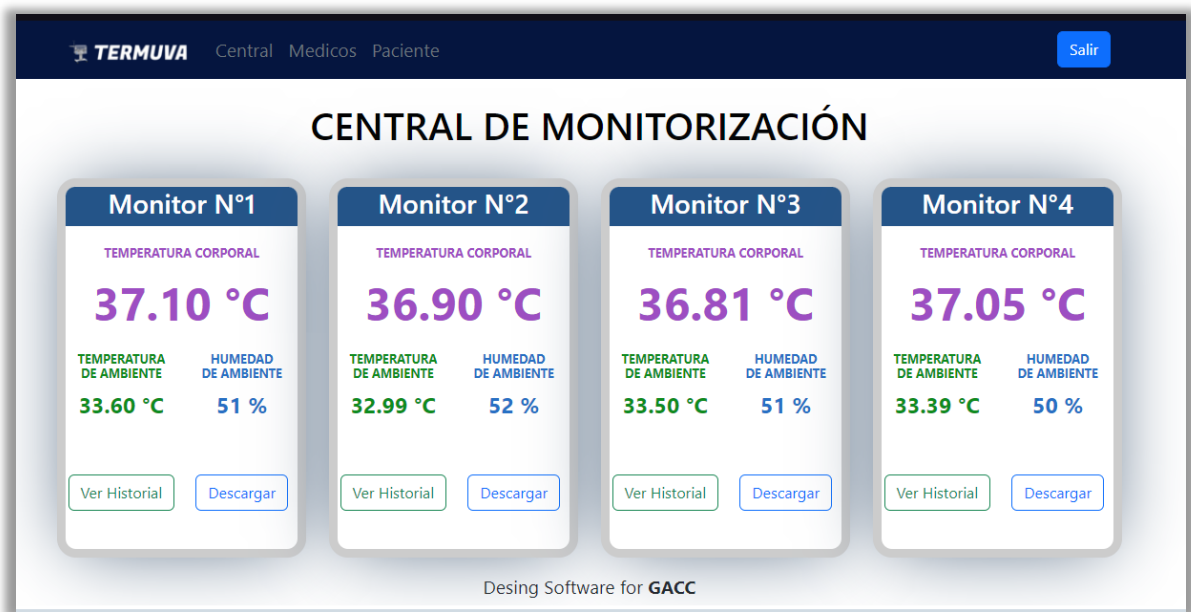


Figura 64.

Módulo de registro de historial



Figura 65.

## Módulo de registro de usuario

The screenshot shows a web interface for user registration. At the top, there is a dark blue header with the logo 'TERMUVA' and 'Inicio' on the left, and a 'Login' button on the right. The main title is 'Central de Monitorizacion de Incubadoras Neonatales'. Below this is a form titled 'Nuevo Usuario' with a 'Regresar' button. The form contains four input fields: 'Nombre de Usuario', 'Contraseña', 'Personal' (a dropdown menu with 'Seleccionar Personal'), and 'Rol' (a dropdown menu with 'Seleccionar Rol'). A blue 'Agregar Usuario' button is at the bottom of the form. Below the form, it says 'Desing Software for GACC', 'GACC © 2024 Company, Inc', and 'Laravel v11.2.0 (PHP v8.2.4)'.

Figura 66.

## Módulo de usuarios

The screenshot shows a web interface for user management. At the top, there is a dark blue header with the logo 'TERMUVA' and 'Inicio' on the left, and a 'Login' button on the right. The main title is 'Central de Monitorizacion de Incubadoras Neonatales'. Below this is a section titled 'Lista de Usuarios' with a 'Nuevo Usuario' button. A yellow warning box contains the text: '(\*) Si editas el usuario, recuerda actualizar tanto el nombre de usuario como la contraseña.' Below this is a table with the following data:

Nro	Nombre de Usuario	Cargo Personal	Rol	Acción
1	casas	Liliana	Jefe de Area	<a href="#">Ver</a> <a href="#">Editar</a> <a href="#">Eliminar</a>
2	dani	dani	Personal de Area	<a href="#">Ver</a> <a href="#">Editar</a> <a href="#">Eliminar</a>
3	brenda	Brenda	Personal de Area	<a href="#">Ver</a> <a href="#">Editar</a> <a href="#">Eliminar</a>
4	alex	Alex	Personal de Area	<a href="#">Ver</a> <a href="#">Editar</a> <a href="#">Eliminar</a>
5	aaaa	Luis	Administrador	<a href="#">Ver</a> <a href="#">Editar</a> <a href="#">Eliminar</a>

At the bottom, it says 'Desing Software for GACC'.



Figura 67.

## Modelo de registro de personal

TERMUVA Inicio

### Central de Monitorización de Incubadoras Neonatales

Nuevo Personal ← Regresar

Nombre

Apellido Paterno

Apellido Materno

Fecha de Nacimiento

Correo

Celular

Dirección

Especialidad

**Agregar Personal**

Figura 68.

## Módulo de pacientes

Central de Monitorización de Incubadoras Neonatales

Lista de Personal

[+ Nuevo Personal](#)

Nro	Nombre	Apellido Paterno	Apellido Materno	Fecha de Nacimiento	Correo	Celular	Dirección	Especialidad	Acción
1	Liliana	Casas	Gemio	2003-12-05	casas@gmail.com	79865423	Alto Lima	Doctor	<a href="#">Ver</a> <a href="#">Editar</a> <a href="#">Eliminar</a>
2	dani	Patzi	Quisbert	2006-12-15	dani@gmail.com	76963124	Santa Rosa	Doctor	<a href="#">Ver</a> <a href="#">Editar</a> <a href="#">Eliminar</a>
3	Brenda	Apaza	Quispe	2010-02-14	b@gmail.com	74556261	La Portada	Enfermera	<a href="#">Ver</a> <a href="#">Editar</a> <a href="#">Eliminar</a>
4	Alex	Maydana	Milcar	1998-02-12	m@gmail.com	78994561	Zona Misael Saracho	Pediatra	<a href="#">Ver</a> <a href="#">Editar</a> <a href="#">Eliminar</a>
5	Luis	Lopez	Lopez	1999-04-11	lope@gmail.com	87654321	las lomas	Doctor	<a href="#">Ver</a> <a href="#">Editar</a> <a href="#">Eliminar</a>

Nota. Elaboración Propia

**Figura 69.**

**Módulo de registro de roles**

TERMUVA Inicio Login

### Central de Monitorización de Incubadoras Neonatales

Nuevo Rol ← Regresar

Rol

[Add Rol](#)

Desing Software for **GACC**

GACC © 2024 Company, Inc  
Laravel v11.2.0 (PHP v8.2.4)

**Figura 70.**

**Módulo de roles**

### Central de Monitorización de Incubadoras Neonatales

Lista de Roles

[+ Nuevo Rol](#)

Nro	Rol	
1	Personal de Area	<a href="#">Ver</a> <a href="#">Editar</a> <a href="#">Eliminar</a>
2	Jefe de Area	<a href="#">Ver</a> <a href="#">Editar</a> <a href="#">Eliminar</a>
3	Administrador	<a href="#">Ver</a> <a href="#">Editar</a> <a href="#">Eliminar</a>

Desing Software for **GACC**

GACC © 2024 Company, Inc  
Laravel v11.2.0 (PHP v8.2.4)

Figura 71.

## Módulo de registro de especialidades

The screenshot shows a web interface for adding a new specialty. At the top, there is a dark blue header with the 'TERMUVA' logo and the word 'Inicio'. Below the header, the main title is 'Central de Monitorización de Incubadoras Neonatales'. The form area is titled 'Nuevo Especialidad' and contains a text input field labeled 'Especialidad'. To the right of the input field is a blue button labeled 'Regresar'. Below the input field is a blue button labeled 'Agregar Especialidad'. At the bottom of the page, there is footer text: 'Desing Software for GACC', 'GACC © 2024 Company, Inc', and 'Laravel v11.2.0 (PHP v8.2.4)'.

Figura 72.

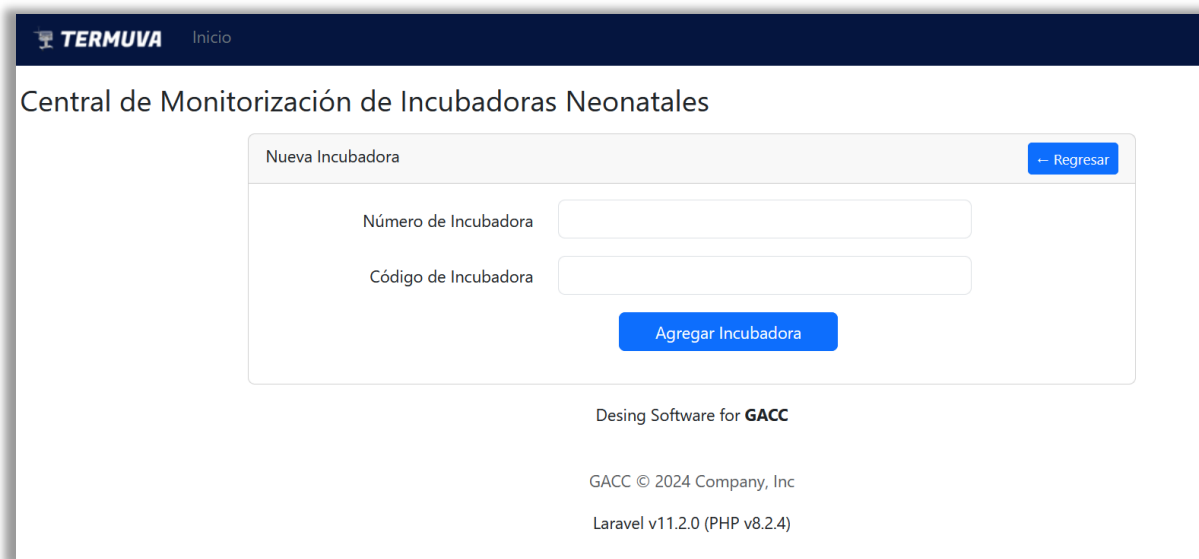
## Módulo de especialidades

The screenshot shows a table listing specialties. At the top, there is a dark blue header with the 'TERMUVA' logo and the word 'Inicio'. Below the header, the main title is 'Central de Monitorización de Incubadoras Neonatales'. The table is titled 'Lista de Especialidades' and has a green button labeled 'Nuevo Especialidad' with a plus icon. The table has three columns: 'Nro', 'Especialidad', and a column with three buttons: 'Ver', 'Editar', and 'Eliminar'. The table contains four rows of data. At the bottom of the page, there is footer text: 'Desing Software for GACC', 'GACC © 2024 Company, Inc', and 'Laravel v11.2.0 (PHP v8.2.4)'.

Nro	Especialidad	Ver	Editar	Eliminar
1	Pediatra	Ver	Editar	Eliminar
2	Enfermera	Ver	Editar	Eliminar
3	Enfermero	Ver	Editar	Eliminar
4	Doctor	Ver	Editar	Eliminar

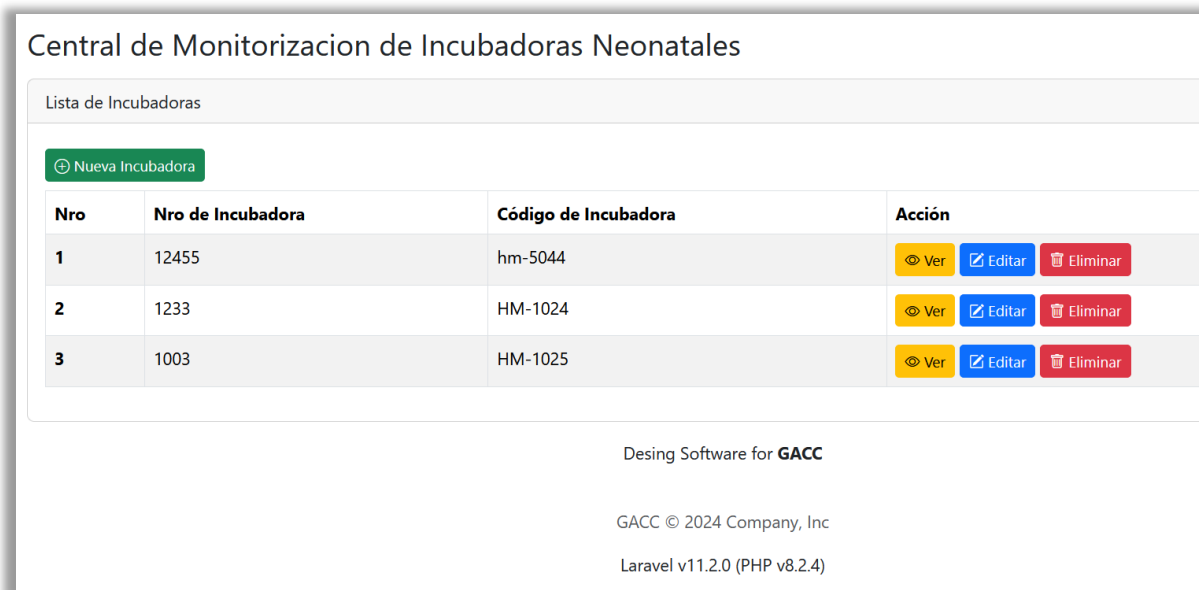
**Figura 73.**

**Módulo de Registro de Incubadoras**



**Figura 74.**

**Módulo de incubadoras**



### 3.5. Técnicas de investigación e instrumentos

Para la evaluación del Modelo de Monitorización para incubadoras neonatales, se utilizarán diversas técnicas de investigación cuantitativa y se emplearán instrumentos específicos para la recolección y análisis de datos. A continuación, se detallan las técnicas e instrumentos seleccionados para este estudio.

**Tabla 8.**

#### **Cuestionario - Rúbrica de Evaluación del Modelo de Monitorización**

<b>Criterio</b>	<b>Excelente (4)</b>	<b>Buena (3)</b>	<b>Regular (2)</b>	<b>Insuficiente (1)</b>
<b>Precisión de Mediciones</b>	≥ 95% de precisión	85% - 94% de precisión	75% - 84% de precisión	< 75% de precisión
<b>Fiabilidad del Sistema</b>	Funcionamiento sin fallos en ≥ 95% del tiempo	Funcionamiento sin fallos en 85% - 94% del tiempo	Funcionamiento sin fallos en 75% - 84% del tiempo	Funcionamiento sin fallos en < 75% del tiempo
<b>Usabilidad del Software</b>	Muy fácil de usar, mínima capacitación requerida	Fácil de usar, capacitación moderada requerida	Algo difícil de usar, capacitación extensa requerida	Difícil de usar, capacitación intensiva requerida
<b>Reacción del Personal Médico</b>	Muy útil, mejora significativa en el cuidado	Útil, mejora en el cuidado	Algo útil, mejora mínima en el cuidado	Poco útil, sin mejora en el cuidado
<b>Implementación del Hardware</b>	Instalación rápida y sin problemas	Instalación con pocas complicaciones	Instalación con algunas complicaciones	Instalación difícil y con muchas complicaciones

- **Instrucciones de Uso**

- **Precisión de Mediciones:** Comparar las mediciones obtenidas por el Modelo de Monitorización con un estándar reconocido.

- **Fiabilidad del Sistema:** Registrar el tiempo de funcionamiento sin fallos del sistema durante el período de prueba.
- **Usabilidad del Software:** Recoger las opiniones del personal médico a través de encuestas breves.
- **Reacción del Personal Médico:** Evaluar mediante cuestionarios rápidos la percepción del personal médico sobre la utilidad del sistema.
- **Implementación del Hardware:** Documentar el proceso de instalación del hardware y los problemas encontrados.

### 3.6. Costo

Los costos para la elaboración de la presente tesis de grado se detallan a continuación

#### 3.6.1. Costos componentes electrónicos

**Tabla 9.**

**Se describen a detalle los costos de los componentes electrónicos:**

N°	Detalle	Cantidad	Costo Unitarios (Bs)	Costo Total (Bs)
1	ESP32	4	75	300
2	DHT22	4	55	220
3	NTC	4	14	56
4	Placa	1	55	55
5	Batería	4	22	88
6	Interruptor	4	4	16
7	Modulo 4056	4	13	52
8	Carcasa batería	4	7	28
9	Fuente de alimentación	4	25	100
10	Adaptador metálico	4	8	32
11	Jack de alimentación	4	2	8
12	Carcasa Termuva	4	25	100
13	Conectores	8	10	80
	<b>TOTAL</b>			<b>1135</b>

# CAPITULO IV

## PRUEBAS Y RESULTADOS



**INGENIERÍA  
DE SISTEMAS**  
UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

## 4. Pruebas y Resultados

El objetivo de esta etapa es poner a prueba el prototipo, para que se pueda verificar si efectivamente el prototipo cumple con los objetivos planteados en primera instancia y genera los resultados esperados.

### 4.1. Métrica de calidad ISO/IEC 25000

#### 4.1.1. Funcionalidad

**Tabla 10.**

**Características de funcionalidad:**

<i>Adecuación funcional</i>	<i>Ponderación</i>
<i>Compleitud</i>	<i>88%</i>
<i>Corrección</i>	<i>89%</i>
<i>Adecuación</i>	<i>86%</i>

Entonces se tiene una funcionalidad del 87.6%

#### 4.1.2. Eficiencia de Desempeño

**Tabla 11.**

**Características de desempeño:**

<i>Eficiencia del desempeño</i>	<i>Ponderación</i>
<i>Comportamiento de tiempo</i>	<i>88%</i>
<i>Utilización de recursos</i>	<i>90%</i>
<i>Capacidad</i>	<i>89%</i>

**Formula:**

$$\text{Rendimiento} = \sum xi/n$$



$$\text{Rendimiento} = 267/3$$

$$\text{Rendimiento} = 89\%$$

#### 4.1.3. Compatibilidad

**Tabla 12.**

**Características de compatibilidad:**

<b>Compatibilidad</b>	<b>Ponderación</b>
<i>Coexistencia</i>	87%
<i>Interoperabilidad</i>	88%

**Formula:**

$$\text{Compatibilidad} = \sum xi/n$$

$$\text{Compatibilidad} = 175/2$$

$$\text{Compatibilidad} = 87.5\%$$

#### 4.1.4. Usabilidad

**Tabla 13.**

**Características de usabilidad:**

<b>Usabilidad</b>	<b>Ponderación</b>
<i>Reconocibilidad de adecuación</i>	90%
<i>Aprendizabilidad</i>	90%
<i>Operabilidad</i>	89%
<i>Protección errores de usuario</i>	88%
<i>Asistencia al usuario</i>	87%
<i>Involucración del usuario</i>	88%

**Formula:**

$$Usabilidad = \sum xi/n$$

$$Usabilidad = 532/6$$

$$Usabilidad = 88.6\%$$

#### 4.1.5. Fiabilidad

**Tabla 14.**

**Características de fiabilidad:**

<b>Fiabilidad</b>	<b>Ponderación</b>
<i>Madurez</i>	88%
<i>Disponibilidad</i>	90%
<i>Tolerancia de fallos</i>	86%
<i>Recuperabilidad</i>	87%

**Formula:**

$$Fiabilidad = \sum xi/n$$

$$Fiabilidad = 347/4$$

$$Fiabilidad = 87.7\%$$

#### 4.1.6. Seguridad

**Tabla 15.**

**Características de seguridad:**

<b>Seguridad</b>	<b>Ponderación</b>
<i>Confidencialidad</i>	90%

<i>Integridad</i>	89%
<i>No repudio</i>	88%
<i>Responsabilidad</i>	90%
<i>Autenticidad</i>	89%

**Formula:**

$$Fiabilidad = \sum xi/n$$

$$Fiabilidad = 351/4$$

$$Fiabilidad = 87.5\%$$

#### **4.1.7. Mantenibilidad**

**Tabla 16.**

**Características de Mantenibilidad:**

<b><i>Mantenibilidad</i></b>	<b><i>Ponderación</i></b>
<i>Modularidad</i>	87%
<i>Reusabilidad</i>	85%
<i>Analizabilidad</i>	86%
<i>Capacidad de ser mejorado</i>	88%
<i>Capacidad de ser probado</i>	87%

**Formula:**

$$Manteabilidad = \sum xi/n$$

$$Manteabilidad = 433/5$$

$$Manteabilidad = 86.5\%$$

#### 4.1.8. Portabilidad

Tabla 17.

**Características de Portabilidad:**

<b>Portabilidad</b>	<b>Ponderación</b>
<i>Adaptabilidad</i>	89%
<i>Instalabilidad</i>	90%
<i>Reemplazabilidad</i>	89%

**Formula:**

$$Portabilidad = \sum xi/n$$

$$Portabilidad = 268/3$$

$$Portabilidad = 89.3\%$$

#### 4.1.9. Resultados

Tabla 18.

**Resultados de la métrica de calidad 25000:**

<b>N°</b>	<b>Características</b>	<b>Resultados</b>
1	<i>Adecuación Funcional</i>	87%
2	<i>Eficiencia de Desempeño</i>	88.5%
3	<i>Compatibilidad</i>	87.2%
4	<i>Usabilidad</i>	88%
5	<i>Fiabilidad</i>	88%
6	<i>Seguridad</i>	88.5%
7	<i>Mantenibilidad</i>	87%
8	<i>Portabilidad</i>	89%
	<i>Total</i>	87.9

## 4.2. Prueba de la hipótesis

Una hipótesis es una suposición que no ha sido probada ni refutada. Al inicio del proceso de investigación se formula una hipótesis y el objetivo es rechazar o no rechazar.

- a) **Hipótesis principal:** El Modelo de Monitorización Central para Incubadoras Neonatales permite obtener la temperatura corporal del neonato y la Temperatura/Humedad del ambiente de la cúpula del equipo (incubadora neonatal) con una precisión del 95%.
- b) **Hipótesis alterna:** El Modelo de Monitorización Central para Incubadoras Neonatales permite obtener la temperatura corporal del neonato y la Temperatura/Humedad del ambiente de la cúpula del equipo (incubadora neonatal) con una precisión del 65%.
- c) **Hipótesis nula:** El Modelo de Monitorización Central para Incubadoras Neonatales no permite obtener la temperatura corporal del neonato y la Temperatura/Humedad del ambiente de la cúpula del equipo (incubadora neonatal).

### 4.2.1. Prueba de T Student

Es una herramienta para estimar las medias de grupos mediante pruebas de hipótesis. Se puede utilizar una prueba t para determinar si un grupo puede usarse de un valor conocido.

Para desarrollar la prueba de T-student realizaremos la recopilación de datos del sistema y datos estándares.

#### 4.2.1.1. Recopilación de datos estándares

- **Temperatura corporal (36.5 °C - 37.5 °C)**

- Temperatura cúpula (32 °C – 35 °C)
- Humedad cúpula (40% - 60%, hasta 70%-80% en prematuros)

**Tabla 19.**

**Datos recopilados Estándares**

Estándares	
<i>Temperatura corporal</i>	36.5 °C - 37.5 °C
<i>Temperatura cúpula</i>	32 °C – 35 °C
<i>Humedad cúpula</i>	40% - 60% (hasta 70%-80% en prematuros)

**Tabla 20.**

**Datos Estándares a usar**

	Estándares	Media
<i>Temperatura corporal</i>	36.5 °C - 37.5 °C	37°C
<i>Temperatura cúpula</i>	32 °C – 35 °C	33,5°C
<i>Humedad cúpula</i>	40% - 60% (hasta 70%-80% en prematuros)	50%

**Tabla 21.**

**Datos Recopilados de los módulos:**

Nro	MODULO 1			MODULO 2			MODULO 3			MODULO 4		
	Temp. Corp (°C)	Temp. Ambiente (°C)	Humedad (%HR)	Temp. Corp (°C)	Temp. Ambiente (°C)	Humedad (%HR)	Temp. Corp (°C)	Temp. Ambiente (°C)	Humedad (%HR)	Temp. Corp (°C)	Temp. Ambiente (°C)	Humedad (%HR)
1	36,47	33,33	54	37,55	33,93	54	36,55	33,14	54	36,61	33,21	55
2	36,64	33,46	51	36,63	33,14	55	36,49	33,12	54	37,34	33,42	52
3	36,88	33,93	51	36,71	32,85	53	36,39	33,24	51	37,62	33,32	51

4	37,67	33,24	55	36,79	33,47	55	36,74	33,63	50	36,51	33,15	54
5	36,79	33,26	52	36,77	33,73	50	37,35	33,59	49	36,76	33,46	50
6	36,56	33,57	49	36,91	33,24	51	36,67	34,55	55	37,48	33,56	54
7	37,12	33,98	50	36,63	32,94	54	37,11	33,43	54	37,21	33,27	51
8	36,73	33,94	53	37,07	33,32	53	36,59	33,45	54	37,01	33,28	49
9	36,79	33,85	55	37,15	33,14	52	37,27	33,22	54	37,06	33,83	55
10	36,98	32,93	55	37,23	33,43	50	36,55	34,11	49	37,72	33,59	54
11	36,69	32,72	52	36,55	33,45	52	36,49	33,25	49	37,35	33,58	49
12	36,89	32,83	51	36,63	32,73	52	37,51	33,62	53	37,28	33,74	51
13	36,66	32,85	50	36,71	33,22	55	36,53	33,56	54	37,22	33,65	49
14	36,84	32,62	53	36,79	33,99	53	36,67	33,34	53	37,75	33,12	50
15	36,77	32,84	49	36,37	33,31	50	37,65	33,24	55	37,85	33,44	51
16	36,49	32,91	54	36,81	33,92	54	36,83	32,83	53	37,15	33,65	55
17	36,68	32,93	54	37,89	32,83	49	36,91	32,74	53	36,96	33,48	51
18	36,55	32,76	55	36,78	34,14	51	37,19	32,85	51	37,58	33,39	55
19	36,94	32,64	54	37,06	33,75	50	36,56	31,98	52	37,47	33,7	49
20	36,66	32,91	50	37,26	33,21	52	37,13	31,64	55	37,25	33,24	53

**Tabla 22.**

**Promedio los parámetros de los 4 módulos**

<b>PROMEDIO DE LOS CUATRO MODULOS</b>			
<b>Nro</b>	<b>Temp. Corp (°C)</b>	<b>Temp. Ambiente (°C)</b>	<b>Humedad (%HR)</b>
1	36,8	33,4	54,25
2	36,78	33,29	53
3	36,9	33,34	51,5
4	36,93	33,37	53,5
5	36,92	33,51	50,25
6	36,91	33,73	52,25
7	37,02	33,41	52,25
8	36,85	33,5	52,25
9	37,07	33,51	54
10	37,12	33,52	52
11	36,77	33,25	50,5
12	37,08	33,23	51,75

13	36,78	33,32	52
14	37,01	33,27	52,25
15	37,16	33,21	51,25
16	36,82	33,33	54
17	37,11	33	51,75
18	37,03	33,29	53
19	37,01	33,02	51,25
20	37,08	32,75	52,5

**Tabla 23.**

**Cálculo de los parámetros de los 4 módulos**

Nro	TEMPERATURA CORPORAL (°C)			TEMPERATURA AMBIENTE (°C)			HUMEDAD AMBIENTE (%HR)		
	Xi	X - $\bar{X}$	(X - $\bar{X}$ ) <sup>2</sup>	Xi	X - $\bar{X}$	(X - $\bar{X}$ ) <sup>2</sup>	Xi	X - $\bar{X}$	(X - $\bar{X}$ ) <sup>2</sup>
1	36,8	-0,1575	0,02481	33,4	0,0875	0,00766	54,25	1,975	3,90063
2	36,78	-0,1775	0,03151	33,29	-0,0225	0,00051	53	0,725	0,52563
3	36,9	-0,0575	0,00331	33,34	0,0275	0,00076	51,5	-0,775	0,60062
4	36,93	-0,0275	0,00076	33,37	0,0575	0,00331	53,5	1,225	1,50063
5	36,92	-0,0375	0,00141	33,51	0,1975	0,03901	50,25	-2,025	4,10062
6	36,91	-0,0475	0,00226	33,73	0,4175	0,17431	52,25	-0,025	0,00062
7	37,02	0,0625	0,00391	33,41	0,0975	0,00951	52,25	-0,025	0,00062
8	36,85	-0,1075	0,01156	33,5	0,1875	0,03516	52,25	-0,025	0,00062
9	37,07	0,1125	0,01266	33,51	0,1975	0,03901	54	1,725	2,97563
10	37,12	0,1625	0,02641	33,52	0,2075	0,04306	52	-0,275	0,07562
11	36,77	-0,1875	0,03516	33,25	-0,0625	0,00391	50,5	-1,775	3,15062
12	37,08	0,1225	0,01501	33,23	-0,0825	0,00681	51,75	-0,525	0,27562
13	36,78	-0,1775	0,03151	33,32	0,0075	5,6E-05	52	-0,275	0,07562
14	37,01	0,0525	0,00276	33,27	-0,0425	0,00181	52,25	-0,025	0,00062
15	37,16	0,2025	0,04101	33,21	-0,1025	0,01051	51,25	-1,025	1,05063
16	36,82	-0,1375	0,01891	33,33	0,0175	0,00031	54	1,725	2,97563
17	37,11	0,1525	0,02326	33	-0,3125	0,09766	51,75	-0,525	0,27562
18	37,03	0,0725	0,00526	33,29	-0,0225	0,00051	53	0,725	0,52563
19	37,01	0,0525	0,00276	33,02	-0,2925	0,08556	51,25	-1,025	1,05063
20	37,08	0,1225	0,01501	32,75	-0,5625	0,31641	52,5	0,225	0,05063



#### 4.2.2. Procedimiento – Demostrativo para Temperatura corporal (°C) con T-Student

Los datos para realizar este procedimiento demostrativo se tomó datos de la Tabla 20 (Columna: media de la temperatura corporal - Estándar), Tabla 22 y Tabla 23 (Columna: TEMPERATURA CORPORAL (°C)), se tomó 20 datos para realizar la prueba de T-student.

##### Desarrollo de T-student (*temperatura corporal (°C)*)

1. Tamaño de la muestra:

$$n = 20$$

2. Sumatoria de los valores de la muestra:

$$\sum_{i=1}^{20} x_i = 739,15$$

3. Media de la muestra:

$$(\bar{x}) = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$(\bar{x}) = 36,9575$$

4. Sumatoria de los cuadrados de las diferencias respecto a la media:

$$\sum_{i=1}^{20} (x_i - \bar{x})^2 = 0,309175$$

5. Desviación estándar de la muestra:

$$(s) = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}{n - 1}$$

$$(s) = 0,127563194$$

6. Valor de la muestra:

$$\mu = 37$$

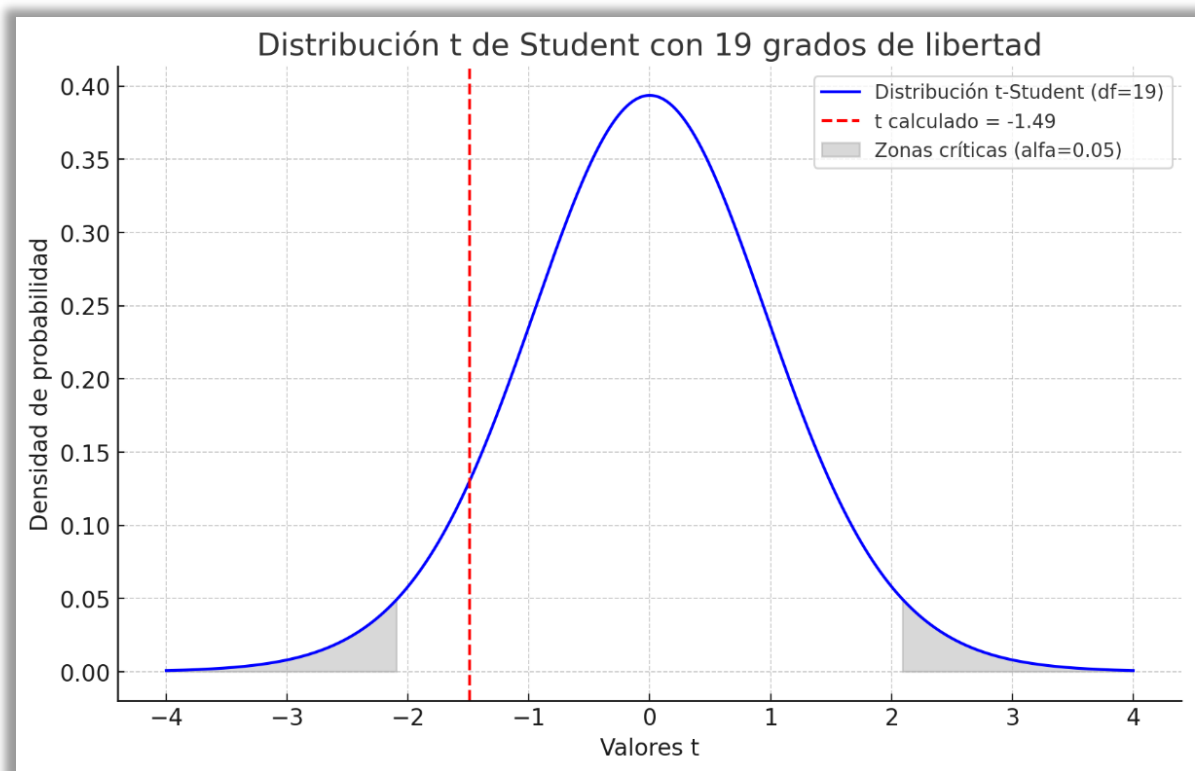
7. Cálculo del valor t:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

$$t = -1,489973498$$

**Figura 75.**

**Grafica T-student Temperatura Corporal (°C)**



Dado que el valor t calculado no supera el valor crítico t, con base en los datos analizados y la comparación con el valor crítico t, se puede concluir que el sistema de monitorización central para incubadoras neonatales (temperatura corporal °C) tiene una precisión que se aproxima al 95%, como se afirmó en la hipótesis principal.

#### 4.2.3. Procedimiento – Demostrativo para Temperatura ambiente (°C) con T-Student

Los datos para realizar este procedimiento demostrativo se tomó datos de la Tabla 20 (Columna: media de la temperatura cúpula), Tabla 22 y Tabla 23 (Columna: *TEMPERATURA AMBIENTE* (°C)), se tomó 20 datos para realizar la prueba de T-student.

#### Desarrollo de T-student (temperatura ambiente (°C))

1. Tamaño de la muestra:

$$n = 20$$

2. Sumatoria de los valores de la muestra:

$$\sum_{i=1}^{20} x_i = 666,25$$

3. Media de la muestra:

$$(\bar{x}) = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$(\bar{x}) = 33,3125$$

4. Sumatoria de los cuadrados de las diferencias respecto a la media:

$$\sum_{i=1}^{20} (x_i - \bar{x})^2 = 0,875775$$

5. Desviación estándar de la muestra:

$$(s) = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}{n - 1}$$

$$(s) = 0,214693784$$

6. Valor de la muestra:

$$\mu = 33.3$$

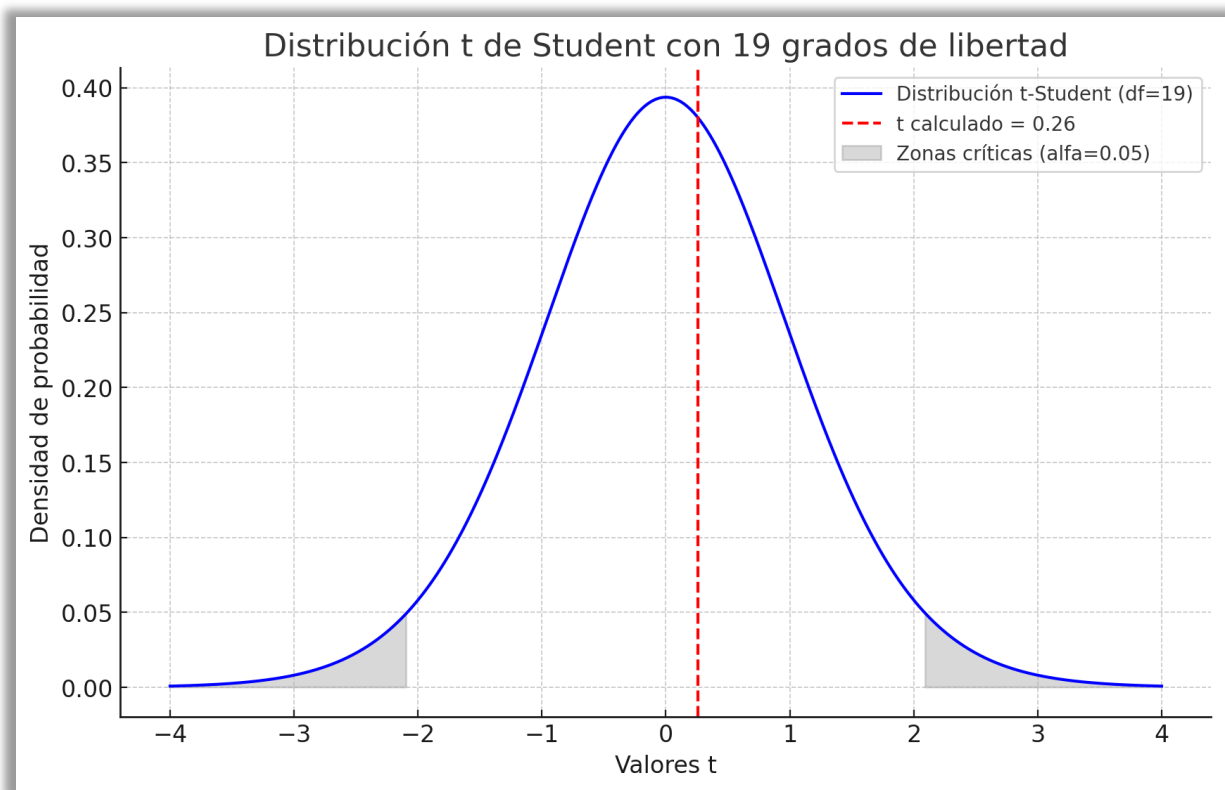
7. Cálculo del valor t:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

$$t = 0,260378751$$

**Figura 76.**

**Grafica T-student Temperatura Ambiente (°C)**



Dado que el valor t calculado no supera el valor crítico t, con base en los datos analizados y la comparación con el valor crítico t, se puede concluir que el sistema de monitorización central para incubadoras neonatales (temperatura ambiente °C) tiene una precisión que se aproxima al 95%, como se afirmó en la hipótesis principal.

#### 4.2.4. Procedimiento – Demostrativo para Humedad Ambiente (%HR) con T-Student

Los datos para realizar este procedimiento demostrativo se tomó datos de la Tabla 20 (Columna: media de la humedad cúpula), Tabla 22 y Tabla 23 (Columna: *HUMEDAD AMBIENTE (%)*), se tomó 20 datos para realizar la prueba de T-student.

##### Desarrollo de T-student (Humedad ambiente (%HR))

1. Tamaño de la muestra:

$$n = 20$$

2. Sumatoria de los valores de la muestra:

$$\sum_{i=1}^{20} x_i = 1045,5$$

3. Media de la muestra:

$$(\bar{x}) = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$(\bar{x}) = 52,275$$

4. Sumatoria de los cuadrados de las diferencias respecto a la media:

$$\sum_{i=1}^{20} (x_i - \bar{x})^2 = 23,1125$$

5. Desviación estándar de la muestra:

$$(s) = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}{n - 1}$$

$$(s) = 1,102926728$$

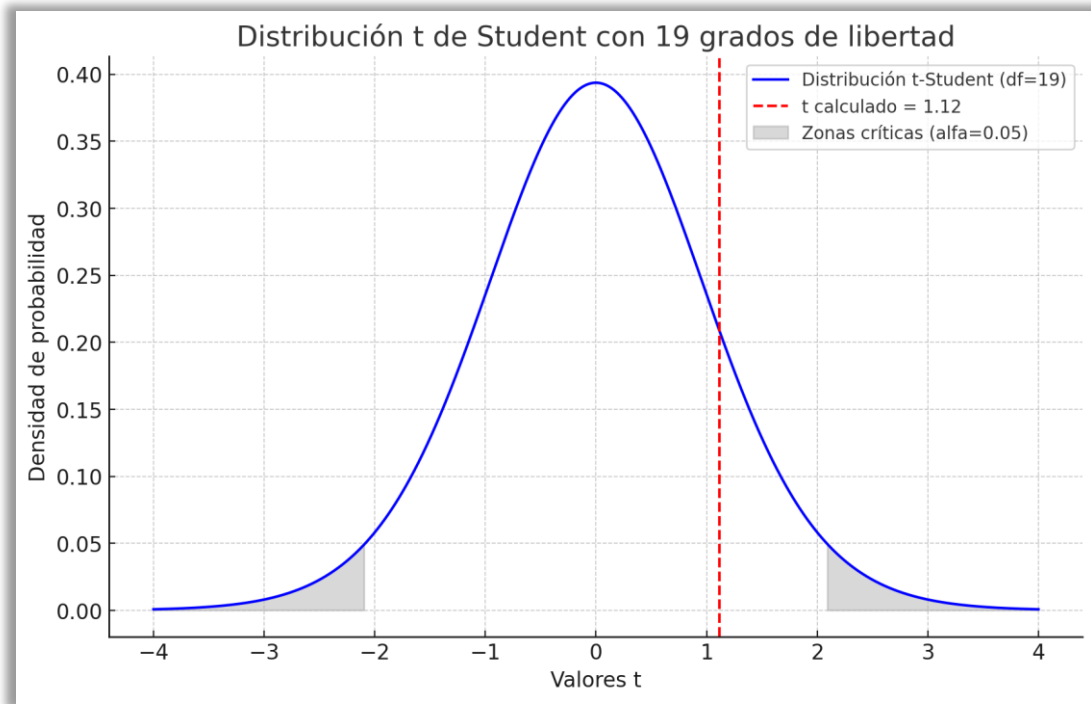
6. Valor de la muestra:

$$\mu = 52$$

7. Cálculo del valor t:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

$$t = 1,115067172$$

**Figura 77.****Grafica T-student Humedad Ambiente (%HR)**

Dado que el valor t calculado no supera el valor crítico t, no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula. Esto significa que, con base en los datos proporcionados, la humedad ambiente promedio no difiere significativamente de la media hipotética de 52%HR, lo que apoya la hipótesis de que el sistema de monitorización tiene una precisión cercana al 95%.

En conclusión, en base en los datos analizados (temperatura corporal, temperatura ambiente y humedad ambiente) y la comparación con el valor crítico t, se puede concluir que el sistema de monitorización central para incubadoras neonatales tiene una precisión que se aproxima al 95%, como se afirmó en la hipótesis principal.

# **CAPITULO V**

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**



**INGENIERÍA  
DE SISTEMAS**  
UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

## **5. Conclusiones y Recomendaciones**

Se alcanzó su objetivo general de diseñar un modelo de monitorización central para incubadoras neonatales. Utilizando un prototipo de hardware basado en el microprocesador ESP32 y un sistema de software integrado, que cumple los objetivos establecidos. El sistema ha demostrado ser preciso y eficaz proporcionando una herramienta valiosa.

### **5.1. Conclusiones**

A través de un exhaustivo análisis y recolección de información, se identificaron las mejores prácticas y tecnologías disponibles para el desarrollo del sistema de monitorización.

Se desarrolló un circuito electrónico eficaz para la adquisición de datos de los sensores de temperatura corporal del paciente y de la temperatura/humedad del ambiente de la cúpula de la incubadora. El uso del microprocesador ESP32 demostró ser una elección acertada, permitiendo la recolección y transmisión de datos de manera confiable al modelo de monitoreo.

El modelo de monitorización en tiempo real permitió una vigilancia continua y precisa de la temperatura/humedad de la cúpula(incubadora) y temperatura corporal del paciente neonatal. Esta capacidad de monitorización en tiempo real es crucial para la detección temprana de cualquier anomalía en la temperatura corporal del neonato o en el ambiente de la cúpula de la incubadora, facilitando intervenciones rápidas y oportunas.

La interpretación de los datos recolectados confirmó la hipótesis principal: el modelo de monitorización central permite obtener datos de la temperatura corporal del neonato y de la temperatura/humedad del ambiente de la cúpula con una precisión del 95%. Esta alta precisión garantiza que el sistema puede ser confiablemente utilizado para la monitorización continua de pacientes neonatales, contribuyendo a su cuidado y bienestar.



## 5.2. Recomendaciones

- Se recomienda agregar la instalación de una cámara esto permitirá ver al bebé dentro de la incubadora y en tiempo real tanto para el personal médico como para los familiares.
- Se recomienda hacer uso de un sensor de sonido para poder escuchar al bebé. El sensor de sonido podría usarse para detectar apneas, que son pausas en la respiración del bebé. El personal podría intervenir de inmediato para brindar asistencia respiratoria al bebé si es necesario.

### 5.3. Bibliografía

- A, E., & Rodríguez, M. (2005). *Metodología de la Investigación*. Mexico: Universidad Suarez Autonoma.
- (OMS), O. M. (1997). *Protección térmica del recién nacido: una guía práctica*.
- Accupower.es. (2023). <https://accupower.es/baterias-litio-18650/>
- Achinstein, P. (1968). Los modelos teóricos. *Tarea*(0049-2978.), 69-85.
- Alvarez, M. A. (23 de Octubre de 2014). *Desalloloweb.com*. Manual de composer: <https://es.scribd.com/document/422800604/Tutorial-completo-de-PHP-composer>
- Apache Friends. (14 de 11 de 2023). *Apache Friends*. <https://www.apachefriends.org/es/index.html>
- Aranaz Andrés, J. M., Aibar Remón, C., Vitaller Burillo, J., & Mira Solves, J. J. (2008). *Gestión sanitaria: Calidad y seguridad de los pacientes*. España: Diaz de Santo.
- Arduino. (s.f.). <https://arduino.cl/programacion/>
- Arias, Á. (2015). *Base de Datos con MySQL*.
- Bettrand, P. (2001). *Enfermedades respiratorias del niño*.
- Bitrum, C. (2012). ¿Que es infoemacion? <https://bitrumcontributions.files.wordpress.com/2012/02/quc3a9-es-informacic3b3n.pdf>
- Bruno Saravia, A. R. (2019). *Microelectrónica Componentes srl*. ESP32 NODE MCU: [www.microelectronicash.com](http://www.microelectronicash.com)
- Bunge, M. (1959). *La ciencia. Su método y su filosofía*. Buenos Aires: Laetoli.
- Cannizzaro, C. M., & Paladino, M. A. (2018). Fisiología y fisiopatología de la adaptación neonatal. *scielo*. [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1688-12732011000200004](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-12732011000200004)
- Carrion, R., & et al. (2019). *Usando Xampp con Bootstrap y WordPress*.
- Castrillón, B. (2005). Burbuja Artificial Neonatal (BAN). *II Congreso Colombiano de Bioingeniería e Ingeniería Biomédica*. Bogotá.
- CENAM. (2023). *Trazabilidad a las unidades de masa, volumen y presión*. <https://www.cenam.mx/dme/pdf/tm02.pdf>

- components101. (s.f.). <https://components101.com/modules/power-bank-module-t6845c-datasheet-specifications>
- Composer. (s.f.). *Composer*. <https://getcomposer.org/doc/00-intro.md>
- Corea, D. (24 de 10 de 2014). *Scribd*. La humedad: <https://es.scribd.com/presentation/401551261/La-Humedad>
- Corp., N. T. (2021). *TP4056*.
- Cuidados tiernos. (Febrero de 2012). *MONITORIZACIÓN DE LA TEMPERATURA EN NEONATOS*. <https://cuidadosternos.blogspot.com/2012/02/monitorizacion-de-la-temperatura-en.html>
- De Palos Heredero, C., Medina Salgado, S., Romo Romero, S. M., & Lopez Hermoso Agius, J. J. (2004). *Informatica y comunicaciones en la empresa*. Madrid: ESIC.
- Del Sole, A. (2019). *Visual Studio Code Distilled: Evolved Code Editing for Windows, macOS, and Linux*. Apress.
- Demam, J. (2023). ¿Qué es el método científico? *Unir*. <https://mexico.unir.net/derecho/noticias/metodo-cientifico/>
- Electrónica Online. (s.f.). [https://electronicaonline.net/electricidad/resistencia-electrica/#%C2%BFQue\\_es\\_la\\_Resistencia\\_Electrica?](https://electronicaonline.net/electricidad/resistencia-electrica/#%C2%BFQue_es_la_Resistencia_Electrica?)
- esp32. (s.f.). *esp32.com*. <https://esp32.com/viewtopic.php?t=9875>
- espressif. (s.f.). *espressif.com*. <https://docs.espressif.com/projects/espressif/en/stable/esp32/hw-reference/esp32/get-started-devkitc.html>
- Ferrero, C. (2010). La importancia de la información en la vida diaria. *Blog del Centro de Cómputo e Informática - Pontificia Universidad Católica del Perú*. <http://blog.pucp.edu.pe/blog/ccii/2010/01/26/la-importancia-de-la-informacion-en-la-vida-diaria/>
- Flores, F. (22 de julio de 2022). *OpenWebinars*. Qué es Visual Studio Code y qué ventajas ofrece: <https://openwebinars.net/blog/que-es-visual-studio-code-y-que-ventajas-ofrece/>
- Gomez, J. (2016). Sensores de temperatura y humedad. *Arduino para todos*. <https://arduparatodos.blogspot.com/2016/12/dht22-y-dht11-sensores-de-temperatura-y.html>
- Guirao, A. (10 de noviembre de 2020). Tempertura Corporal. *Revista Española de Salud*

*Pública*, 94(11). TEMPERATURA CORPORAL:  
<https://www.um.es/phi/aguirao/EntreParticulas/PDF/2020%20nov10.pdf>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta edición ed.). Mexico: FreeLibros.

Hostalia. (Marzo de 2023). Framework Laravel. *Pressroom Hostalia*.  
<https://pressroom.hostalia.com/white-papers/laravel-framework-php/>

Ibañez Tejedor, R. M., Ortega Altamirano, A., Domingo Remon, A., Garcia Asendio, E., Alcazar Martinez, D., & Márquez Ocaña, C. (2023). Técnicos en cuidados auxiliar de enfermería, en la unidad de neonatología. *Revista Sanitaria de Investigación*.  
<https://revistasanitariadeinvestigacion.com/tecnicos-en-cuidados-auxiliar-de-enfermeria-en-la-unidad-de-neonatologia/>

IPC , B. (2023). La importancia de la limpieza en la fabricación de circuitos impresos.  
<https://www.ipcb.com/es/pcb-blog/10003.html>

ISO 25000. (s.f.). *iso25000*. <https://iso25000.com/index.php/en/iso-25000-standards>

Jhu, C., & et. al. (2011). Thermal explosion hazards on 18650 lithium ion batteries with a VSP2 adiabatic calorimeter. *sciencedirect*.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389411005358#preview-section-introduction>

Kane, J. W., & Sherheim, M. M. (2007). *Física*. Reverte.

Kinsta. (2023). El Framework PHP Laravel - Construcción de Aplicaciones Web para Todos. *Kinsta*. <https://kinsta.com>

Kliegman, R. M., & Geme III, J. (2016). *Pediatría de Nelson* (20 ed., Vol. 2). (E. H. Sciences, Ed.)

Kolban, N. (2016). *Kolban's Book on ESP8266* (1 ed.). Texas.

Laravel. (2023). *Laravel Docs*. <https://laravel.com/docs/11.x/installation#why-laravel>

Lattari, A. (Julio de 2023). *Manual MSD*. Síndrome de dificultad respiratoria (síndrome de distrés respiratorio) en recién nacidos

Ledesma, M. (2004). *Fundamentos de Enfermería*. Limuza.

Lee Gardner, S., Carter, B., Enzman-Hines, , M., & Niermeyer, S. (2020). *Manual de Cuidados Intensivos Neonatales de Merenstein & Gardner* (9 ed.).

- Licona, T. (Junio de 2008). Análisis comparativo de la gestión de riesgos en proyectos de software: Un estudio de caso en dos empresas bolivianas. *Revista Boliviana de Ciencias de la Computación y Sistemas*, 14(2), 45-60.
- Marquez, E. A. (2011). Medidor de frecuencia cardiaca y temperatura corporal *Repositorio Institucional UMSA*. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/10565>
- Mecafenix Ingeniería. (s.f.). <https://www.ingmecafenix.com/electronica/componentes/resistencia-electrica/#Que-es>
- Medrano, A., Serra, Á., & Díaz, D. (s.f.). *Metodología – hardware libre*. Cenditel: <http://hl.cenditel.gob.ve/intro/metodologia/>
- Microsoft. (s.f.). *Visual Studio*. <https://visualstudio.microsoft.com/>
- Millán Soria, J. (2015). Monitorización hemodinámica no invasiva o mínimamente invasiva en el paciente crítico en los servicios de urgencias y emergencias. *Emergencias*.
- MINDRAY. (2018). *Manual de servicio del monitor de paciente IPM 8, IPM 10*.
- Molina Ríos, J. R., Zea Ordóñez, M. P., Contento Segarra, M. J., & García Zerda, F. G. (2018). COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS EN APLICACIONES WEB. 19. <https://3ciencias.com/wp-content/uploads/2018/03/art1.pdf>
- Moreno Sasig, N. G., Vélez Muentes, J. R., Campuzano Franco, M. A., Zambrano Córdova, J. R., & Vera Pinargote, R. G. (2021). Monitorización invasiva y no invasiva en pacientes ingresados a UCI. *RECIMUNDO*. [https://doi.org/10.26820/recimundo/5.\(2\).julio.2021.278-292](https://doi.org/10.26820/recimundo/5.(2).julio.2021.278-292)
- Mujica Chirinos, N., & Rincón González, S. (2011). Consideraciones teórico-epistémicas acerca del concepto de modelo. *Telos*, 13(1), 51-64. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99318408004>
- Oracle. (s.f.). *oracle*. <https://www.oracle.com/mx/database/what-is-database/>
- Osakidetza. (2023). *Guía del Bebé Prematuro*. [https://www.osakidetza.euskadi.eus/contenidos/informacion/hd\\_publicaciones/es\\_hdon/adjuntos/Guia\\_Bebe\\_Prematuro\\_C.pdf](https://www.osakidetza.euskadi.eus/contenidos/informacion/hd_publicaciones/es_hdon/adjuntos/Guia_Bebe_Prematuro_C.pdf)
- Padawan. (14 de 12 de 2023). *XAMPP: Ventajas y desventajas*. <http://www.elpadawan.com/apache/xampp-ventajas-y-desventajas>
- Pardell, X. (19 de junio de 2022). *Apuntes de Electromedicina*. [www.pardell.es](http://www.pardell.es):

<https://www.pardell.es/incubadora-neonatal.html>

- Patiño Cossio, N., Badner Sapirstein, A. S., Barrios Ponce de León, P. B., Yucra Sea, M. B., Quintanilla Dehne, P., Elida Alarcón, L., . . . Carrasco Gil, M. J. (2019). *NORMAS DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO DE NEONATOLOGIA* (1 ed.). La Paz: ASUSS.
- Patiño, M. (2007). La responsabilidad social empresarial en Colombia: ¿un nuevo paradigma? *Revista de Administração Contemporânea*, 11(1). [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1909-97622007000100012&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1909-97622007000100012&script=sci_arttext)
- Pearce, J. (2000). *Comer: Manias Y Caprichos: Soluciones Para Niños Que No Comen* .
- Peña Millhual, C. (2017). *Arduino de Cero a Experto*. Buenos Aires: Six Ediciones.
- Peña, C. (2020). *Arduini IDE Domina la Programación y domina la placa*. Buenos Aires : Plandos.
- Pereyra, L. E. (2020). *Metodología de la investigación*. Klik.
- Piattini Velthuis, M. G., Caballero Muñoz-Reja, I., Gómez Carretero, A. I., Gualo Cejudo, F., Merino García, J., & Rivas García, B. (2018). *Calidad de Datos*. Paracuellos Jarama Madrid: Ra-Ma.
- Polaridad. (s.f.). Todo lo que necesitas saber sobre el ESP32. <https://polaridad.es/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-el-esp32-un-microcontrolador-versatil/>
- Pressman, R. S. (2010). *Ingeniería del software: Un enfoque práctico*. McGraw-Hill Education.
- Ramírez, F. (1998). *Manual de Neonatología*. México: Consorcios de Universidades Mexicanas.
- Redacción Hightech. (10 de Mayo de 2023). Incubadoras neonatales: nuevas tecnologías para el control de humedad. *Blog Hightech de Leex*. Incubadoras neonatales: nuevas tecnologías para el control de humedad: <https://hightech.leexmedical.com/incubadoras-neonatales-nuevas-tecnologias-para-el-control-de-humedad>
- Rhoton, S. (29 de septiembre de 2023). *Temperatura: Qué es, Características, Cómo se mide y Escalas*. significados: <https://www.significados.com/temperatura/>
- Rico, L. M. (2018). ISO/IEC 25000 Standard. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tia/article/download/8373/11349/47605>
- Rifa Ros, R., Olive Adrados, C., & Lamoglia Puig, M. (2020). *Lenguaje NIC para el aprendizaje teórico-práctico de la enfermería*.

- Rodrigues, B. (2020). Composer para principiantes. <https://tableless.com.br/composer-para-iniciantes/>
- Rodriguez, F. (2023). Tecnología en el cuidado de los neonatos: la incubadora. <https://steemit.com/spanish/@felixrodriguez/tecnologia-en-el-cuidado-de-los-neonatos-la-incubadora>
- Rodriguez, R., & Argueda, B. (2004). *Meteorología y Climatología*. FECYT (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología).
- Rodríguez, S. R., Ribera, C. G., & Garcia, M. P. (2008). *El recién nacido prematuro*. Asociación Española de pediatría: [https://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/8\\_1.pdf](https://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/8_1.pdf)
- Rossano, V. (2013). *Proteus VSM* (1 ed.). Buenos Aires: Fox Andina.
- Salas, G., Satragno, D., Bellani, P., Quiroga, A., Pérez, G., Erpen, N., . . . Fariña, D. (2013). Consenso sobre la monitorización del recién nacido internado: Parte 1: Monitorización no invasiva del recién nacido. *Archivos Argentinos de Pediatría*, 111(5), 353-359. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0325-00752013000400022](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0325-00752013000400022)
- Sears, M. (2019). *El libro de la lactancia materna*.
- Secretaría Nacional de Niñez, Adolescencia y familia. (24 de noviembre de 2020). Bebés prematuros Parto y nacimiento. *Programa Nacional primeros años*. Bebés prematuros parto y nacimiento: [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/bebes\\_prematuros.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/bebes_prematuros.pdf)
- stanfordchildrens. (s.f.). *Stanford Medicine Children's Health*. Holter monitor: <https://www.stanfordchildrens.org/es/topic/default?id=holter-monitor-92-P09316>
- Swain, M. (24 de abril de 2020). *Axis Communications*. Monitoreo y videovigilancia en hospitales para cuidar a los pacientes: <https://www.axis.com/blog/secure-insights-es/2020/04/24/monitoreo-y-videovigilancia-en-hospitales-para-cuidar-a-los-pacientes/>
- Systems, E. (s.f.). *ESP32 DevKit V1*. [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-devkit-v1\\_most\\_recent\\_datasheet.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-devkit-v1_most_recent_datasheet.pdf)
- Thompson, I. (2008). Definición de Información. *Portal de Mercadotecnia*. <https://www.promonegocios.net/mercadotecnia/definicion-informacion.html>
- Tipler, P. A. (2006). *Física Preuniversitaria*. Reverte.

Todomicro. (2023). Sensor de temperatura y humedad DHT11 - Arduino.  
<https://www.todomicro.com.ar/investigacion-desarrollo-y-prototipado/224-sensor-de-temperatura-y-humedad-dht11-arduino.html>

Urrutia, D. (2023). Qué es Bootstrap - Definición, significado y ejemplos.  
<https://www.arimetrics.com/glosario-digital/bootstrap>

Villalobos, E. M. (2018). *Construcción psicológica y desarrollo temprano del sujeto*.

Zamorano Jiménez, C. A., Cordero González, G., Flores Ortega, J., Baptista González, H. A., & Fernández Carrocera, L. A. (2012). Control térmico en el recién nacido pretérmino. *Scielo*, 26(1). [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-53372012000100007](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-53372012000100007)

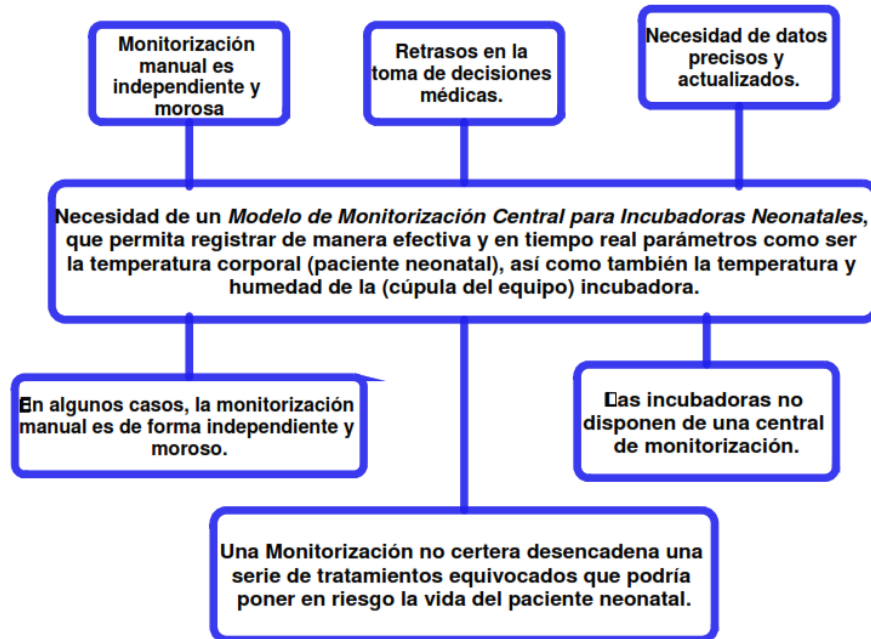


# ANEXOS

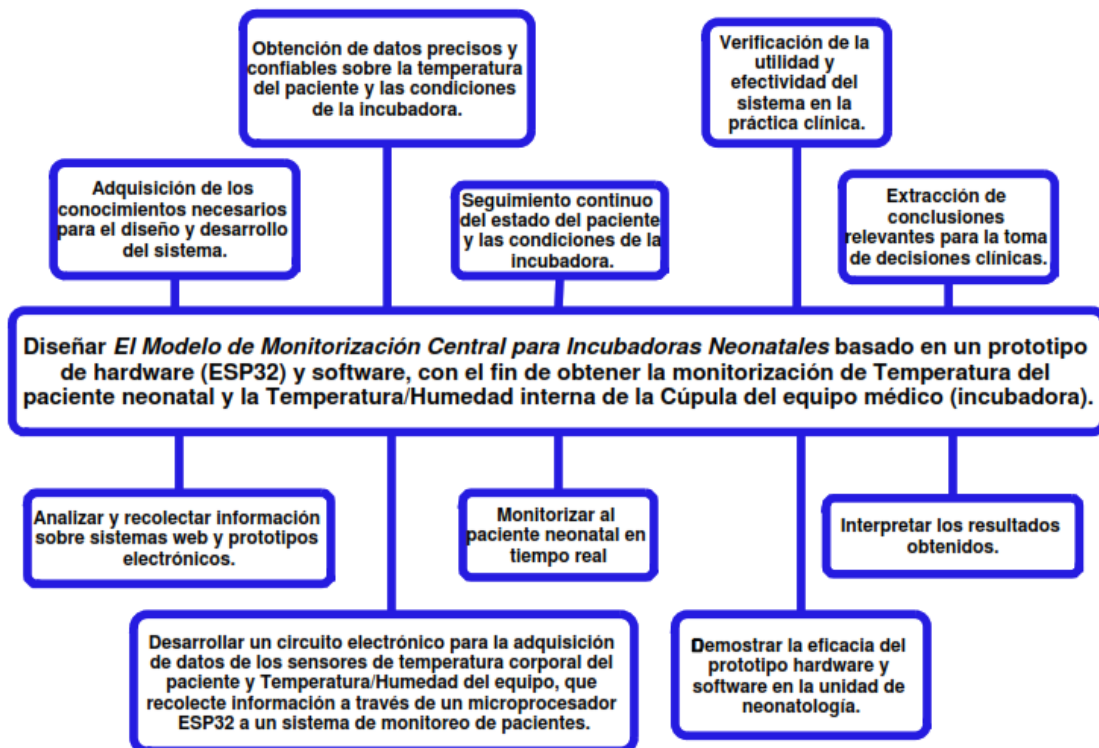


**INGENIERÍA  
DE SISTEMAS**  
UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

## Árbol de problemas



## Árbol de objetivos



# ANEXO A

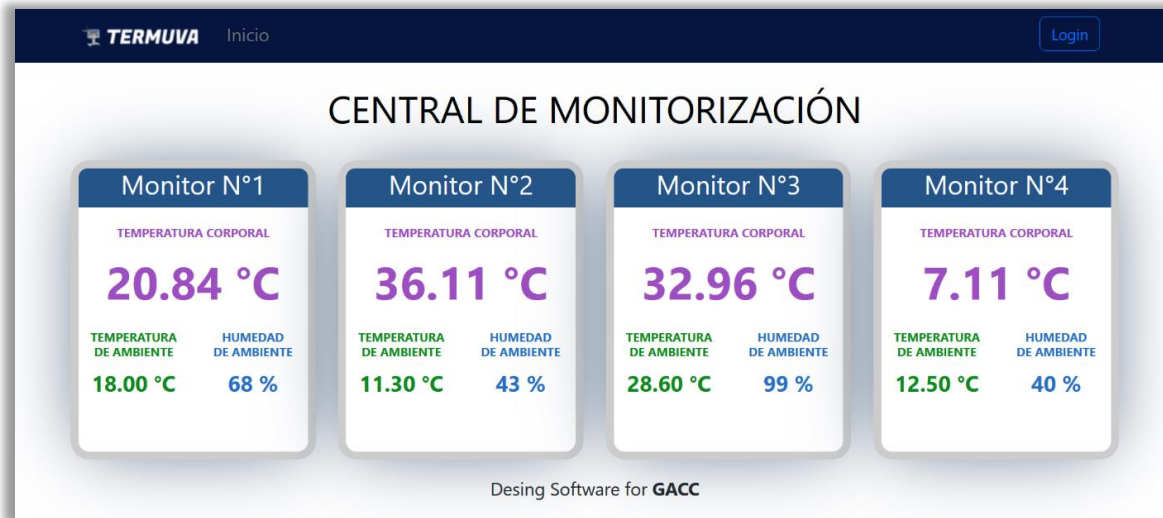
## MANUAL DE USUARIO



**INGENIERÍA  
DE SISTEMAS**  
UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

## ANEXO A - MANUAL DE USUARIO

Es el cerebro del sistema. Recibe los datos de los monitores y los muestra en pantalla



### Ingreso al sistema Login

The login page includes the following elements:

- 1. Login button (top left)
- 2. Nombre de Usuario input field
- 3. Contraseña input field
- Remember me checkbox
- Login button (bottom)

Desing Software for GACC

GACC © 2024 Company, Inc

Laravel v11.2.0 (PHP v8.2.16)

- 1 Ingresar Nombre de Usuario
- 2 Ingresar Contraseña
- 3 Login

## Registro del personal medico

TERMUVA Central Medicos Usuarios Roles Especialidades Incubadoras Salir

### Central de Monitorizacion de Incubadoras Neonatales

Nuevo Personal Regresar

Nombre  4

Apellido Paterno  5

Apellido Materno  6

Fecha de Nacimiento  7

Correo  8

Celular  9

Dirección  10

Especialidad  11

12

Desing Software for GACC

- 4 Ingresar Nombre de Usuario
- 5 Ingresar Apellido Paterno
- 6 Ingresar Apellido Materno
- 7 Ingresar fecha de nacimiento
- 8 Ingresar Correo electrónico
- 9 Ingresar Celular
- 10 Ingresar Dirección
- 11 Seleccionar especialidad
- 12 Agregar personal

## Registro de nuevo usuario

Central de Monitorizacion de Incubadoras Neonatales

Nuevo Usuario [Regresar](#)

Nombre de Usuario  13

Contraseña  14

Personal  15

Rol  16

17

Desing Software for GACC

GACC © 2024 Company, Inc

13 Ingresar Nombre de Usuario

14 Ingresar Contraseña

15 Seleccionar personal

16 Seleccionar rol

17 Agregar usuario

## Registro de nuevo rol

The screenshot shows the 'Nuevo Rol' form in the TERMUVA system. The form has a title bar with 'Nuevo Rol' and a 'Regresar' button. Below the title bar, there is a label 'Rol' followed by an empty text input field. To the right of the input field is the number '18'. Below the input field is a blue button labeled 'Add Rol' with the number '19' to its right. At the top right of the page, there is a 'Salir' button. The page title is 'Central de Monitorizacion de Incubadoras Neonatales'. At the bottom, there is footer text: 'Desing Software for GACC', 'GACC © 2024 Company, Inc', and 'Laravel v11.2.0 (PHP v8.2.16)'.

18 Ingresar rol

19 Agregar rol

## Registro de nueva especialidad

The screenshot shows the 'Nuevo Especialidad' form in the TERMUVA system. The form has a title bar with 'Nuevo Especialidad' and a 'Regresar' button. Below the title bar, there is a label 'Especialidad' followed by an empty text input field. To the right of the input field is the number '20'. Below the input field is a blue button labeled 'Agregar Especialidad' with the number '21' to its right. At the top right of the page, there is a 'Salir' button. The page title is 'Central de Monitorizacion de Incubadoras Neonatales'. At the bottom, there is footer text: 'Desing Software for GACC', 'GACC © 2024 Company, Inc', and 'Laravel v11.2.0 (PHP v8.2.16)'.

20 Ingresar especialidad

21 Agregar especialidad

## Registro de incubadora

TERMUVA Central Medicos Usuarios Roles Especialidades Incubadoras [Salir](#)

### Central de Monitorización de Incubadoras Neonatales

Nueva Incubadora [-- Regresar](#)

Número de Incubadora  21

Código de Incubadora  22

[Agregar Incubadora](#) 23

Desing Software for GACC

GACC © 2024 Company, Inc

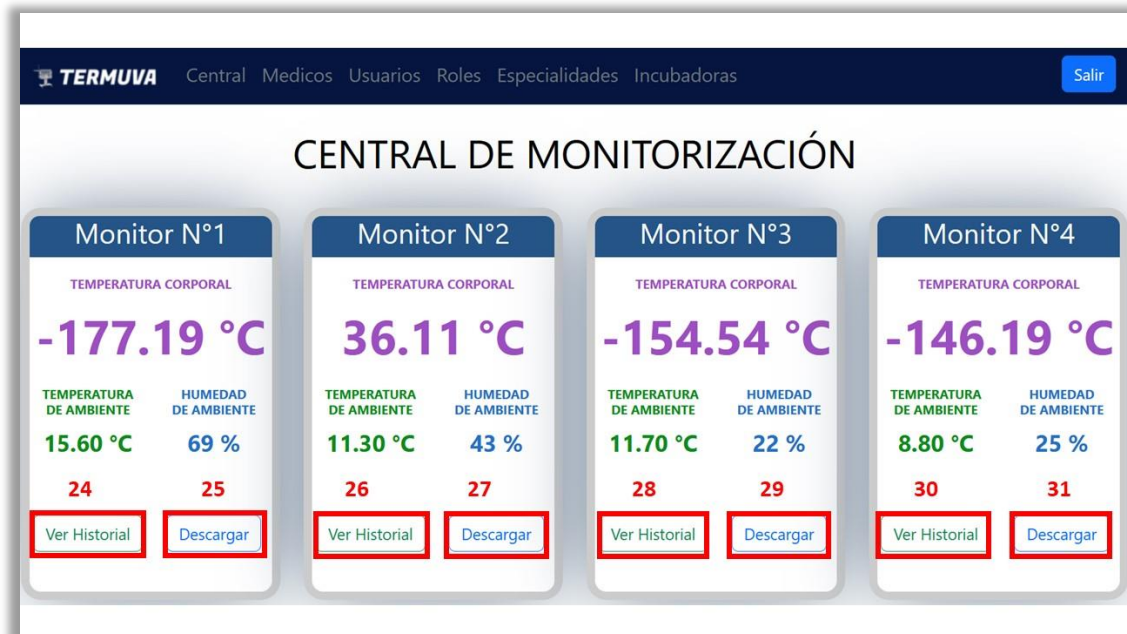
Laravel v11.2.0 (PHP v8.2.16)

22 Ingresar número de incubadora

23 Ingresar código de incubadora

24 Agregar incubadora

## Central de monitorización



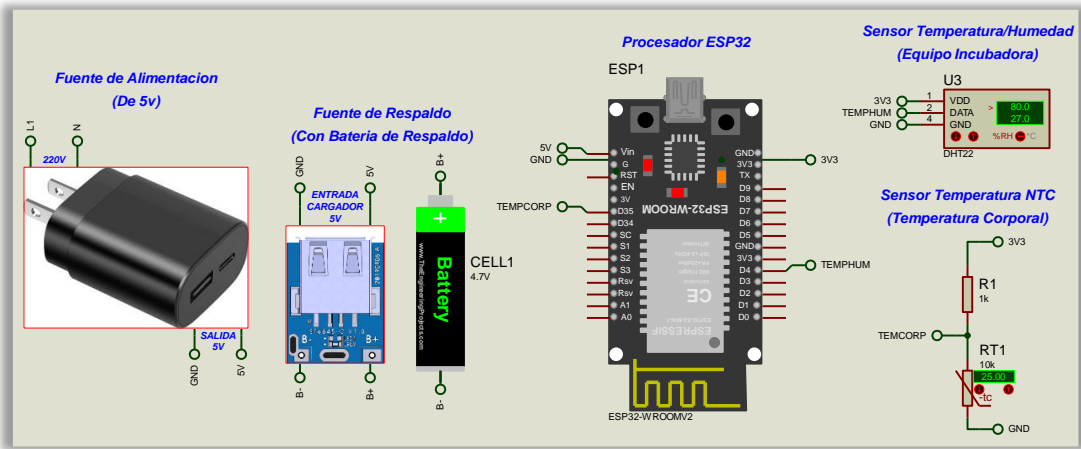


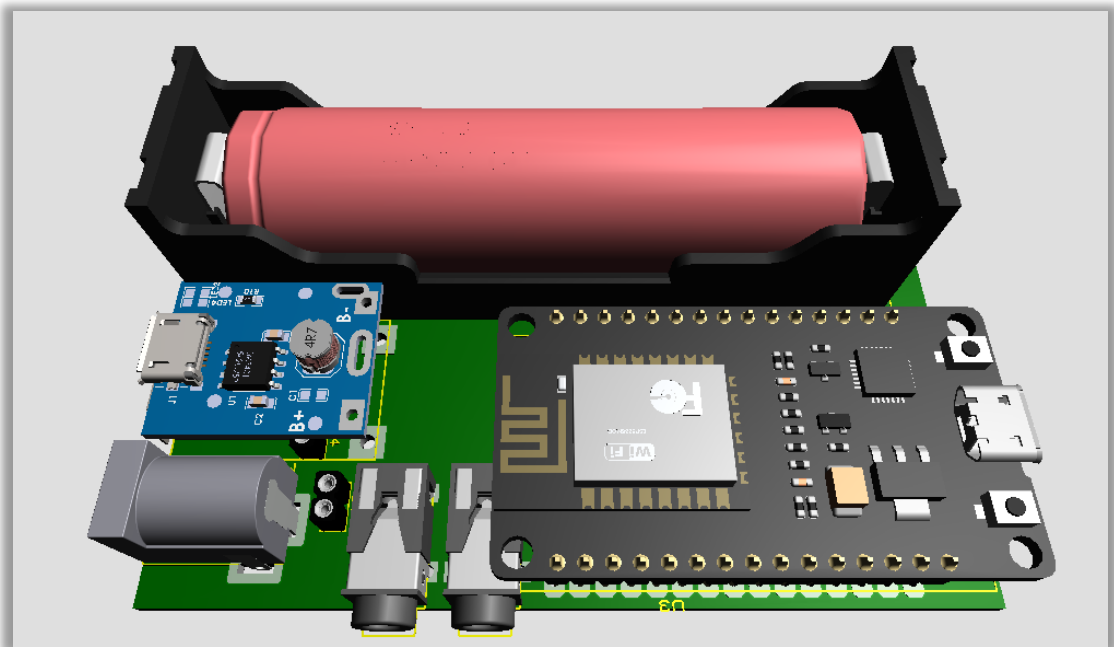
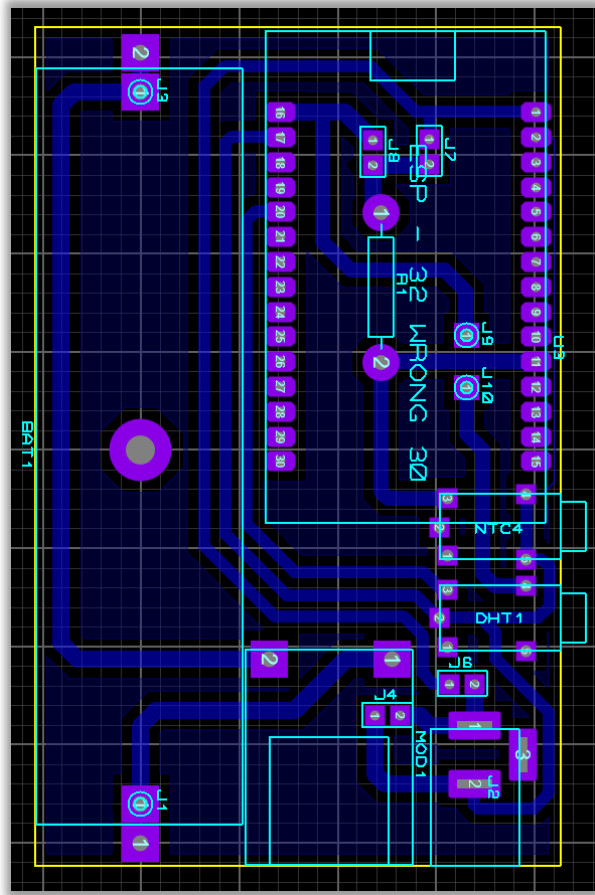
# ANEXO B

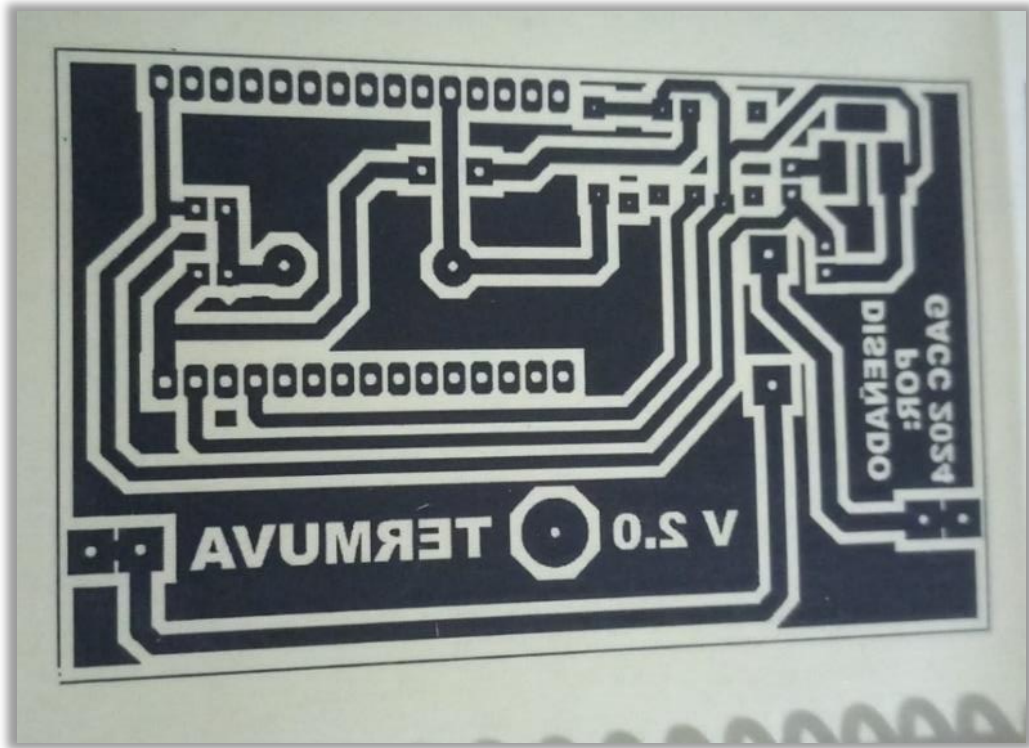
## CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO



## ANEXO B – CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

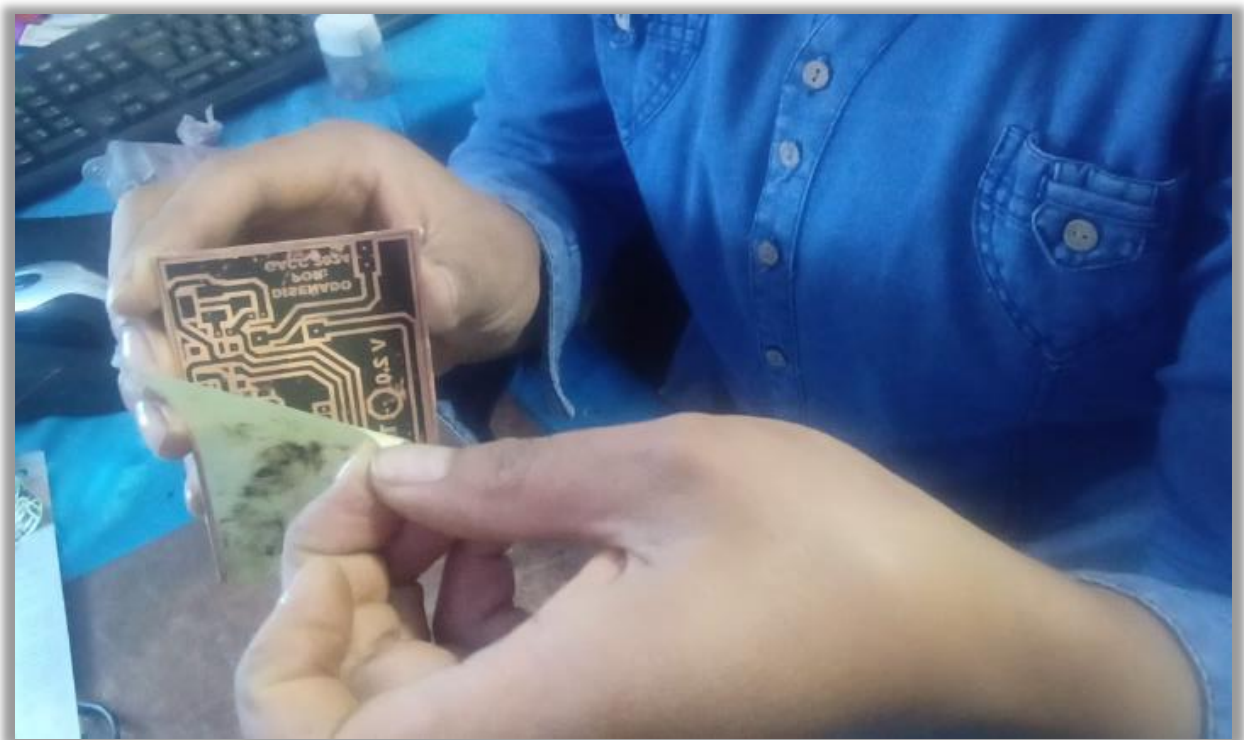


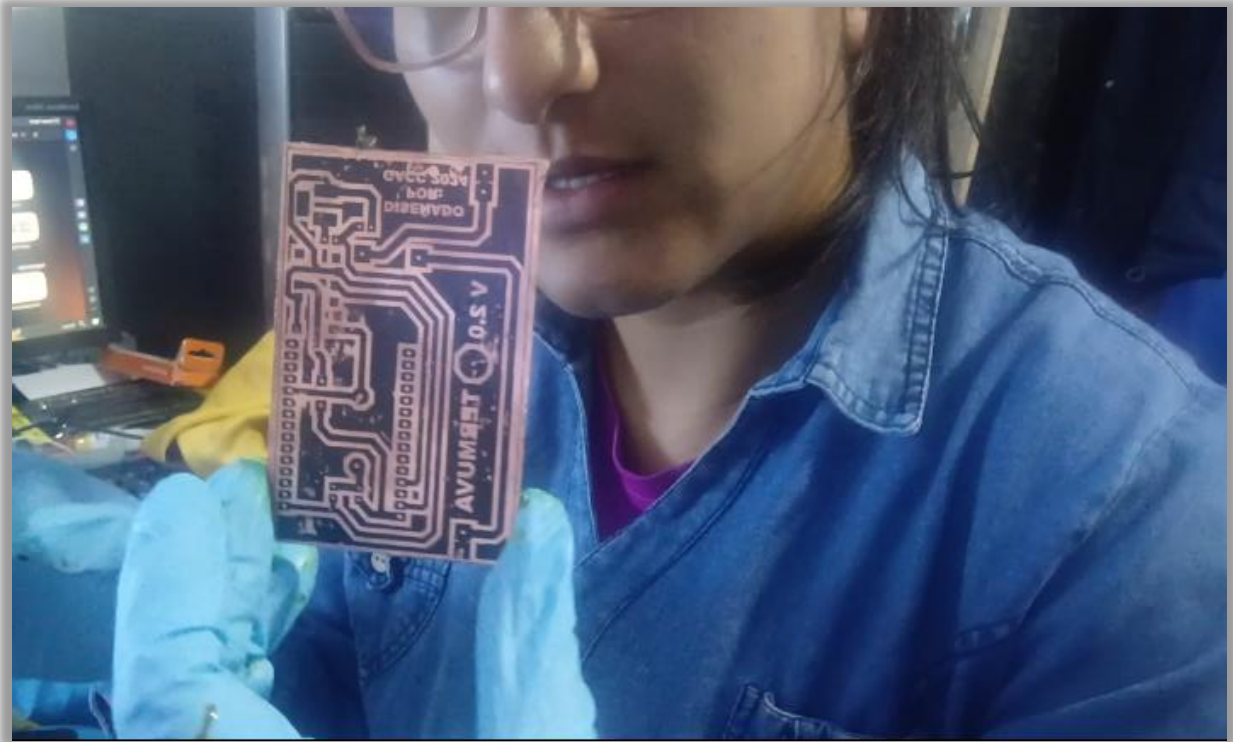






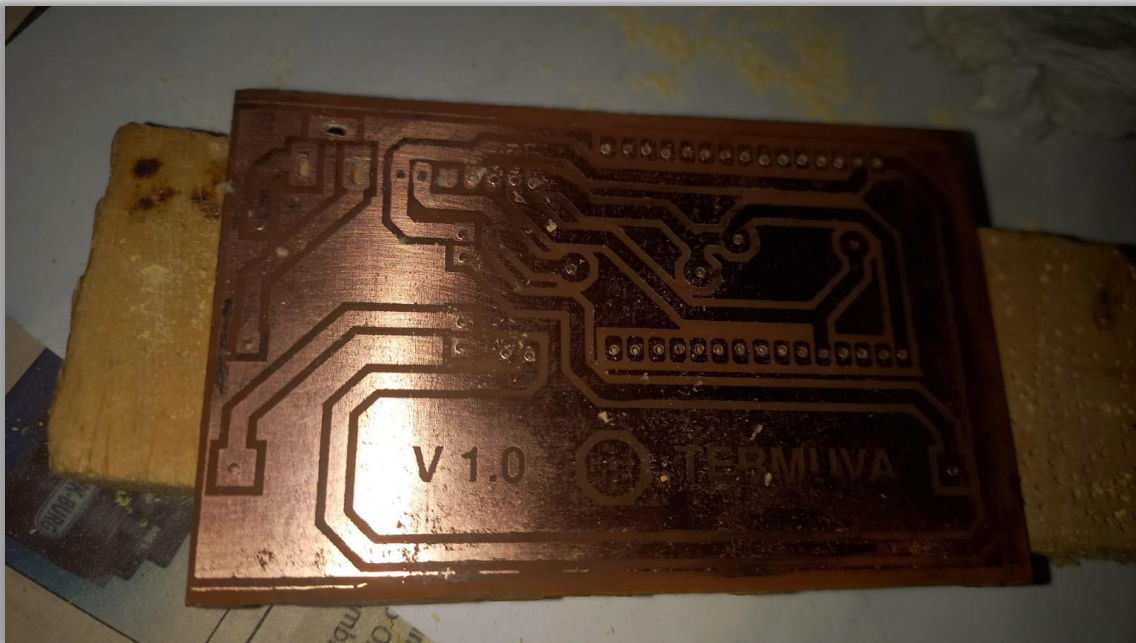






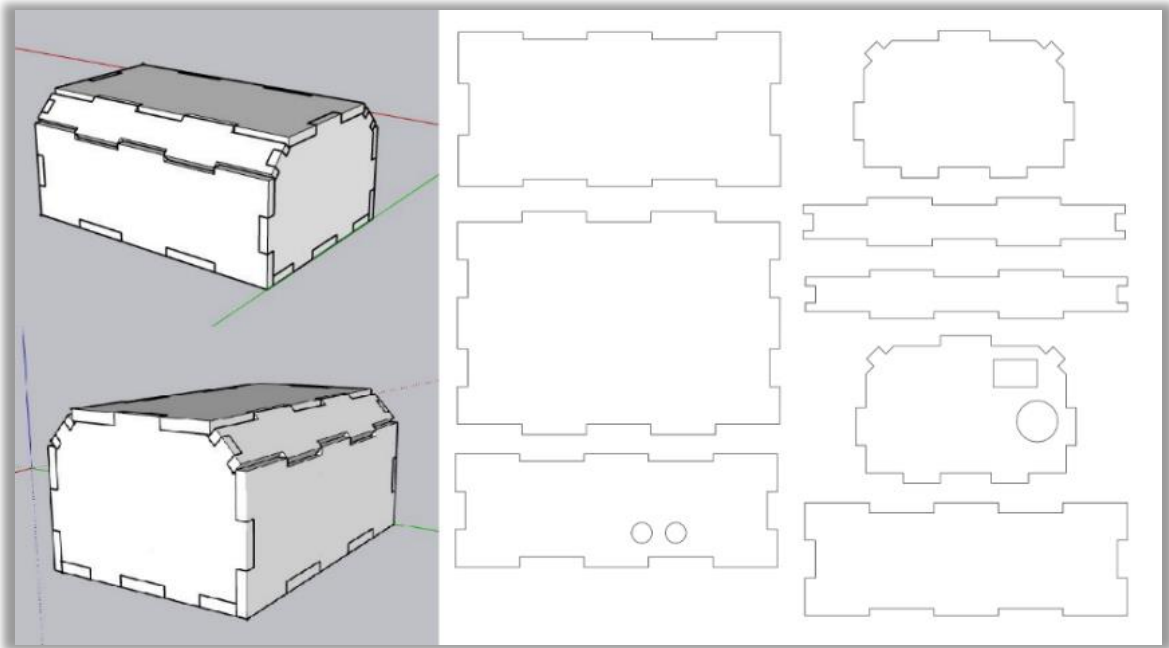
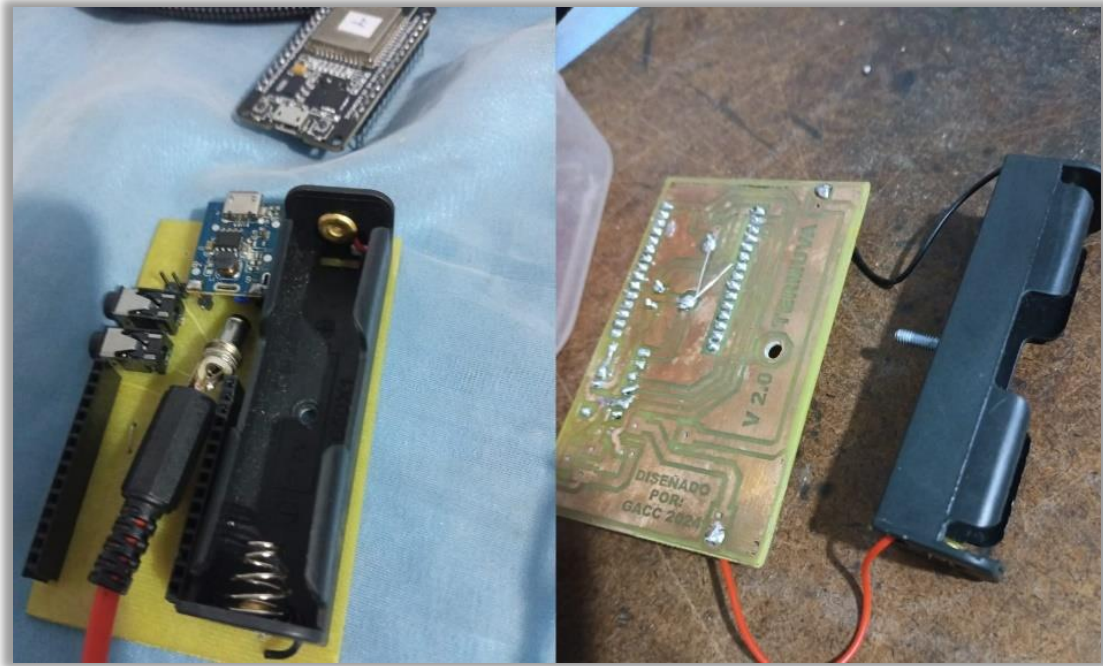


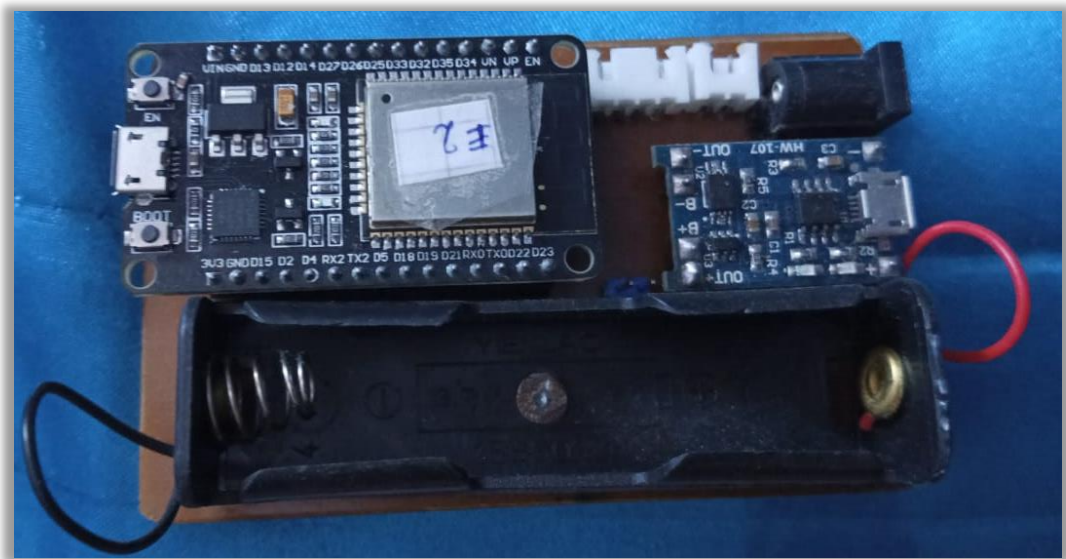


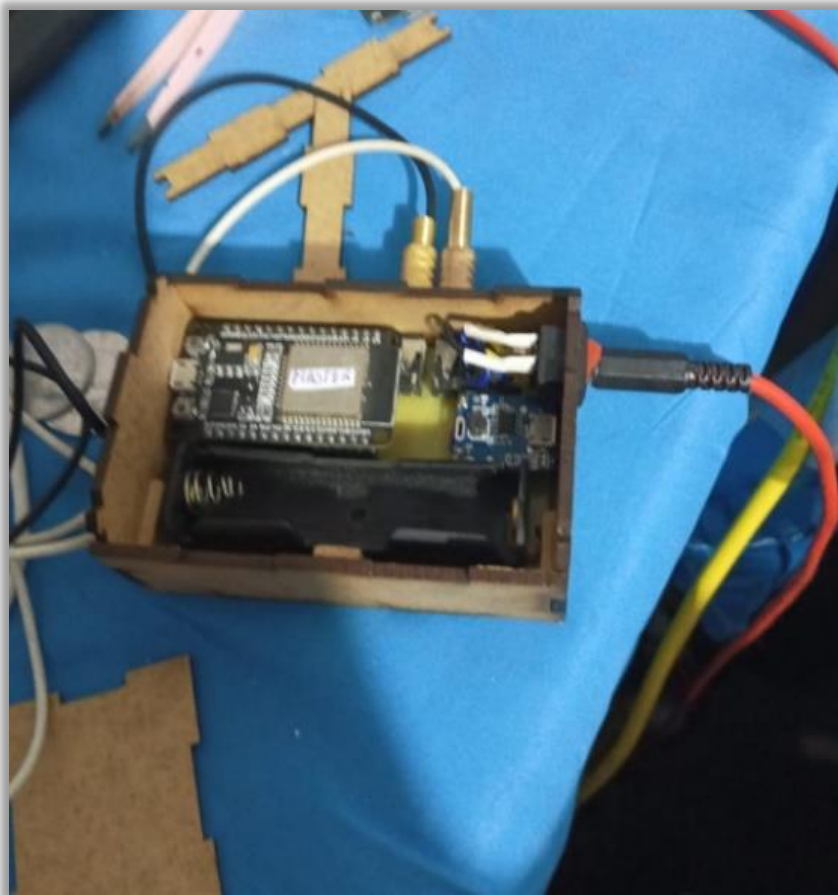




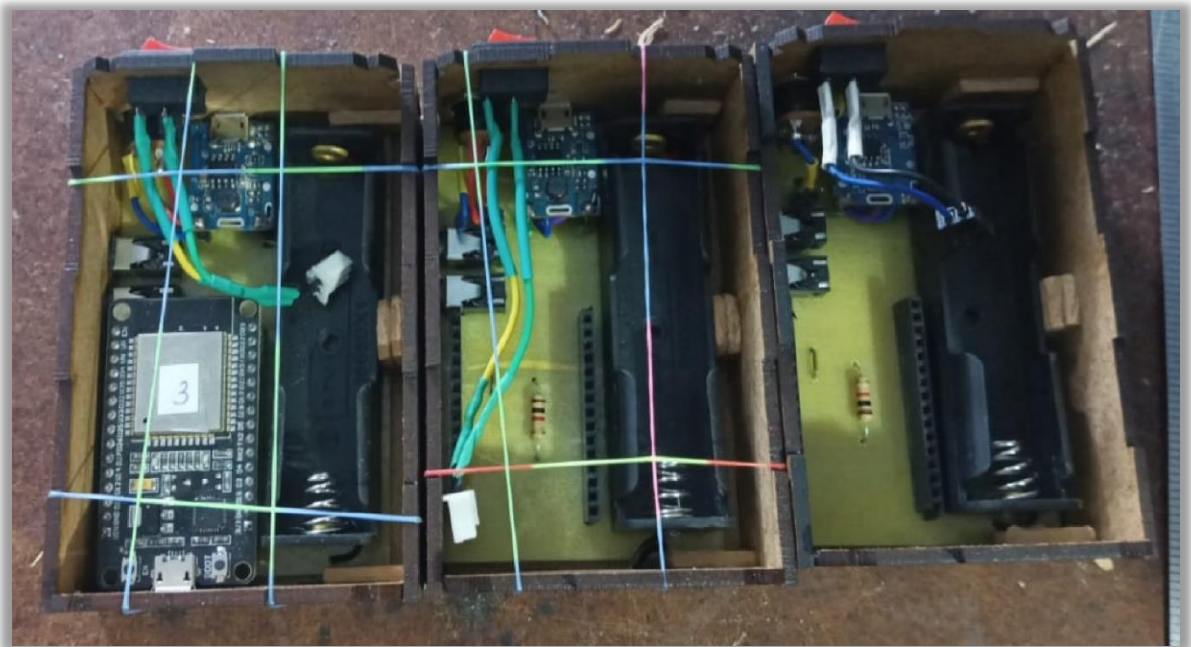








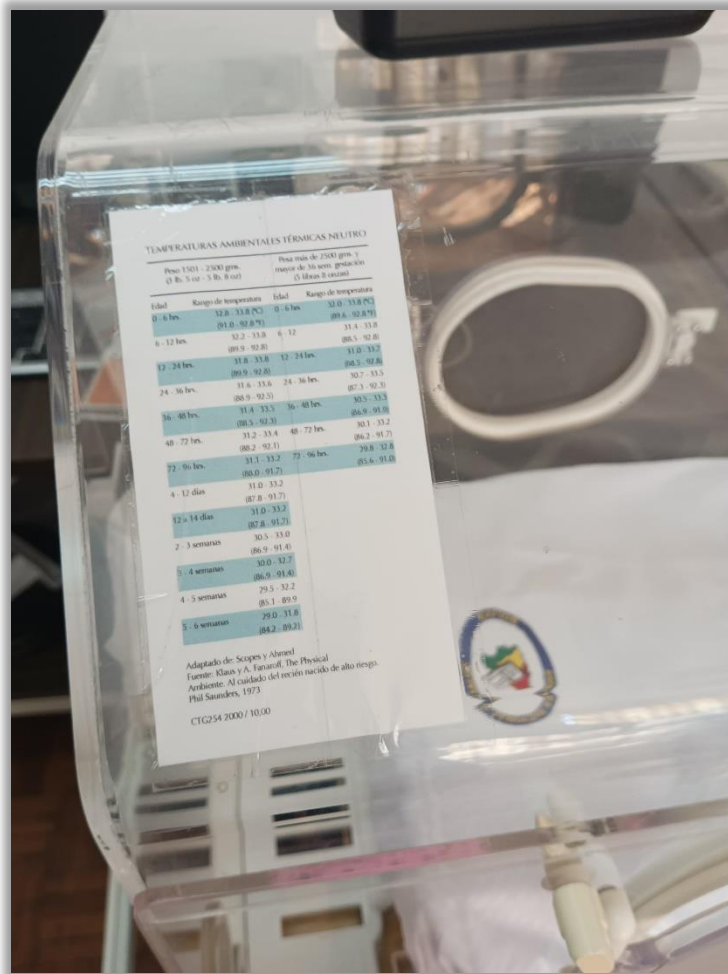




# ANEXO C

## PRUEBAS DEL PROTOTIPO



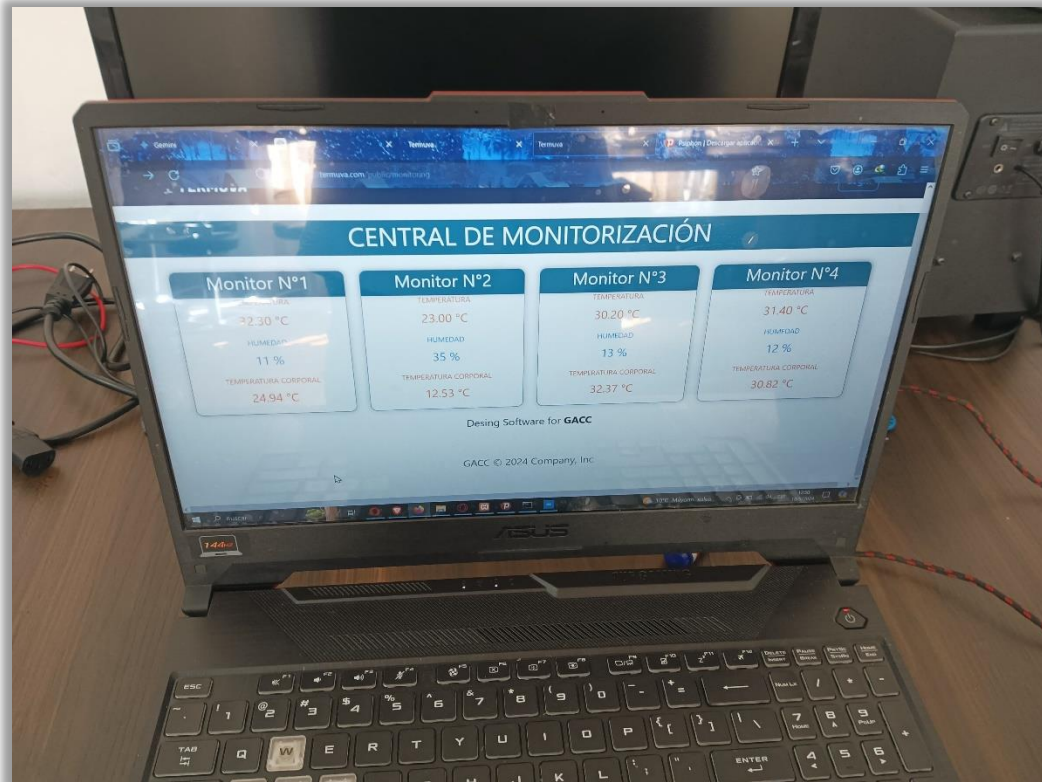
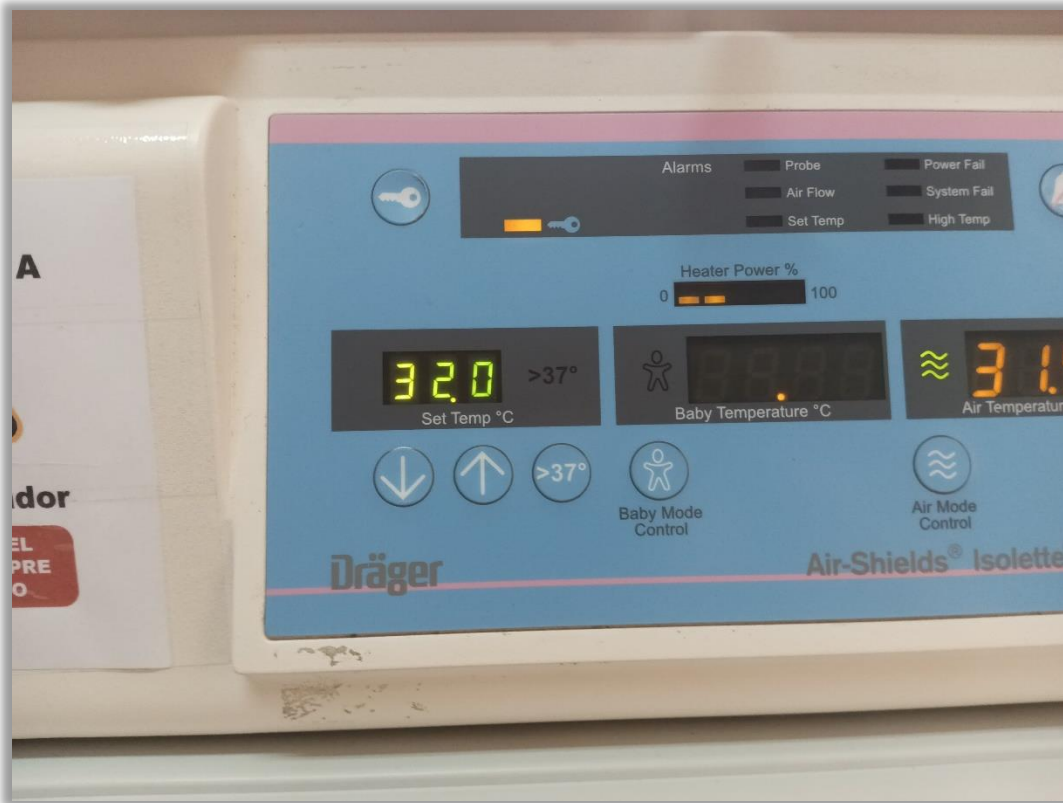


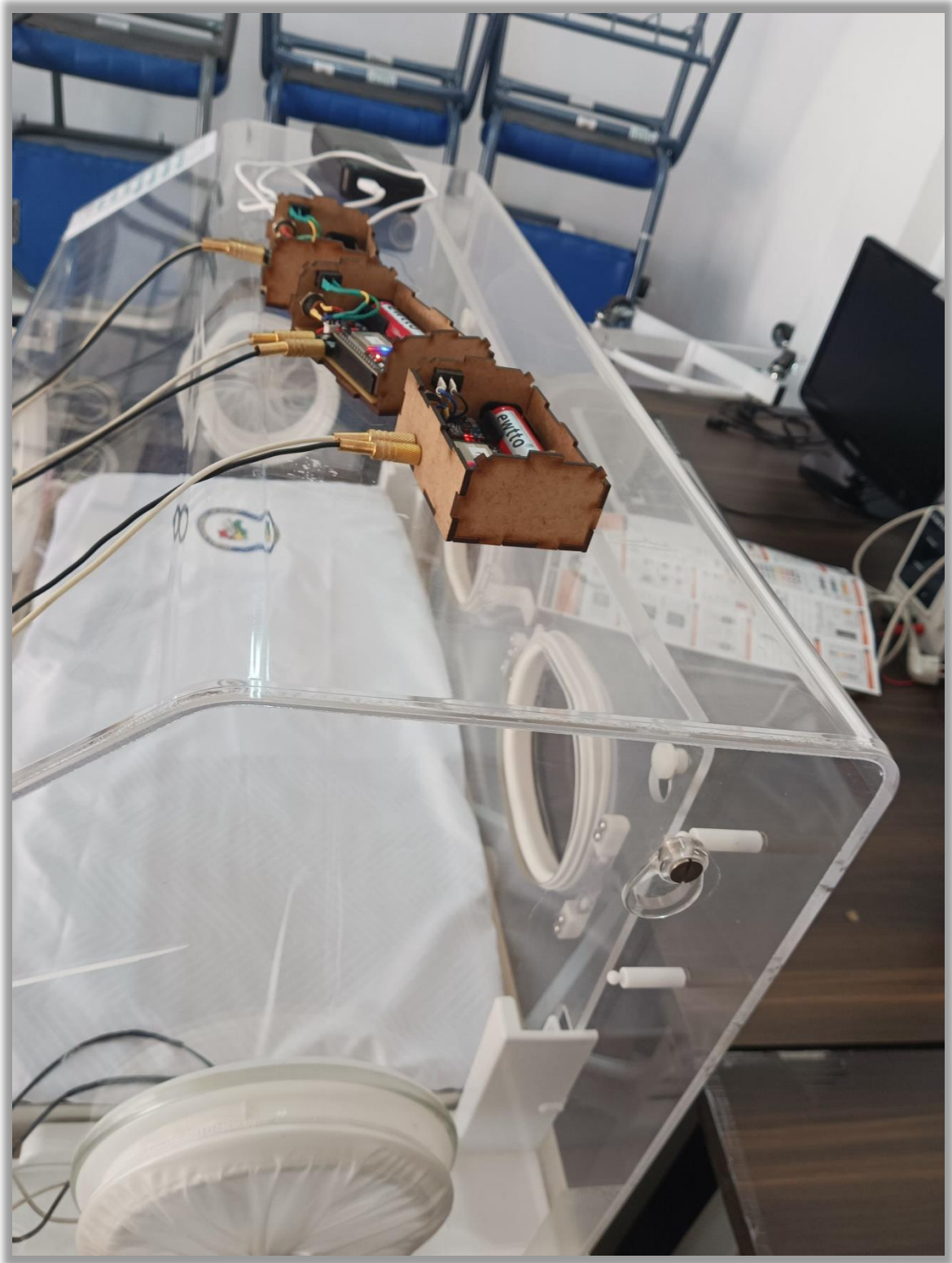












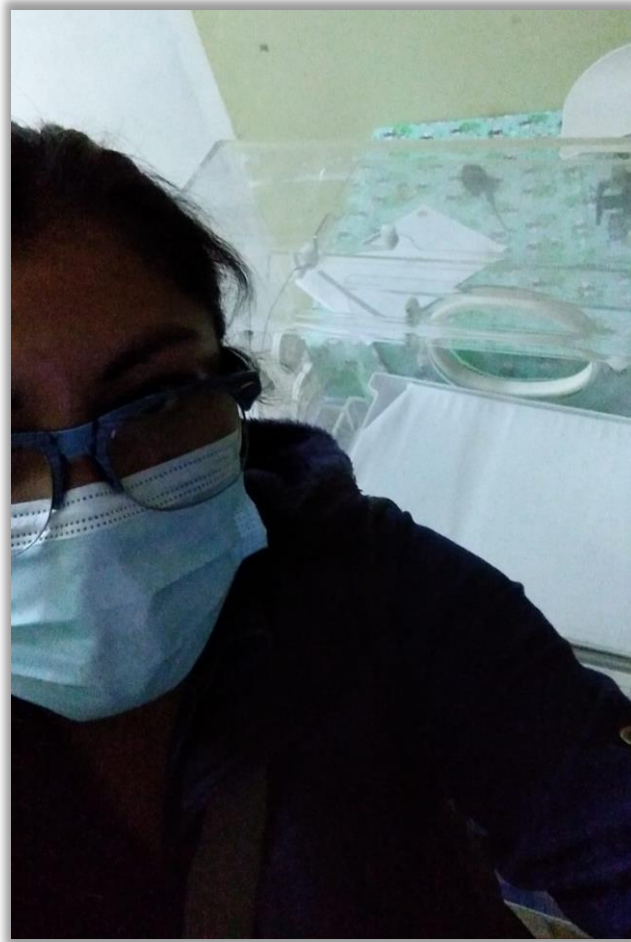














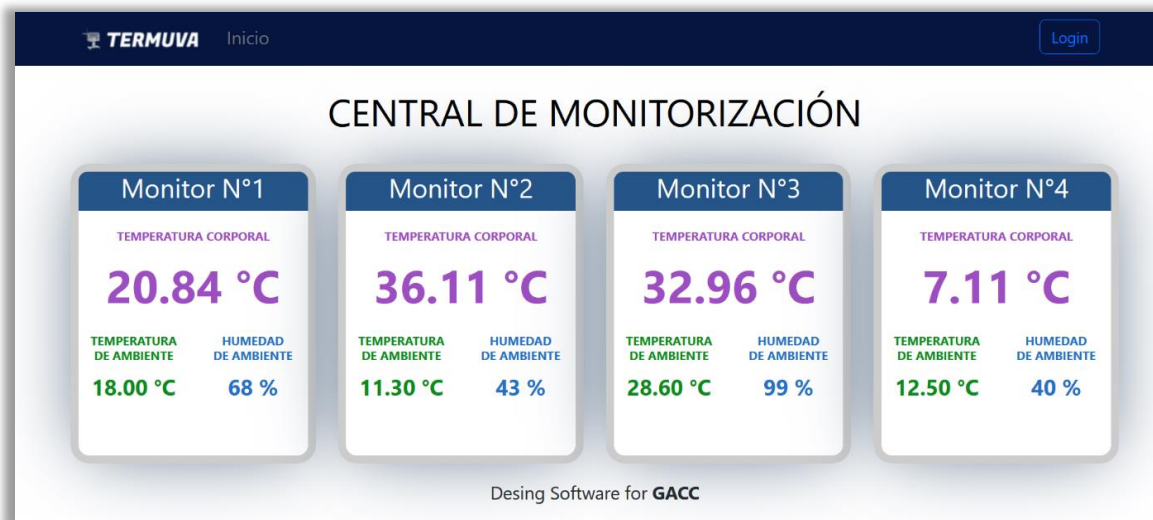












# ANEXO D

## AVALES Y SOLICITUDES



**INGENIERÍA  
DE SISTEMAS**  
UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO