



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,**  
**ELECTRÓNICA Y SISTEMAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA INTELIGENTE PARA  
OPTIMIZAR LA ATENCIÓN DE TRIAJE CON TECNOLOGÍA  
ARDUINO EN EL HOSPITAL CARLOS MONGE MEDRANO  
JULIACA 2023**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**BARTOLOME ROQUE ROQUE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PUNO – PERÚ**

**2024**



## Bartolome Roque Roque

### IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA INTELIGENTE PARA OPTIMIZAR LA ATENCIÓN DE TRIAJE CON TECNOLOGÍA AR...

Universidad Nacional del Altiplano

#### Detalles del documento

Identificador de la entrega  
trn:oid::8254:416526536

111 Páginas

Fecha de entrega  
16 dic 2024, 8:17 a.m. GMT-5

19,392 Palabras

Fecha de descarga  
16 dic 2024, 8:38 a.m. GMT-5

109,138 Caracteres

Nombre de archivo  
TESIS - BARTOLOME\_241216\_081425.pdf

Tamaño de archivo  
4.7 MB





## 20% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

### Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 9 palabras)
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### Fuentes principales

- 18% Fuentes de Internet
- 4% Publicaciones
- 15% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de integridad

#### N.º de alerta de integridad para revisión

- Texto oculto**  
45 caracteres sospechosos en N.º de páginas  
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Ing. Eddy Torres Mantani  
CIP. 119504  
ING. ELECTRÓNICO

Mónica Guis Vázquez Vilca  
SUB DIRECTOR DE INVESTIGACION  
EPIE





## DEDICATORIA

*A Dios A ti, fuente de sabiduría y fortaleza, te entrego este logro con gratitud. Tu guía ha sido mi brújula en cada etapa de esta travesía académica, inspirándome a ser perseverante y recordándome la importancia de la fe y la determinación.*

*A mis queridos padres, Nicolás Roque Sucasaca y Olga Roque, ya que vuestras raíces son el fundamento sobre el cual he edificado este logro. Vuestra dedicación incansable, amor incondicional y sacrificio han sido el motor que me impulsa a alcanzar mis metas.*

*A mis amados hermanos, porque en cada capítulo de esta travesía, su presencia ha sido un pilar fundamental. Vuestra cercanía, aliento y complicidad han sido un regalo invaluable. En cada desafío, en cada victoria, ustedes han sido mi apoyo incondicional, mi refugio y mi motivación para seguir adelante. A Nora por apoyarme y darme el aliento para seguir esforzándome día a día.*

***Bartolome Roque Roque***



## AGRADECIMIENTOS

*A la Universidad Nacional del Altiplano, mi más sincero agradecimiento por su compromiso con la excelencia académica y por proporcionar el entorno propicio para mi desarrollo intelectual. Los valores que aquí se promueven han enriquecido mi aprendizaje y han contribuido significativamente a mi crecimiento profesional y personal.*

*A Edy Torres Mamani, en este trayecto, la luz de la sabiduría y el conocimiento fue guiada por tu apoyo, orientación y dedicación incansable. Tu mentoría y tus enseñanzas han sido la brújula que ha dirigido mis esfuerzos hacia la meta que hoy celebro. Agradezco profundamente tu guía, tus consejos y la confianza depositada en mí, los cuales fueron fundamentales para alcanzar este hito en mi camino académico.*

*A la Mgtr. Teresa Ramos Rojas jefa del área de Triage del Hospital Carlos Monge Medrano de Juliaca, gracias por tu paciencia y consejos para ofrecer una mejor atención a nuestra región.*

***Bartolome Roque Roque***



# ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	
<b>ACRÓNIMOS</b>	
<b>RESUMEN.....</b>	<b>16</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>17</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>19</b>
<b>1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>21</b>
1.2.1. Problema general .....	21
1.2.2. Problemas específicos.....	21
<b>1.3. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>21</b>
1.3.1. Objetivo General.....	21
1.3.2. Objetivos Específicos .....	21
<b>1.4. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>22</b>
1.4.1. Hipótesis General.....	22
1.4.2. Hipótesis Específicos .....	22



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

<b>2.1.</b>	<b>ANTECEDENTES .....</b>	<b>23</b>
2.1.1.	Antecedentes internacionales.....	23
2.1.2.	Antecedentes nacionales .....	25
2.1.3.	Antecedentes nacionales .....	27
<b>2.2.</b>	<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>29</b>
2.2.1.	Sistemas inteligentes.....	29
2.2.1.1.	Sistemas Inteligentes Arduino .....	30
2.2.1.2.	Sensores .....	33
2.2.2.	Atención Hospitalaria .....	46
2.2.2.1.	Atención de Triage .....	47
2.2.2.1.1.	Datos generales .....	49
2.2.2.1.2.	Signos vitales .....	49
2.2.2.1.3.	Otros datos .....	49
<b>2.3.</b>	<b>MARCO CONCEPTUAL .....</b>	<b>51</b>
2.3.1.	Triage .....	51
2.3.2.	Calidad de atención en salud .....	52
2.3.3.	Signos vitales .....	52
2.3.4.	Oximetría .....	52
2.3.5.	Temperatura corporal.....	53
2.3.6.	Algoritmos .....	53
2.3.7.	Microcontroladores .....	54



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1.</b>	<b>UBICACIÓN DEL ESTUDIO .....</b>	<b>55</b>
<b>3.2.</b>	<b>DISEÑO Y TIPO .....</b>	<b>55</b>
3.2.1.	Diseño .....	55
3.2.2.	Tipo .....	55
<b>3.3.</b>	<b>POBLACIÓN Y MUESTRA.....</b>	<b>56</b>
3.3.1.	Población .....	56
3.3.2.	Muestra .....	56
3.3.3.	Muestreo .....	56
<b>3.4.</b>	<b>OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....</b>	<b>57</b>
<b>3.5.</b>	<b>MATERIALES, EQUIPOS Y SOFTWARES UTILIZADOS .....</b>	<b>58</b>
3.5.1.	Materiales .....	58
3.5.1.1.	Componentes electrónicos .....	58
3.5.1.2.	Software.....	59
3.5.1.3.	Herramientas de escritorio.....	59
<b>3.6.</b>	<b>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE ARDUINO .....</b>	<b>59</b>
3.6.1.	Funcionamiento del sistema inteligente con tecnología Arduino .....	59
3.6.2.	Diagrama de Flujo .....	60
3.6.3.	Diseño físico del prototipo del sillón.....	61
3.6.4.	Diseño lógico del prototipo .....	65
3.6.4.1.	Documentación del código en Arduino IDE .....	69
3.6.5.	Ajustes del prototipo .....	71
<b>3.7.</b>	<b>TÉCNICA E INSTRUMENTOS .....</b>	<b>72</b>
3.7.1.	Técnica.....	72





3.7.2.	Instrumentos .....	72
<b>3.8.</b>	<b>PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....</b>	<b>72</b>
<b>3.9.</b>	<b>PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS .....</b>	<b>73</b>
<b>3.10.</b>	<b>ASPECTOS ÉTICOS.....</b>	<b>74</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>		
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>		
<b>4.1.</b>	<b>RESULTADOS DE CALIDAD DE ATENCIÓN ANTES Y DESPUÉS .....</b>	<b>76</b>
<b>4.2.</b>	<b>RESULTADOS DE TIEMPO DE ATENCIÓN ANTES Y DESPUÉS .....</b>	<b>79</b>
<b>4.3.</b>	<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>81</b>
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>86</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>88</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>90</b>
<b>ANEXOS.</b>	<b>.....</b>	<b>96</b>

**Área :** Telecomunicaciones y redes de datos

**Tema :** Sistema Inteligente Arduino para Triaje

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 27 de diciembre del 2024.



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> Especificaciones Técnicas Arduino Mega 2560 .....	33
<b>Tabla 2</b> Especificaciones Técnicas del Sensor HX711 .....	36
<b>Tabla 3</b> Especificaciones de la Pantalla LCD 1602 .....	38
<b>Tabla 4</b> Sensor ultrasónico HC-SR04 .....	41
<b>Tabla 5</b> Especificaciones Técnicas del Sensor Infrarrojo MLX90614 .....	43
<b>Tabla 6</b> Muestra de los 2 grupos de estudio .....	56
<b>Tabla 7</b> Operacionalización de Variables .....	58
<b>Tabla 8</b> Calidad de atención antes de implementar el sistema inteligente .....	76
<b>Tabla 9</b> Calidad de atención después de implementar el sistema inteligente .....	77
<b>Tabla 10</b> Calidad de atención media antes y después de implementar un sistema inteligente con tecnología Arduino .....	78
<b>Tabla 11</b> Prueba t de Student para la calidad de atención media antes y después de implementar un sistema inteligente con tecnología Arduino .....	79
<b>Tabla 12</b> Tabla descriptiva del tiempo de atención media antes y después .....	80
<b>Tabla 13</b> Prueba t de Student respecto al tiempo antes y después .....	81
<b>Tabla 14</b> Prueba de normalidad de Shapiro Wilk del Pretest .....	99
<b>Tabla 15</b> Prueba de normalidad de Shapiro Wilk del Postest .....	99
<b>Tabla 16</b> Base de datos del antes y después recolectadas con las encuestas .....	100
<b>Tabla 17</b> Calidad de atención media antes y después de implementar un sistema inteligente con tecnología Arduino .....	101
<b>Tabla 18</b> Características Eléctricas Clave del Sensor HX711 .....	103



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> Arduino Mega 2560 .....	32
<b>Figura 2</b> Sensor HX711 .....	35
<b>Figura 3</b> Paquete de circuito integrado del sensor HX711 .....	36
<b>Figura 4</b> Pantalla LCD 1602 .....	38
<b>Figura 5</b> Paquete de circuito integrado de la Pantalla LCD 1602 .....	39
<b>Figura 6</b> Sensor ultrasónico HC-SR04 .....	40
<b>Figura 7</b> Sensor Infrarrojo MLX90614 .....	42
<b>Figura 8</b> Monitor de presión arterial digital U80EF .....	44
<b>Figura 9</b> Indicadores del Monitor digital U80EF .....	44
<b>Figura 10</b> Diagrama de flujo del Sistema Inteligente Arduino .....	60
<b>Figura 11</b> Diseño de la silla de Triaje.....	61
<b>Figura 12</b> Diseño del espaldar del sillón .....	62
<b>Figura 13</b> Diseño del cuerpo de la silla.....	63
<b>Figura 14</b> Diseño de las medidas del sillón en el eje horizontal .....	64
<b>Figura 15</b> Diseño del prototipo del sillón junto con el diseño del sensor .....	64
<b>Figura 16</b> Dimensiones del espacio usado en el piso del sillón .....	65
<b>Figura 17</b> Conexiones lógicas del Microcontrolador Arduino Mega .....	66
<b>Figura 18</b> Módulo de medición del peso .....	67
<b>Figura 19</b> Módulo de sensor de ultrasonido para medición de distancia .....	67
<b>Figura 20</b> Conexión de la pantalla LCD visualizador de indicadores.....	68
<b>Figura 21</b> Conexiones del módulo del sensor de temperatura .....	68
<b>Figura 22</b> Circuito lógico del sistema de alimentación.....	69



<b>Figura 23</b>	Calidad de atención media antes y después de implementar un sistema inteligente con tecnología Arduino .....	78
<b>Figura 24</b>	Tiempo de atención media antes y después .....	80
<b>Figura 25</b>	Arduino Mega 2560 Pines.....	102



## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>ANEXO 1</b> Matriz de consistencia .....	97
<b>ANEXO 2</b> Instrumento de Investigación .....	97
<b>ANEXO 3</b> Prueba de normalidad .....	99
<b>ANEXO 4</b> Base de datos .....	100
<b>ANEXO 5</b> Datos Complementarios .....	101
<b>ANEXO 6</b> Características Técnicas de los componentes.....	102
<b>ANEXO 7</b> Documentos presentados.....	104
<b>ANEXO 8</b> Panel Fotográfico .....	105
<b>ANEXO 9</b> Acta de Autenticidad .....	110
<b>ANEXO 10</b> Acta de autorización a Repositorio Institucional UNAP .....	111



## ACRÓNIMOS

API	Interfaz de Programación de Aplicaciones
ASSP	Producto estándar específico de aplicación
AVR	Familia de microcontroladores de Atmel
CAD	Convertor Analógico Digital
CAI	Consulta de Atención Inmediata
CI	Circuito integrado
CIP	Colegio de Ingenieros del Perú
COVID-19	Enfermedad por coronavirus de 2019
DDS	Sistemas de Apoyo para la Toma de Decisiones
DPS	Fuente de alimentación del dispositivo
ESSALUD	Seguro Social de Salud
GPRS	Servicio General de Paquetes vía Radio
GSM	Sistema Global para Comunicaciones Móviles
IDE	Entorno de desarrollo integrado
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
IoT	Internet de las cosas
LCD	Pantalla de cristal líquido
LPM	Latidos por minuto
MINSA	Ministerio de Salud
MIS	Sistema de Información Gerencial
NR	Robot de Enfermería
PWM	Modulación por ancho de pulso
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología



SMBUS	Bus de Administración del Sistema
SMS	Servicio de mensajería corta
TPS	Sistema de Procesamiento de Transacciones
UART	Receptor/Transmisor Asíncrono Universal
UNAP	Universidad Nacional del Altiplano
USB	Bus Universal en Serie



## RESUMEN

La atención en los servicios de Triage abarca desde la llegada del paciente hasta el momento en que se realiza el correspondiente proceso de evaluación. Según las recomendaciones, el tiempo de Triage debería ser menor a 5 minutos. Sin embargo, en nuestra región, los tiempos de Triage del MINSA han sido cuestionados debido a su falta de eficacia y rapidez. Ante esta problemática se implementó un sistema inteligente con tecnología Arduino en la calidad de atención en el servicio de Triage en el Hospital Carlos Monge Medrano 2023. El enfoque fue cuantitativo, de diseño cuasi experimental con grupo de control, de corte transversal, de nivel aplicativo. La población estuvo comprendida por pacientes de Triage, y la muestra comprendida a 40 pacientes, de los cuales 20 fueron grupo de control y 20 al grupo experimental. Se recogieron los datos con el instrumento de “Escala de Evaluación de Calidad de Atención y Tiempo de Espera en Triage” adaptada del autor Vasquez que es una escala Likert que presenta una confiabilidad de Alfa de Cronbach de Pretest de 0.76 y Postest de 0.91. Los resultados muestran que la calidad de atención antes de la implementación del sistema inteligente con tecnología Arduino tuvo una media de 36.4 luego de aplicar tuvo una media de 42.25. Entonces se concluye que hubo mejora significativa en la calidad de atención en el servicio de triaje en el Hospital Carlos Monge Medrano.

**Palabras Clave:** Atención de traje, calidad de atención, implementación, tecnología Arduino, sistema inteligente





## ABSTRACT

Care in Triage services extends from the arrival of the patient to the point at which the corresponding assessment process takes place. According to recommendations, Triage time should be less than 5 minutes. However, in our region, MINSA's Triage times have been questioned due to their lack of efficiency and speed. In response to this problem, an intelligent system with Arduino technology was implemented in the quality of care in the Triage service at the Carlos Monge Medrano 2023 Hospital. The approach was quantitative, quasi-experimental design with control group, cross-sectional, applicative level. The population consisted of Triage patients, and the sample consisted of 40 patients, of whom 20 were control group and 20 were in the experimental group. Data were collected using the instrument 'Scale for the Evaluation of Quality of Care and Waiting Time in Triage' adapted from the author Vasquez, which is a Likert scale with a Cronbach's alpha reliability of 0.76 Pretest and 0.91 Posttest. The results show that the quality of care before the implementation of the intelligent system with Arduino technology had a mean of 36.4 and after the implementation it had a mean of 42.25. It is therefore concluded that there was a significant improvement in the quality of care in the triage service at the Carlos Monge Medrano Hospital.

**Key words:** Arduino technology, implementation, intelligent system, quality of care, Suit care.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

La salud es un derecho fundamental de todos los seres humanos, y el Estado tiene la obligación de garantizar su acceso y calidad. En este contexto, la incorporación de tecnologías en salud ha cobrado una importancia creciente en los últimos años. El Hospital Carlos Monge Medrano de Juliaca es un establecimiento de salud de nivel II-1 que atiende a una población de 344 000 personas según (INEI, 2020) y de otros distritos de la provincia de San Román. El Triage es el proceso de clasificación de los pacientes según su gravedad, con el objetivo de priorizar la atención y asegurar que los pacientes más graves reciban la atención más oportuna (Vázquez et al., 2019).

Para el desarrollo de esta investigación se estructurará continuando por el capítulo II, "Revisión Literaria", se revisan los antecedentes internacionales y estudios científicos similares a otras mejoras de Triage inteligente. Se destaca la importancia de la precisión en la medición de signos vitales y se explora la tecnología Arduino y la mejora en la eficiencia del Triage hospitalario. Además, se establece un marco teórico que respalda la adopción de esta tecnología. En el capítulo III, "Metodología", detalla el tipo de estudio, diseño y metodología utilizados, se aborda la población y muestra específicas, así como los instrumentos de medición y su validación. En el capítulo IV, "Resultados", se presentan los hallazgos obtenidos mediante modelos gráficos y pruebas estadísticas. Se discuten las hipótesis planteadas y se comparan los resultados con otros estudios relevantes, proporcionando un análisis crítico. En este contexto, la presente investigación propone la implementación de un sistema inteligente para optimizar la atención de Triage con tecnología Arduino mediante un sillón que con diferentes sensores incorporados,



reduciendo así los tiempos en el servicio de Triage y mejorando la calidad atención de Triage

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En todo proceso hospitalario se pasa por servicio de Triage que no es más que la clasificación de pacientes según su estado de salud es un proceso de evaluación clínica inicial que organiza a los pacientes, antes de realizar un diagnóstico o tratamiento médico, de acuerdo con el nivel de urgencia de su condición (Vázquez et al., 2019). Latinoamérica presenta baja calidad hospitalaria frente a países desarrollados. Según un estudio en Argentina de Saizar (2015), evidenció que la saturación del servicio de urgencias ha generado una atención despersonalizada y apresurada, carente de información y comunicación, haciendo que el paciente se sienta como si no fueron escuchados.

Perú no es ajeno a esta problemática, por mencionar que el Seguro Social de Salud implementó módulos Consulta de Atención Inmediata (CAI) para descongestionar atenciones en emergencias según su último reporte (ESSALUD, 2023). Por otro lado, según un estudio Alamo y otros (2020), quienes recolectaron las quejas en el departamento de urgencias del Hospital Nacional Edgardo Rebagliati y evidenciaron que 16% de todas las quejas se refiere al servicio de Triage como segundo puesto, específicamente con la calidad y tiempo de espera prolongado. Otro estudio hecho por Taype-Huamaní y otros (2019), presentan alta afluencia de pacientes de urgencia en el mismo hospital, donde desarrollaron procedimientos que aceleren el proceso de Triage mediante personal facilitador y el uso de tecnología en tiempo real con tableros que compartían información a fin de reducir el tiempo de espera. Sin olvidar que la pandemia del COVID-19 en el Perú sacudió los servicios de atención de emergencias como lo menciona la Contraloría en su reporte, donde evidenció que el servicio de Triage tuvo gran



importancia y relevancia en la atención en el control del paciente, refiriéndose a que se debe avanzar hacia innovaciones tecnológicas de acuerdo a las nuevas exigencias (Shack, 2021).

Entonces, una buena solución a esto es la adquisición de monitores de signos vitales para Triage, pero el costo supera los 3000 dólares estadounidenses como lo menciona (Vásquez, 2021). Sin olvidar que la adquisición de estos equipos lleva a negociaciones con empresas privadas y extranjeras. Es por ello que, la implementación de un sistema inteligente con tecnología Arduino permite la recolección simultánea de múltiples datos vitales, acelerando el proceso desde un enfoque de las Ciencias de la Ingeniería Electrónica. Aunque la calibración inicial puede requerir tiempo, una vez establecida, la eficiencia mejorada supera el tiempo invertido en la configuración inicial con un coste inferior a los ofrecidos de estas tiendas europeas. Con lo que se podría reducir el malestar de los pacientes en Triage a causa de prolongada demora o por la misma naturaleza de este proceso que debe ser rápido, eficaz, eficiente e inesperado. Por ello, se espera que la implementación de esta tecnología mejore la atención a los pacientes que asisten al Hospital Carlos Monge Medrano ubicado en Juliaca, donde también se evidenció esta problemática por la gran afluencia de pacientes diarios que acuden a este establecimiento.

Al recopilar datos de los signos vitales de manera simultánea y en tiempo real puede ofrecer una visión más completa del estado del paciente, mejorando la precisión del diagnóstico inicial en comparación con los métodos tradicionales ayudando al profesional de la salud a enfocarse en poder dar una valoración clínica rápidamente. Entonces, el presente estudio pretende implementar un sistema inteligente preciso, funcional, que mejore la atención en el servicio de Triage. A razón de ello, nos planteamos las siguientes interrogantes:



## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema general**

- ¿La implementación de un sistema inteligente con tecnología Arduino mejora la calidad de atención y reduce el tiempo en el servicio de Triaje en el Hospital Carlos Monge Medrano 2023?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿La implementación de un sistema inteligente con tecnología Arduino mejora la calidad de atención en el servicio de Triaje en el Hospital Carlos Monge Medrano 2023?
- ¿La implementación de un sistema inteligente con tecnología Arduino reduce el tiempo de atención en el servicio de Triaje en el Hospital Carlos Monge Medrano 2023?

## **1.3. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1. Objetivo General**

- Implementar un sistema inteligente con tecnología Arduino en la calidad de atención y reduce el servicio de Triaje en el Hospital Carlos Monge Medrano 2023.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Comparar la calidad de atención en el servicio de Triaje en los pacientes del Hospital Carlos Monge Medrano antes y después de la implementación del sistema inteligente con tecnología Arduino 2023.



- Contrastar el tiempo de atención en el servicio de Triage en los pacientes del Hospital Carlos Monge Medrano antes y después de la implementación del sistema inteligente con tecnología Arduino 2023.

## **1.4. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1. Hipótesis General**

- La implementación de un sistema inteligente con tecnología Arduino mejora la calidad de atención y reduce el tiempo en el servicio de Triage en el Hospital Carlos Monge Medrano 2023.

### **1.4.2. Hipótesis Específicos**

- El sistema inteligente con tecnología Arduino mejora la calidad de atención en el servicio de Triage en el Hospital Carlos Monge Medrano 2023.
- El sistema inteligente con tecnología Arduino reduce el tiempo de atención en el servicio de Triage en el Hospital Carlos Monge Medrano 2023.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Becerra et al. (2023) En su artículo científico, los autores desarrollaron un dispositivo llamado VitalAxsist para el monitoreo remoto de constantes fisiológicas, diseñado principalmente para su aplicación en la atención prehospitalaria. Este sistema emplea sensores para registrar parámetros como temperatura, saturación de oxígeno, pulso y ritmo cardíaco. Los datos recopilados por los sensores se envían a una tarjeta ESP32, que actúa como concentrador y transmite la información mediante Bluetooth de bajo consumo a una Raspberry Pi4. Esta última se encarga de procesar los datos para evaluar si los parámetros se encuentran dentro de rangos saludables, emitiendo alertas sonoras en caso de detección de anomalías. Los autores concluyen que el dispositivo permite una lectura más rápida en comparación con métodos tradicionales y posibilita el monitoreo continuo de un número ilimitado de pacientes.

Faraz *et al.*, (2022), en su artículo científico en inglés denominado “*Interactive Robotic Nurse*”, tuvieron como objetivo principal desarrollar un sistema de Robot Enfermero (RE) que funcione como un dispositivo de diagnóstico programable con un manipulador multifunción diseñado para ayudar a los médicos y facilitar la recuperación de los pacientes. Los autores concluyen que el uso del Robot Enfermero (NR) se considera una medida importante y multifuncional para realizar chequeos regulares en pacientes nuevos, lo que



mejorará la calidad de la atención médica y brindará comodidad a los pacientes sin intervención humana y mejora la usabilidad y utilidad del sistema robótico en el cuidado de los adultos mayores.

Alvarez (2017), automatizó un sistema de control y seguridad en las agencias del Banco del Pacífico empleando Arduino y SMS, la investigación fue aplicada con diseño explicativo, enfoque cuantitativo. Las pruebas se desarrollaron en un plazo de tres meses para verificar las señales de alarma vía SMS, mientras que el funcionamiento general del sistema se verificó mediante el trabajo en equipo con operadores y especialistas en la materia. El autor concluye que el sistema electrónico automatiza y da continuidad en el monitoreo en las agencias del Banco del Pacífico.

Ramírez y Guamán (2015) implementó un sistema de visión artificial que permita controlar la temperatura ambiente utilizando la plataforma Arduino. El tipo de estudio fue experimental y permitió la detección de personas empleando el filtro upperbody que demostró ser muy positivo en los experimentos realizados. Los autores concluyen que se logró el exitoso desarrollo del módulo de visión artificial utilizando OpenCV, permitiendo una detección satisfactoria de personas con resultados positivos en pruebas, aunque se identificó la necesidad de una mejor iluminación y más píxeles para los filtros de detección facial.

En Ecuador, Moreira (2022), documenta el desarrollo de un sistema de videovigilancia diseñado para optimizar el control y fortalecer la seguridad en el Edificio Unión Provincial de Organizaciones Campesinas de Manabí (UPOCAM). Este proyecto tiene como propósito principal proteger los bienes materiales de la institución ante el aumento de la inseguridad. Los resultados





evidencian que el sistema, construido sobre tecnología Arduino, constituye una solución eficaz para mejorar la seguridad del edificio

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Vásquez (2021), desarrolló un sistema inteligente basado en Arduino para optimizar el proceso de Triage en el Hospital II-E de Juanjuí-San Martín, con el objetivo de mejorar estos procedimientos el cual recolecta información sobre peso, talla, temperatura, presión arterial sistólica/diastólica y ritmo cardiaco. Se implementó un sistema inteligente programado en Python acompañada por un prototipo de silla inteligente. El autor tomó como muestra a 270 sujetos de estudio, afiliados en el SIS en el distrito de Juanjuí-San Martín. El autor concluyó que con la implementación de este sistema se mejoraron los procedimientos de Triage en esta institución.

Taype y otros (2019) evaluaron el impacto de un programa de mejora de procesos con facilitadores en el tiempo de espera para la atención médica urgente en un servicio de emergencia de un hospital terciario. La investigación se centró en todas las personas atendidas en el Servicio de Emergencia del HNERM, ubicado en Lima, Perú, que anualmente recibe más de 160,000 pacientes mayores de 14 años. La muestra consideró a pacientes clasificados como prioridad III según el sistema de Triage de Manchester, atendidos por problemas médicos entre las 6:00 y las 23:00 horas, de lunes a domingo. Los resultados mostraron que, tras la implementación del programa de facilitadores de procesos, los tiempos de espera para recibir atención médica urgente se redujeron significativamente. Los autores concluyen que el programa contribuyó a una mejora sostenida en los tiempos de espera durante su período de funcionamiento.



Arnao y Chambi (2021), desarrollaron un estudio Prototipo de un sistema inteligente, basado en Arduino para monitorear el ritmo cardiaco de pacientes con problemas cardiovasculares en tiempo real”, el cual controlaba el ritmo cardiaco en los pacientes que tienen problemas cardiovasculares utilizando tecnología GSM/GPRS en hardware y software. Teniendo como diseño el experimental con una muestra conformada por 30 pacientes ambulatorios. En el estudio se permitió aplicar C++ con el fin de ejecutar el monitoreo del ritmo cardiaca de los pacientes enviando mensajes de alerta por SMS. De acuerdo con los resultados resultó que el sistema mejora los resultados se disminuyó de 29,2 horas a 1,63 respecto a la lectura del ritmo cardiaco. Se concluyó que la implementación tecnológica basada en Arduino facilita el monitorio del ritmo cardiaco en tiempo real.

En el estudio realizado por Perez et al. (2023), fue desarrollado un sistema de monitoreo basado en tecnología RFID y Arduino con el objetivo de optimizar el control de asistencia en la institución educativa Tercer Cielo, ubicada en Trujillo, durante el año 2022. La investigación, de carácter aplicada y pre-experimental, contempló una muestra de 188 estudiantes y 6 miembros del personal administrativo. Los resultados evidenciaron una reducción significativa del tiempo promedio necesario para generar reportes de asistencia (99.97%) y para llevar a cabo el proceso de toma de asistencia (93.66%). Los autores concluyeron que el sistema implementado contribuyó notablemente a mejorar la eficiencia del control de asistencia en la institución.

En su estudio, Reyes (2024) presentó el diseño y la implementación de un sistema de control orientado a la automatización de invernaderos para la agricultura familiar, empleando una placa Arduino como núcleo tecnológico. Este sistema emula las funciones de entradas y salidas digitales propias de un PLC



industrial, proporcionando una solución económica y accesible mediante componentes disponibles en el mercado local. Los resultados demostraron que el uso de Arduino permitió optimizar la automatización de los invernaderos, logrando reducir significativamente el tiempo y el esfuerzo requeridos para las actividades de cultivo. Asimismo, el sistema destacó como una alternativa de bajo costo, con una inversión total de S/ 1,354.10.

### **2.1.3. Antecedentes nacionales**

Apaza (2024) desarrolló e implementó un mini invernadero con control automatizado para el cultivo de fresas en la ciudad de Puno, empleando el microcontrolador ATMEGA 2560 REV3. Este estudio, de enfoque experimental y cuantitativo, registró un consumo energético máximo de 10 kWh. Los resultados obtenidos evidenciaron que el invernadero mejoró significativamente el crecimiento y la producción de fresas durante un período de 20 días, al establecer parámetros óptimos de temperatura (22 °C), humedad ambiental (80 %) y humedad del suelo (80 %).

Apaza y La Torre (2017) diseñaron e implementaron un sistema automatizado de riego tecnificado basado en el balance de humedad del suelo, empleando tecnología Arduino, con el objetivo de optimizar el uso eficiente del agua. El proyecto tuvo lugar en el laboratorio de control y automatización de EPIME en 2016, utilizando un sensor de humedad de suelo de señal analógica para mantener niveles óptimos de humedad, evitando tanto el exceso como el déficit en los cultivos. Las pruebas experimentales se llevaron a cabo en un área de 6.4 m<sup>2</sup>. Los resultados demostraron que el sistema automatizado es eficiente en



el uso del agua, asegura un balance adecuado de humedad en el suelo y facilita el monitoreo de los valores de consumo de energía.

Churata (2019) diseñó de un sistema de monitoreo en tiempo real del índice de radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa para la región Puno”, misma que monitoreaba la las variaciones de temperatura, radiación ultravioleta y humedad, usando herramientas como HTML. De diseño experimental, las muestras se entienden por 3 muestras de 1 minuto, los cuales son almacenados en una base de datos MYSQL y mediante la API de Google Maps fueron mostrados en un servicio de PHP, JavaScript y HTML con CSS. Bajo una prueba estadística paramétrica de t-student obtuvieron que no existe diferencia significativa a un 10% con los datos obtenidos con el modelo versus los resultados reportados por SENAMHI. Su estudio concluye con que SENAMHI fue ayudado con estas tecnologías en sus lecturas tanto de temperatura, radiación y humedad en la región de Puno.

En el estudio realizado por Machaca (2016), fue desarrollado un sistema de control de tráfico vehicular basado en semáforos inteligentes utilizando tecnología Arduino. La investigación, clasificada como descriptiva y proyectiva, implementó cámaras para capturar imágenes procesadas digitalmente mediante el software Matlab. Este procesamiento permitió calcular la densidad del tráfico vehicular, tras lo cual el microcontrolador ajustaba la duración de la luz verde en cada vía según la cantidad de vehículos presentes. Los resultados obtenidos demuestran la efectividad del sistema en la reducción de la congestión, el control eficiente del tráfico y la minimización de riesgos de accidentes. No obstante, se destacó la necesidad de incorporar tecnología más avanzada para afrontar un posible aumento significativo de la carga vehicular.



## 2.2. MARCO TEÓRICO

### 2.2.1. Sistemas inteligentes

Un Sistema Inteligente se define como aquel que puede adaptarse mediante la experiencia, interactuando con su entorno y aprendiendo a identificar las acciones más adecuadas para cada situación con el fin de cumplir con el objetivo establecido (Corbalán, 2005). Los sistemas inteligentes son entidades tecnológicas capaces de recopilar, analizar y procesar información de su entorno, tomando decisiones óptimas basadas en algoritmos y datos. En el contexto de la ingeniería electrónica, estos sistemas representan una convergencia de hardware, software y algoritmos inteligentes capaces de procesar datos y tomar decisiones óptimas en tiempo real. Para Zhang & Jia (2017), mencionan que un Sistema Inteligente es aquel que soluciona problemas sin necesidad de la supervisión de una persona. Por otro lado, Estrada y otros (2011), mencionan que un sistema experto son sistemas informáticos que pueden simular el comportamiento de un experto humano en una determinada área. Se utilizan para resolver problemas complejos que requieren conocimiento especializado. Además que, pueden trabajar en ambientes hostiles o peligros, que no padecen fatiga, olvido, dolor y no comete errores de cálculo, no dan explicaciones y siempre pueden trabajar a su máximo potencial.

El espectro de sistemas inteligentes abarca diversas categorías, cada una con funciones y enfoques específicos. Entre ellos se encuentran los Sistemas de Procesamiento de Transacciones (TPS), responsables de agilizar las transacciones operativas, reduciendo considerablemente el tiempo empleado en su ejecución, tipos y ventajas. Los Sistemas de Información Gerencial (MIS) operan como un



componente computarizado que integra usuarios, software y hardware en un mismo entorno. A diferencia de los TPS, los MIS abarcan un rango más amplio de tareas organizativas, incluyendo análisis y toma de decisiones. Estos sistemas comparten una base de datos común que almacena modelos para interpretar y aplicar los datos, generando información vital para la toma de decisiones (Cuenca, 2004).

Por otro lado, Cuenca (2004) menciona que los Sistemas de Apoyo a Decisiones (DSS) profundizan en todas las fases del proceso de toma de decisiones, adaptándose a las necesidades específicas de los usuarios. Diseñados para resolver problemas o tareas administrativas específicas, estos sistemas se ajustan a diferentes niveles de la organización, proporcionando un soporte eficaz a los administradores en sus procesos de decisión. Dentro de este panorama, los Sistemas Expertos e Inteligencia Artificial representan la culminación de estos sistemas, buscando emular el razonamiento humano que viene a ser sistemas inteligentes avanzados.

#### **2.2.1.1. Sistemas Inteligentes Arduino**

Arduino es una plataforma de hardware y software libre diseñada para desarrollar proyectos electrónicos de manera sencilla y accesible. Consiste en placas electrónicas programables que incluyen un microcontrolador, junto con un entorno de desarrollo (IDE) que permite escribir, compilar y cargar código en el dispositivo.

Esta plataforma ofrece un entorno de desarrollo (IDE) y un lenguaje de programación propio simplificado, lo que la hace accesible para personas con pocos conocimientos sobre microcontroladores o con



recursos económicos limitados. La programación de placas Arduino se realiza directamente desde su IDE a través de un simple cable USB, sin requerir programadores específicos, gracias al bootloader precargado en el microcontrolador. La versatilidad del IDE, compatible con sistemas operativos como Windows, Linux y Mac, junto con su enfoque multiplataforma, libertad y una comunidad amplia, han sido clave en el éxito de Arduino (Bolaños, 2018).

Arduino representa una convergencia sinérgica entre hardware y software, ofreciendo una vía accesible y abierta para el desarrollo de soluciones computacionales. Esta tecnología, definida como una compañía de código y hardware abierto, se ha convertido en un vehículo para la convergencia entre la electrónica y la informática, permitiendo la creación de sistemas complejos. Las placas Arduino, similares a las computadoras convencionales, tienen una versatilidad que las hace adaptables a una amplia gama de funciones, requiriendo entradas y salidas para maximizar su potencial (Vidal et al., 2015).

Las ventajas clave de la tecnología Arduino radican en su accesibilidad, flexibilidad y evolución continua. Al ser de código y hardware abierto, fomenta la colaboración y el aprendizaje compartido, permitiendo a una amplia gama de personas involucrarse en proyectos de electrónica y computación. Además, su diversidad de placas y la mejora constante de sus características hacen que sea una opción atractiva para proyectos tanto educativos como proyectos de nivel empresarial que requieren adaptabilidad y funcionalidad específica (Ticona, 2017; Tupac et al., 2021).

### a) Arduino Mega

El Arduino Mega 2560, ilustrado en la Figura 1, se destaca como una placa de desarrollo excepcionalmente diseñada para la construcción de aplicaciones extensas en comparación con otras placas de Arduino. Con su microcontrolador ATmega2560 operando a una frecuencia de 16 MHz, esta placa ofrece un conjunto robusto de características. Entre ellas, cuenta con 54 pines de entrada/salida digital, de los cuales 15 permiten su uso como salidas PWM, junto con 16 entradas analógicas, 4 UARTs para puertos seriales, una conexión USB, un puerto de alimentación, una cabecera ICSP para programación y un botón de reinicio (ArduinoLLC, 2022).

**Figura 1**

*Arduino Mega 2560*



Fuente: (ATMEL, 2016).

Esta placa, conocida como AT-MEGA (ARDUINO MEGA), cuenta con una tabla de especificaciones que nos permite identificar sus características principales, como se muestra en la Tabla 1. Ha sido diseñada específicamente para proyectos electrónicos y de robótica, integrándose de manera óptima con el entorno de programación Arduino. Su diseño integral proporciona el soporte necesario para el



microcontrolador, facilitando su conexión a un ordenador mediante un cable USB o a una fuente de alimentación externa a través de un adaptador de CA o una batería (Master IE., 2019).

**Tabla 1**

*Especificaciones Técnicas Arduino Mega 2560*

Pin	Valores Técnicos
Microcontrolador	ATmega2560
Voltaje de Funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7 - 12 V
Voltaje de entrada (límite)	6 - 20 V
Pines E/S digitales	54 (15 proporcionan salida PWM)
Pines de Entrada analógica	16
Intensidad por Pin	40 Ma
Intensidad en Pin 3.3V	50 mA
Memoria Flash	256 KB de las cuales 8KB las usa el gestor de arranque (bootloader)
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Velocidad de reloj	16 MHz

Fuente: (González Vidal, 2013).

### 2.2.1.2. Sensores

Los sensores son elementos esenciales dentro del universo de la tecnología Arduino, fundamentales para la captura y conversión de



información del entorno físico en señales eléctricas interpretables por la placa. Su función primordial radica en la adquisición de datos específicos, abarcando desde mediciones de temperatura y luz hasta detección de movimiento, siendo la piedra angular para la interacción entre el entorno físico y el mundo digital. Estos dispositivos facilitan la obtención precisa de información para su procesamiento y análisis (Bañuelos et al., 2021). En cuanto a sus características, los sensores ofrecen una diversidad notable, abarcando un amplio espectro de mediciones. Su integración con las placas Arduino se realiza a través de entradas/salidas analógicas o digitales, lo que simplifica su utilización en proyectos. Además, muchos sensores destacan por su precisión, brindando mediciones confiables para el control y análisis de sistemas.

La variedad de sensores para Arduino es amplia y adaptable a distintas necesidades. Entre ellos se encuentran los sensores de temperatura, movimiento, luz y humedad, cada uno especializado en capturar datos específicos del entorno. Estos dispositivos permiten medir parámetros como la temperatura ambiente, la detección de movimiento, la intensidad lumínica o la humedad relativa, ofreciendo así una gama completa de mediciones para diferentes aplicaciones y proyectos (WEEBLY, 2021). Utilizar sensores en conjunto con Arduino conlleva numerosas ventajas. Por un lado, muchos de estos sensores son asequibles, lo que hace más accesible su uso en proyectos de electrónica. Su integración con las placas Arduino es sencilla, lo que facilita la interacción con el entorno digital y la programación. Además, la versatilidad de estos sensores permite adaptarse a una amplia variedad de aplicaciones, desde

la domótica hasta la industria, y su compatibilidad con una comunidad activa de usuarios promueve el intercambio de información y conocimientos, facilitando el aprendizaje y desarrollo de nuevos proyectos (Bañuelos et al., 2021).

#### a) Sensor HX711

El HX711, que se muestra en la Figura 2, destaca como un transmisor especialmente diseñado para celdas de carga, ofreciendo lecturas precisas y confiables. Este módulo representa una interfaz esencial entre las celdas de carga y el microcontrolador, simplificando la lectura del peso de manera efectiva. Su función principal consiste en acondicionar la señal proveniente del sensor, amplificándola, filtrándola y convirtiéndola de analógica a digital a través del conversor Analógico/Digital de 24 Bits HX711 / CAD / ADC (González, 2017). Este conversor, con una precisión de 24 bits, fue diseñado específicamente para aplicaciones tanto a pequeña escala como en entornos de control industrial.

#### Figura 2

*Sensor HX711*

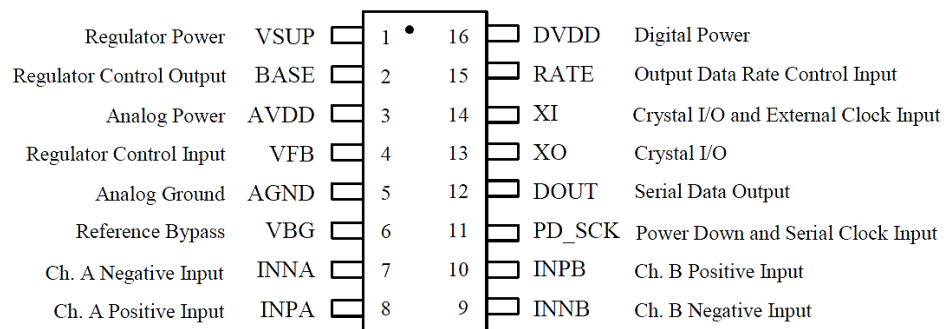


Fuente: (AviaSemiconductor, 2017).

En la Figura 3, se muestra el diseño y funcionamiento del conversor, el cual combina facilidad de uso con un rendimiento excepcional, ofreciendo alta sensibilidad y una velocidad de medición notable. Este sensor se destaca por su fiabilidad, rendimiento superior y su capacidad para acondicionarse a cualquier función.

**Figura 3**

*Paquete de circuito integrado del sensor HX711*



Fuente: (AviaSemiconductor, 2017).

Sus especificaciones técnicas incluyen un conversor Analógico/Digital de 24 bits, bajo consumo de energía y compatibilidad con microcontroladores como Arduino. En la Tabla 2, se detallan las principales características técnicas del sensor, que lo hacen ideal para aplicaciones tanto domésticas como industriales.

**Tabla 2**

*Especificaciones Técnicas del Sensor HX711*

Pin	Name	Function	Description
1	VSUP	Power	Regulator supply: 2.7 ~ 5.5V
2	BASE	Analog Output	Regulator control output (NC when not used)
3	AVDD	Power	Analog supply: 2.6 ~ 5.5V

4	VFB	Analog Input	Regulator control input (connect to AGND when not used)
5	AGND	Ground	Analog Ground
6	VBG	Analog Output	Reference bypass output
7	INA-	Analog Input	Channel A negative input
8	INA+	Analog Input	Channel A positive input
9	INB-	Analog Input	Channel B negative input
10	INB+	Analog Input	Channel B positive input
11	PD SCK	Digital Input	Power down control (high active) and serial clock input
12	DOUT	Digital Output	Serial data output
13	XO	Digital I/O	Crystal I/O (NC when not used)
14	XI	Digital Input	Crystal I/O or external clock input, 0: use on-chip oscillator
15	RATE	Digital Input	Output data rate control, 0: 10Hz; 1: 80Hz
16	DVDD	Power	Digital supply: 2.6 ~ 5.5V

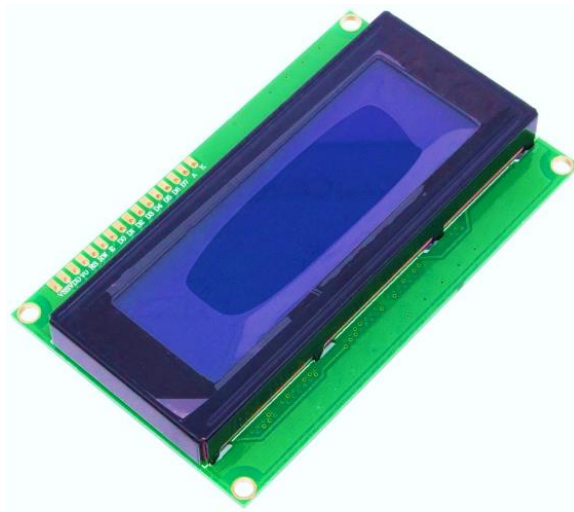
Fuente: (AviaSemiconductor, 2017).

### b) Pantalla LCD 1602

El LCD 1602, ilustrado en la Figura 4, es una pantalla que muestra caracteres mediante una matriz de puntos luminosos, comúnmente con una configuración de 16 columnas y 2 filas. Aunque estos displays suelen tener 16 pines, su uso puede variar dependiendo del proyecto y la configuración específica que se necesite. Estos módulos LCD vienen en diversas presentaciones, como 2x16, 2x20, 4x20, 4x40, entre otros, lo que permite adaptar la elección a las necesidades requeridas (Bolaños, 2012).

**Figura 4**

*Pantalla LCD 1602*



Fuente: (Handson Technology, 2008).

Las hojas de datos de la Tabla 3 del display proporcionan información esencial sobre la distribución de pines, la alimentación y el controlador interno (CI).

**Tabla 3**

*Especificaciones de la Pantalla LCD 1602*

Pin	Symbol	Level	Description
1	VSS	0V	Ground.
2	VDD	+5.0V	Power supply for logic operating.
3	V0	--	Adjusting supply voltage for LCD driving.
4	RS	H/L	A signal for selecting registers: 1: Data Register (for read and write) 0: Instruction Register (for write), Busy Flag-Address Counter (for read).
5	R/W	H/L	R/W = "H": Read mode. R/W = "L": Write mode.

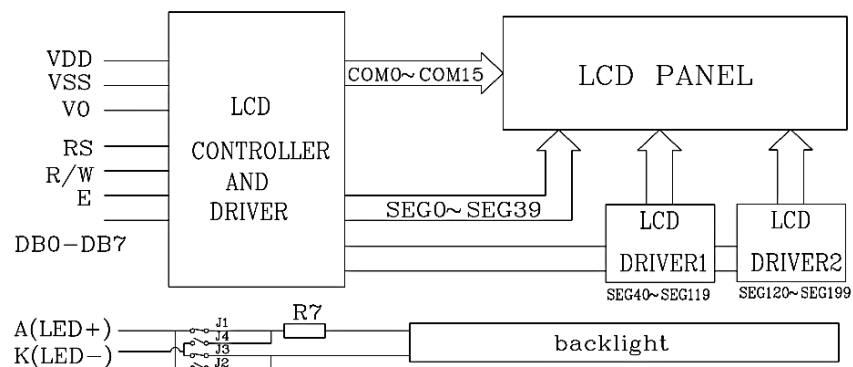
6	E	H/L	An enable signal for writing or reading data.
7	DB0	H/L	This is an 8-bit bi-directional data bus.
8	DB1	H/L	
9	DB2	H/L	
10	DB3	H/L	
11	DB4	H/L	
12	DB5	H/L	
13	DB6	H/L	
14	DB7	H/L	
15	LED+	+5.0V	Power supply for backlight.
16	LED-	0V	The backlight ground.

Fuente: (TinSharp Industrial, 2009).

Los pines de conexión, como se muestra en la Figura 5, incluyen un bus de datos de 8 bits, un pin de habilitación (E), un pin de selección que distingue entre datos e instrucciones (RS), y un pin que determina si se lee o se escribe en el módulo (R/W) (BellavistaTech, 2018).

### Figura 5

*Paquete de circuito integrado de la Pantalla LCD 1602*



Fuente: (Handson Technology, 2008).

### c) Sensor ultrasónico HC-SR04

Como menciona Shadadpuri (2018), este sensor Ultrasonidos HC-SR04, que se muestra en la Figura 6, se utiliza para medir distancias a través de la emisión y recepción de ondas ultrasónicas. Con un ángulo de trabajo efectivo de aproximadamente  $\pm 15^\circ$ , proporciona resultados precisos en un rango de 4 cm a 400 cm, con una resolución de 0.3 cm. El funcionamiento básico del sensor implica la emisión de un ultrasonido a 40 kHz que viaja a través del aire, rebota en una superficie y retorna al sensor. Posteriormente, se convierte el tiempo que tarda este ultrasonido en viajar y regresar en una medida de distancia.

#### Figura 6

Sensor ultrasónico HC-SR04



Fuente: (Agelectronica, 2023).

Para realizar esta medición, se emplean dos elementos clave que son:

- **Pin de disparo (TRIG Pin):** Este pin es una entrada digital que se mantiene activa (HIGH) durante  $10 \mu\text{s}$  para generar el ultrasonido a 40,000 Hz.
- **Pin de eco (ECHO Pin):** Esta salida digital espera a que el ultrasonido regrese al sensor después de rebotar en un objeto. Luego, permanece



activa (HIGH) durante el tiempo que tardó el ultrasonido en realizar el viaje de ida y vuelta.

Este sensor es eficaz para medir distancias con precisión. La hoja de datos proporciona información esencial sobre el sensor, como se muestra en la Tabla 4.

**Tabla 4**

Sensor ultrasónico HC-SR04

Especificaciones	Valores Técnicos
Voltaje de Operación	5V DC
Corriente de reposo	< 2 Ma
Corriente de trabajo	15 mA
Rango de medición	2 cm a 450cm
Precisión	±3mm
Ángulo de apertura	15°
Frecuencia de ultrasonido	40 KHz
Duración mínima del pulso de disparo TRIG (nivel TTL)	10 µS
Duración del pulso ECO de salida (nivel TTL)	100 – 25000 µS

Fuente: (Agelectronica, 2023).

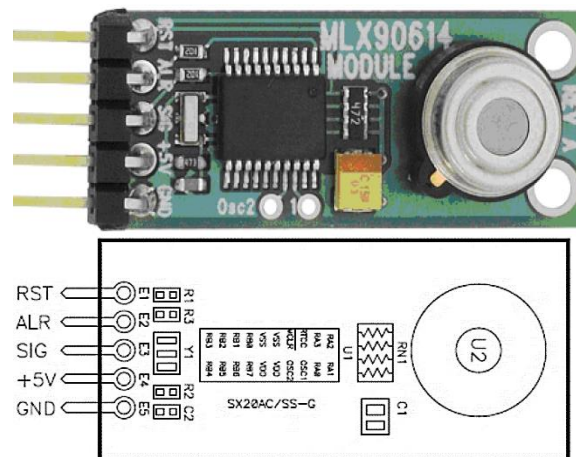
**d) Sensor MLX90614**

Para Melexis (2018), este es un termómetro infrarrojo diseñado para mediciones de temperatura sin contacto. Integra en un solo encapsulado TO-39 tanto el chip del detector termopar sensible al infrarrojo como el procesador de señales ASSP. Calibrado de fábrica en amplios rangos de temperatura, el MLX90614, ilustrado en la Figura 7,

mide temperaturas ambientes de  $-40$  a  $125^{\circ}\text{C}$  y temperaturas de objetos de  $-70$  a  $380^{\circ}\text{C}$ . El sensor proporciona un valor promedio de temperatura de todos los objetos dentro de su campo de visión. La precisión estándar alrededor de las temperaturas ambientales es de  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ , mientras que una versión médica especializada ofrece una precisión aumentada de  $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$  en un rango de temperatura limitado alrededor de la temperatura corporal humana.

### Figura 7

Sensor Infrarrojo MLX90614



Fuente: (PARALLAX Inc., 2019).

Está compuesto por dos chips, este utiliza el detector termopar sensible al infrarrojo MLX81101 y el procesador de señales ASSP MLX90302, diseñado específicamente para procesar la salida del sensor IR. Las temperaturas del objeto y del ambiente, calculadas dentro del MLX90302, son accesibles a través de un protocolo serie SMBUS de 2 hilos compatible con una resolución de  $0.02^{\circ}\text{C}$  o mediante la salida PWM de 10 bits. Ofrece alta precisión y resolución gracias a su amplificador de bajo ruido, además de contar con 4 salidas, como se muestra en las especificaciones técnicas del sensor (Tabla 5).

**Tabla 5**

*Especificaciones Técnicas del Sensor Infrarrojo MLX90614*

<b>MLX90614 Module</b>	<b>Función</b>	<b>BASIC Stamp</b>
GND	Ground link between microcontroller / MLX90614 Module	GND
5V	Voltage link between microcontroller / MLX90614 Module	5V (VDD)
SIG	Serial I/O link between microcontroller / MLX90614 Module	Any I/O pin
ALR	Alarm control output, high on alarm	Optional
RST	Reset link to coprocessor, pull low too high for reset	Optional

Fuente: (PARALLAX Inc., 2019).

**e) Monitor de Presión Arterial digital U80EF**

El "Monitor de Presión Arterial Digital U80EF" es un dispositivo diseñado para medir la presión arterial de manera rápida y precisa. Este modelo cuenta con una pantalla digital fácil de leer y ofrece lecturas automáticas de la presión sistólica, diastólica y del pulso. Su diseño compacto y sencillo facilita su uso en el hogar o en entornos clínicos. En la Figura 8 se muestra el monitor.

## Figura 8

### Monitor de presión arterial digital U80EF

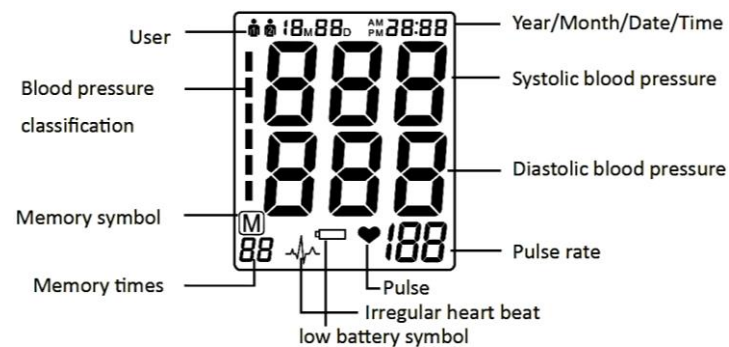


Fuente: (PeruMassage, 2023).

En la Figura 9 se presentan los indicadores visuales de las lecturas en la pantalla del monitor digital

## Figura 9

### Indicadores del Monitor digital U80EF



Fuente: (PVS First Aid, 2016).

**Precisión:** Tiene una precisión de  $\pm 3$  mmHg para la presión arterial y  $\pm 5\%$  para el pulso. Utiliza una tecnología clínicamente precisa, permitiendo la detección temprana de problemas de salud mediante indicadores de presión y latidos cardíacos irregulares.

**Brazalete ajustable:** El brazalete se ajusta cómodamente a una circunferencia de 22 a 32 cm. Las instrucciones impresas en el brazalete



guían su colocación adecuada alrededor del brazo, garantizando que no aplique presión excesiva durante la inflación.

**Memoria de lecturas:** Ofrece la función de memoria avanzada para dos usuarios, almacenando hasta 90 lecturas para cada uno (un total de 180 registros). Esto permite el seguimiento del progreso de la presión arterial y el pulso con solo presionar un botón.

El dispositivo no solo proporciona mediciones precisas sino también un historial detallado de la presión arterial y el pulso, permitiendo a los usuarios rastrear y monitorear su salud a lo largo del tiempo (PVS First Aid, 2016). Entre los principales signos vitales que puede dar la lectura se encuentran:

**Frecuencia cardíaca:** La frecuencia cardíaca se define como el número de ciclos de contracción y relajación cardíaca por unidad de tiempo, generalmente expresada en latidos por minuto. Esta medición es crucial para evaluar el estado funcional del sistema cardiovascular, siendo obtenida mediante la detección de señales eléctricas generadas por el nodo sinusal y propagadas a través del tejido cardíaco. Su evaluación permite identificar arritmias, taquicardias, bradicardias y otras disfunciones cardíacas (UMIVALE, 2019).

**Ritmo cardíaco:** El ritmo cardíaco se refiere a la regularidad temporal de los impulsos eléctricos que gobiernan la contracción cardíaca. Esta regularidad es fundamental para asegurar la eficiencia en el bombeo sanguíneo. La presencia de patrones anómalos, como extrasístoles, fibrilaciones o bloqueos, indican posibles trastornos del ritmo, afectando



la función cardíaca y la distribución adecuada del flujo sanguíneo (Arnaiz Betolaza, 2015).

**Presión arterial sistólica:** La presión arterial sistólica es la fuerza ejercida por la sangre contra las paredes arteriales durante la contracción ventricular. Representa el valor máximo de presión y se asocia directamente con la resistencia vascular periférica y la contractilidad cardíaca. Es un indicador primordial de la carga de trabajo del corazón y de la perfusión tisular (American Heart Association, 2021).

**Presión arterial diastólica:** La presión arterial diastólica corresponde a la presión en las arterias durante la fase de relajación ventricular. Es el valor mínimo de presión y refleja la resistencia periférica total. Esta medición es esencial para evaluar la capacidad de los vasos sanguíneos para mantener un flujo constante, así como para estimar el estrés hemodinámico en el sistema circulatorio (Intermountain Healthcare, 2016).

### 2.2.2. Atención Hospitalaria

La atención hospitalaria representa el conjunto de procedimientos y estructuras destinados a organizar, coordinar y gestionar las actividades inherentes a la admisión y salida de pacientes en un entorno hospitalario. El servicio de admisión actúa como la puerta de entrada y salida del paciente en la institución, no solo proporcionando información administrativa sino también estableciendo un vínculo crucial entre los aspectos clínicos y administrativos (Merlo et al., 2014).



En el ámbito peruano, nos referimos a Atención hospitalaria de acuerdo a la Ley general de la salud como "la atención de salud que se brinda en los establecimientos de salud de alta complejidad, que cuentan con recursos humanos, tecnológicos y materiales para brindar atención médica a pacientes con enfermedades graves o complejas" (Ley general de salud; Decreto Supremo 008-2005-SA, 2005). La misma Ley general de la salud divide la atención en 2 tipos que son Atención Hospitalaria Especializada y Atención Hospitalaria de Urgencia:

**Atención hospitalaria especializada:** Es la atención de salud que se brinda a pacientes con enfermedades graves o complejas que requieren atención médica especializada de parte de profesionales de la salud con formación y experiencia en el manejo de estas enfermedades (Ministerio de Salud, 2005).

**Atención hospitalaria de urgencia:** Es la atención de salud que se brinda a pacientes que requieren atención médica inmediata para prevenir la muerte o la discapacidad que inicia con la atención con el servicio de Triage. (Ley general de salud, 2000)

#### 2.2.2.1. Atención de Triage

Derivado del término francés "triage", es una práctica de clasificación de pacientes basada en su estado de salud, ampliamente aceptada en la comunidad médica mundial. Con origen en la época de Napoleón Bonaparte, donde el cirujano principal Dominique-Jean Larrey aplicaba esta técnica para salvar soldados heridos en combate, entonces el Triage es un procedimiento de priorización (Vázquez, 2015). Consiste en una rápida toma de decisiones bajo presión emocional y recursos



limitados, permitiendo una clasificación preliminar de pacientes en entornos hostiles, como emergencias médicas o desastres, priorizando la atención eficiente y oportuna para limitar daños y secuelas. Esta práctica se basa en la evaluación dinámica de signos vitales, condiciones de vida, intervenciones terapéuticas y disponibilidad de recursos para asegurar el mayor beneficio para el mayor número posible de pacientes (Ministerio del poder popular para la Salud, 2020).

Para Pérez y otros (2010), El Triage es un proceso esencial en la gestión de riesgos clínicos, permitiendo la organización eficiente de pacientes cuando la demanda supera los recursos disponibles. Se emplean sistemas de clasificación jerarquizados, con cinco niveles de prioridad, reconociendo que la urgencia no siempre refleja la gravedad. Entre las características y naturaleza de este proceso tenemos:

**Rapidez:** Que debe realizarse de manera rápida y eficiente, para que los pacientes que requieran atención inmediata puedan ser atendidos lo antes posible.

**Eficacia:** Que debe ser preciso y confiable, para que los pacientes sean clasificados correctamente y reciban la atención adecuada.

**Objetividad:** Que debe ser realizado por personal capacitado, que utilice criterios objetivos para clasificar a los pacientes

Según la Norma Técnica del Ministerio de Salud (2005), los datos y signos vitales que deben recopilarse en el proceso de Triage en el Perú son los siguientes





#### 2.2.2.1.1. Datos generales

- **Nombre y apellidos:** Se debe registrar el nombre completo del paciente, incluyendo sus dos apellidos.
- **Edad:** Se debe registrar la edad del paciente en años cumplidos.
- **Sexo:** Se debe registrar el sexo del paciente, masculino o femenino.
- **Fecha y hora de llegada:** Se debe registrar la fecha y hora exacta en que el paciente llegó al servicio de urgencias.
- **Motivo de consulta:** Se debe registrar el motivo por el que el paciente llegó al servicio de urgencias.

#### 2.2.2.1.2. Signos vitales

- **Frecuencia respiratoria:** Se debe medir la frecuencia respiratoria del paciente, que es el número de respiraciones que realiza por minuto.
- **Frecuencia cardíaca:** Se debe medir la frecuencia cardíaca del paciente, que es el número de latidos del corazón por minuto.
- **Presión arterial:** Se debe medir la presión arterial del paciente, que es la fuerza ejercida por la sangre sobre las paredes de las arterias.
- **Temperatura corporal:** Se debe medir la temperatura corporal del paciente, que es la temperatura del cuerpo.
- **Conciencia:** Se debe evaluar el nivel de conciencia del paciente, que es la capacidad del paciente para estar alerta y responder a estímulos.

#### 2.2.2.1.3. Otros datos

- **Dolor:** Se debe evaluar el dolor del paciente, utilizando una escala de dolor.



- **Sangrado:** Se debe evaluar la presencia de sangrado, su cantidad y su ubicación.
- **Movilidad:** Se debe evaluar la movilidad del paciente, incluyendo la capacidad del paciente para moverse por sí mismo.
- **Convulsiones:** Se debe evaluar la presencia de convulsiones, su frecuencia y su duración.
- **Diarrea:** Se debe evaluar la presencia de diarrea, su frecuencia y su consistencia.
- **Vómitos:** Se debe evaluar la presencia de vómitos, su frecuencia y su contenido.
- **Congestión nasal:** Se debe evaluar la presencia de congestión nasal, su intensidad y su duración.
- **Tos:** Se debe evaluar la presencia de tos, su intensidad y su duración.
- **Dificultad respiratoria:** Se debe evaluar la presencia de dificultad respiratoria, su intensidad y su duración.
- **Dolor torácico:** Se debe evaluar la presencia de dolor torácico, su ubicación, su intensidad y su duración.
- **Mareos:** Se debe evaluar la presencia de mareos, su intensidad y su duración.
- **Nauseas:** Se debe evaluar la presencia de náuseas, su intensidad y su duración.
- **Visión borrosa:** Se debe evaluar la presencia de visión borrosa, su intensidad y su duración.
- **Dificultad para hablar:** Se debe evaluar la presencia de dificultad para hablar, su intensidad y su duración.



- **Pérdida de conciencia:** Se debe evaluar la presencia de pérdida de conciencia, su duración y su posible causa.
- **Otros datos relevantes:** Se debe registrar cualquier otro dato relevante que pueda ayudar a evaluar la condición del paciente.

La recolección de estos datos es necesaria para evaluar la gravedad de la condición del paciente y clasificarlo correctamente. La clasificación correcta del paciente es esencial para garantizar que reciba la atención que necesita de manera oportuna. El profesional de salud que realiza el Triage debe ser capacitado para recopilar estos datos de manera rápida y eficiente. El profesional debe utilizar un instrumento de Triage estandarizado, que le ayudará a recopilar los datos de manera uniforme y confiable.

## 2.3. MARCO CONCEPTUAL

### 2.3.1. Triage

Es una técnica para elegir y dar prioridad, usada para clasificar a los pacientes antes de ser completamente evaluados en emergencias. Se trata de una decisión rápida basada en datos objetivos, realizada en situaciones críticas, con muchos heridos y recursos limitados (Ministerio del poder popular para la Salud, 2020). Añade también Pérez et al. (2010). Sirve como clave para una atención eficaz y segura al ofrecer una forma rápida y fácil de priorizar a los pacientes. Además, su valor predictivo en términos de gravedad, progresión y uso de recursos lo convierte en una herramienta invaluable para la toma de decisiones (p 56).



### 2.3.2. Calidad de atención en salud

Se define por la disponibilidad de atención médica ofrecida por un centro. Su enfoque estratégico se apoya en dos pilares: la mejora constante y la atención al paciente (Fajardo & Montoya, 2020). Para elevar esta calidad, se persigue:

- Aumentar la influencia de los servicios en la salud general.
- Fortalecer el poder de decisión del paciente.
- Mejorar la capacitación del personal sanitario.

### 2.3.3. Signos vitales

Son señales que ofrecen información sobre el estado físico de órganos cruciales como el cerebro, corazón y pulmones. Estos indican rápidamente cambios en la salud, facilitando la detección de problemas médicos (Fajardo & Montoya, 2020). Son clave para evaluar el funcionamiento del cuerpo y pueden medirse en entornos médicos, en casa o en situaciones de emergencia. Se refieren a medidas que estiman la eficacia de la circulación, respiración y funciones neurológicas fundamentales. Estos valores cuantifican acciones fisiológicas que varían entre personas y en un mismo individuo a lo largo del día (Santoyo et al., 2020).

### 2.3.4. Oximetría

El oxígeno que inhalamos se distribuye por la sangre con ayuda de la hemoglobina, parte se une a ella y otra queda como oxígeno libre, Los oxímetros emiten luz que es absorbida por la hemoglobina, revelando la cantidad de oxígeno. Este procedimiento, la oximetría de pulso, ofrece datos sobre la saturación de oxígeno sin ser invasivos (Fajardo & Montoya, 2020). Es un método no invasivo



para medir la cantidad de oxígeno en la sangre. Utiliza luz roja e infrarroja para evaluar la saturación de oxígeno en la hemoglobina. La cantidad de luz absorbida revela si la hemoglobina está llevando oxígeno o no, proporcionando así información sobre el nivel de oxígeno en la sangre que circula por el cuerpo (Osorio, 2021).

### **2.3.5. Temperatura corporal**

Se refiere a la habilidad del cuerpo para equilibrar su calor interno. Se mide con termómetros colocados en lugares como la boca, oído o axila (Santoyo et al., 2020). Un aumento indica fiebre, cuando el cuerpo emite más calor del que tiene; o, al contrario, cuando no puede liberar calor porque la temperatura exterior es menor a la del cuerpo (Fajardo & Montoya, 2020)

### **2.3.6. Algoritmos**

Para que un sistema de recomendación opere de manera efectiva, se utilizan distintos métodos de selección que son fundamentales. Estos métodos son cruciales para generar sugerencias adaptadas a los intereses y preferencias del usuario (Amézquita, 2020). El desarrollo de tecnologías de análisis de datos y el aumento de plataformas de datos abiertos están permitiendo que ciertas etapas de control se realicen desde computadoras. Estos avances en tecnologías de información y comunicación ofrecen soluciones que facilitan el trabajo remoto en equipo, el monitoreo de actividades y la coordinación entre equipos de manera más eficiente (Shack, 2021).



### **2.3.7. Microcontroladores**

Es un aparato diseñado para llevar a cabo una tarea particular o ejecutar una aplicación específica, comúnmente usado en dispositivos electrónicos que operan automáticamente, como los teléfonos móviles. Incluye componentes como memoria, dispositivos de entrada y salida, y un procesador. El entorno de programación de microcontroladores brinda diversas opciones para controlar distintos tipos de aplicaciones según lo que requieran (Fajardo & Montoya, 2020)



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. UBICACIÓN DEL ESTUDIO

El estudio se realizó en el área de atención de Triage del Hospital Carlos Monje Medrano, ubicado en el Jr. San Pablo, el distrito de San Miguel, provincia de San Román, en el departamento de Puno.

#### 3.2. DISEÑO Y TIPO

##### 3.2.1. Diseño

El diseño para el presente estudio fue preexperimental de corte transversal. Este diseño incluye dos grupos: uno recibe el tratamiento experimental y el grupo de control que no lo recibe. En este caso, la variable independiente se manipula únicamente en dos niveles: presencia y ausencia. Los participantes se distribuyen aleatoriamente entre los grupos. Al finalizar la manipulación, ambos grupos son evaluados en relación con la variable dependiente en estudio.

##### 3.2.2. Tipo

La investigación realizada fue de tipo aplicada, la cual se fundamenta en los resultados de investigaciones puras o fundamentales en ciencias naturales y sociales. Este enfoque plantea problemas y formula hipótesis de trabajo orientadas a resolver situaciones prácticas que afectan la vida social de una comunidad regional o del país.

### 3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

#### 3.3.1. Población

La población se comprende como todos los pacientes que asisten al Hospital Carlos Monge Medrano, el cual oscila aproximadamente entre 120 a 140 personas diariamente. Lerma (2012), menciona que la población es el grupo de elementos de una especie que comparten una característica específica o que se ajustan a una definición común. Se examinan sus atributos y conexiones. Es definido por el investigador y puede involucrar individuos o unidades distintas a personas.

#### 3.3.2. Muestra

La muestra fue obtenida mediante muestreo no probabilístico, en el cual el investigador selecciona las unidades de muestra según las características requeridas para la investigación. Así, la muestra estuvo compuesta por 40 pacientes, distribuidos de la siguiente manera.

**Tabla 6**

*Muestra de los 2 grupos de estudio*

<b>Grupo</b>	<b>Pacientes</b>
Antes del experimento	20
Después del experimento	20
<b>Total</b>	<b>40</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### 3.3.3. Muestreo

El muestreo es de carácter intencional por conveniencia, este muestreo lleva criterios de inclusión y exclusión que según Ñaupas y otros (2018) menciona





que este tipo de muestreo intencional Exige que el investigador tenga un conocimiento previo sobre la población de la cual se extraerá la muestra, permitiéndole seleccionar de manera adecuada el grupo con el que realizará su estudio.

#### **Criterios de inclusión**

- Todos los pacientes que voluntariamente decidan participar en este estudio de investigación.
- Todos los pacientes que son asistidos en la atención de Triage el día de la recolección de datos.
- Pacientes ambulatorios

#### **Criterios de exclusión**

- Todos los pacientes que no decidan voluntariamente participar en este estudio de investigación.
- Pacientes que son asistidos en la atención de Triage fuera del día de recolección de datos.
- Pacientes que no ambulatorios o de carácter de emergencia que no puedan usar adecuadamente del sillón.

### **3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

La operacionalización de variables es el proceso de definir las variables de manera precisa para poder medirlas en el contexto de la investigación. En este caso, se identifican dos tipos de variables: la variable independiente, que es aquella que se manipula para observar su efecto sobre la variable dependiente, y la variable dependiente, que es la que

se mide y se ve afectada por la variable independiente. Los detalles de la operacionalización de estas variables se presentan en la Tabla 7.

**Tabla 7**

*Operacionalización de Variables*

Variable	Descripción	Dimensión	Escala
Variable independiente Sistema inteligente.	Sistema donde convergen hardware, software y algoritmos inteligentes capaces de procesar datos y tomar decisiones óptimas en tiempo real con algún módulo Arduino.	Arduino	
Variable Dependiente Atención en Triage.	Proceso de atención hospitalaria donde recogen datos generales, signos vitales y otros para su clasificación preliminar en entornos hostiles, como emergencias médicas o desastres.	Tiempo de atención  Calidad de atención	1: < 1 min 2: < 1-5 min 3: < 5-10 min 4: < 10-15 min 5: > 15 min  1: Pésima 2: Mala 3: Regular 4: Buena 5: Excelente

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5. MATERIALES, EQUIPOS Y SOFTWARES UTILIZADOS

#### 3.5.1. Materiales

- 50 fichas impresas
- Material de escritorio (lapicero, lápiz, hojas bond, etc.)
- Cámara fotográfica
- Laptop Lenovo i7 10th

#### 3.5.1.1. Componentes electrónicos

- Arduino Mega 2560
- Sensor HX711



- Sensor MLX 90614
- Pantalla LCD 1602
- Sensor ultrasónico HC-SR04
- Monitor de Presión Arterial digital U80EF

#### **3.5.1.2. Software**

- Proteus v 8.17
- Arduino IDE v 2.21
- Graphviz v 0.20.1

#### **3.5.1.3. Herramientas de escritorio**

- Microsoft Excel 2019 Professional Plus
- SPSS v 25

### **3.6. DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE ARDUINO**

#### **3.6.1. Funcionamiento del sistema inteligente con tecnología Arduino**

El sistema se inicia con la verificación de la disponibilidad de energía eléctrica; una vez confirmada la conexión a la fuente de alimentación, se activan los diversos sensores y las pantallas LCD. El proceso inicializa con la calibración precisa de la báscula, asegurando mediciones exactas. Posteriormente, el sistema realiza lecturas simultáneas de múltiples parámetros vitales: peso, talla, temperatura corporal, frecuencia cardíaca, ritmo cardíaco, presión sistólica y diastólica. Estos datos se visualizan tanto en las pantallas LCD integradas como en el monitor de presión arterial digital U80EF.

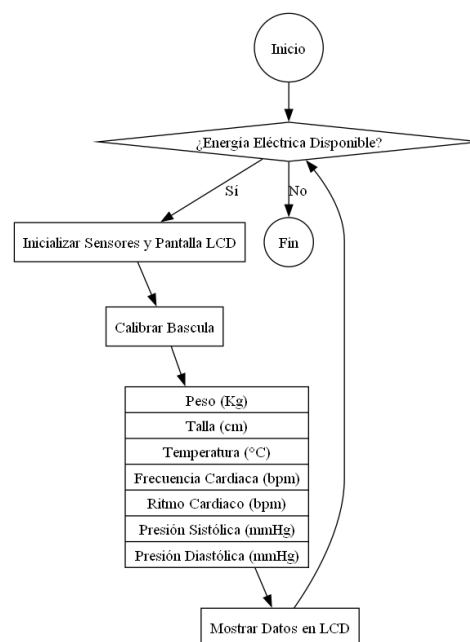
Este flujo de operaciones optimizado garantiza una secuencia eficiente y precisa en la captura y presentación de los signos vitales del paciente. La sincronización y la inicialización secuencial de los sensores aseguran la fiabilidad de las mediciones. Además, se destaca la importancia de la calibración inicial de la báscula, ya que constituye un paso fundamental para obtener mediciones precisas de peso. Cabe señalar que el sistema está constantemente mostrando datos en la pantalla LCD haya o no una persona dentro de él como se muestra en el Diagrama de Flujo.

### 3.6.2. Diagrama de Flujo

El diagrama de flujo mostrado en la Figura 10 es una herramienta visual utilizada para representar de manera clara y ordenada los pasos del sistema. Sirvió para ilustrar cómo se desarrolla un proceso, desde su inicio hasta su conclusión, identificando las decisiones clave y las acciones tomadas en cada etapa.

**Figura 10**

*Diagrama de flujo del Sistema Inteligente Arduino*



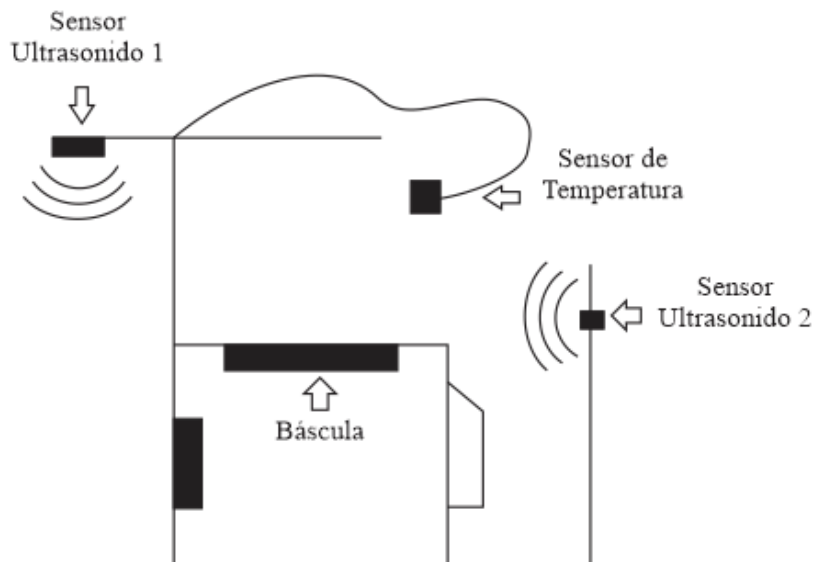
Fuente: Elaboración propia.

### 3.6.3. Diseño físico del prototipo del sillón

Para el diseño de la silla de triaje, se utilizó una silla a la cual se le acopló una báscula para medir el peso. Además, se integraron dos sensores ultrasónicos para medir la talla y un sensor de temperatura. Todo el sistema se muestra en la Figura 11.

**Figura 11**

*Diseño de la silla de Triaje*

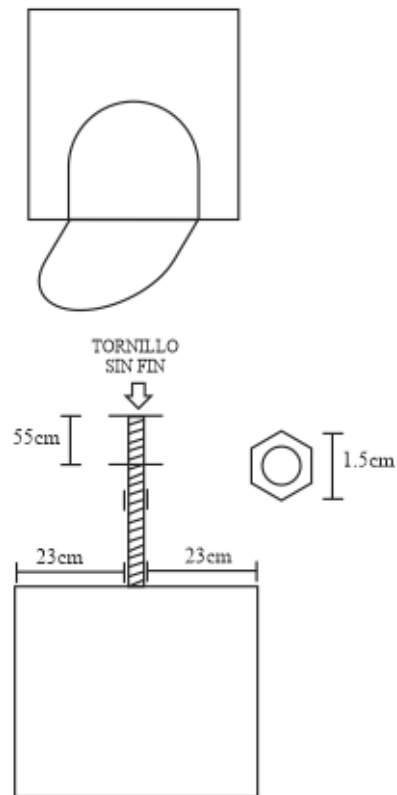


Fuente: Elaboración propia.

Para diseñar el respaldo del sillón, se utilizó una tabla de 46 cm de ancho como soporte para la espalda del paciente. Además, se incorporó un tornillo sin fin de 55 cm de largo y un grosor de 1,5 cm, con el fin de permitir que el sensor de ultrasonido 1 se adapte a diferentes tamaños. Este diseño se muestra en la Figura 12.

**Figura 12**

*Diseño del espaldar del sillón*

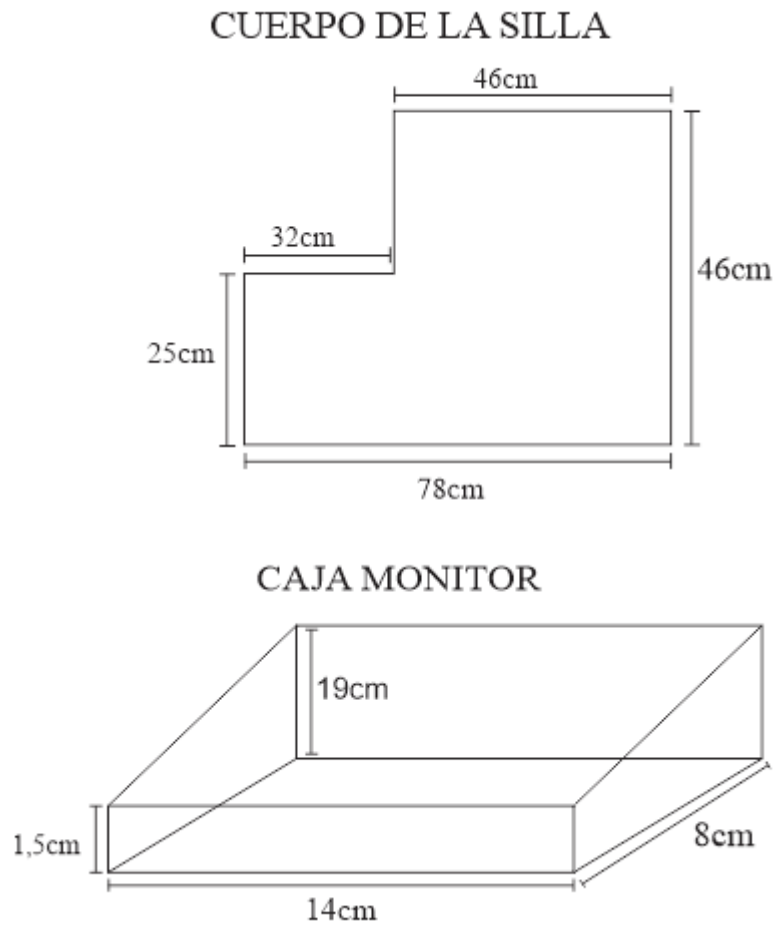


Fuente: Elaboración propia.

Para la elaboración del cuerpo de la silla, se realizó un estudio detallado con el fin de garantizar que pueda adaptarse a pacientes de cualquier tamaño. Por esta razón, se optaron por las siguientes medidas: en la base, se estableció una medida de 78 cm y una altura de 46 cm, mientras que en la parte delantera del cuerpo también se colocó una medida de 78 cm. Estas especificaciones se muestran en la Figura 13.

**Figura 13**

*Diseño del cuerpo de la silla*

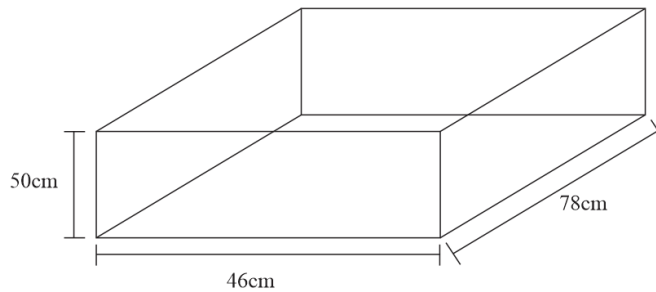


Fuente: Elaboración propia.

En la sección correspondiente al eje horizontal del sillón, se instaló el sensor de ultrasonido 2, que está ilustrada en la figura 15, diseñado específicamente para ubicarse a una altura de 50 cm. Esta medida fue seleccionada cuidadosamente para garantizar que el sensor quede a la altura de la rodilla de cualquier paciente, independientemente de su complejión. La disposición y ubicación exacta del sensor se ilustran en la Figura 14.

### Figura 14

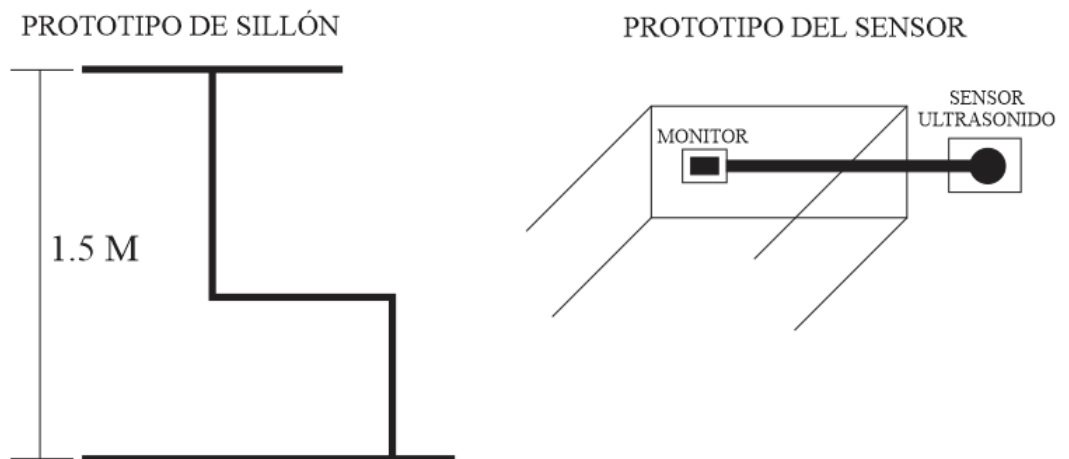
*Diseño de las medidas del sillón en el eje horizontal*



Fuente: Elaboración propia.

### Figura 15

*Diseño del prototipo del sillón junto con el diseño del sensor*



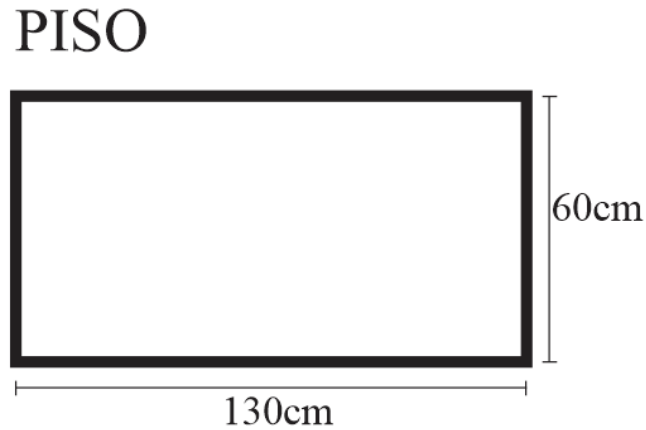
Fuente: Elaboración propia.

Esta base está fabricada con una plancha de triplay de forma rectangular, con dimensiones de 130 cm de largo por 60 cm de ancho. Su principal función es sostener todo el prototipo del sillón de triaje y protegerlo de la humedad. El diseño y las características de la base se muestran en la Figura 16.



**Figura 16**

*Dimensiones del espacio usado en el piso del sillón*



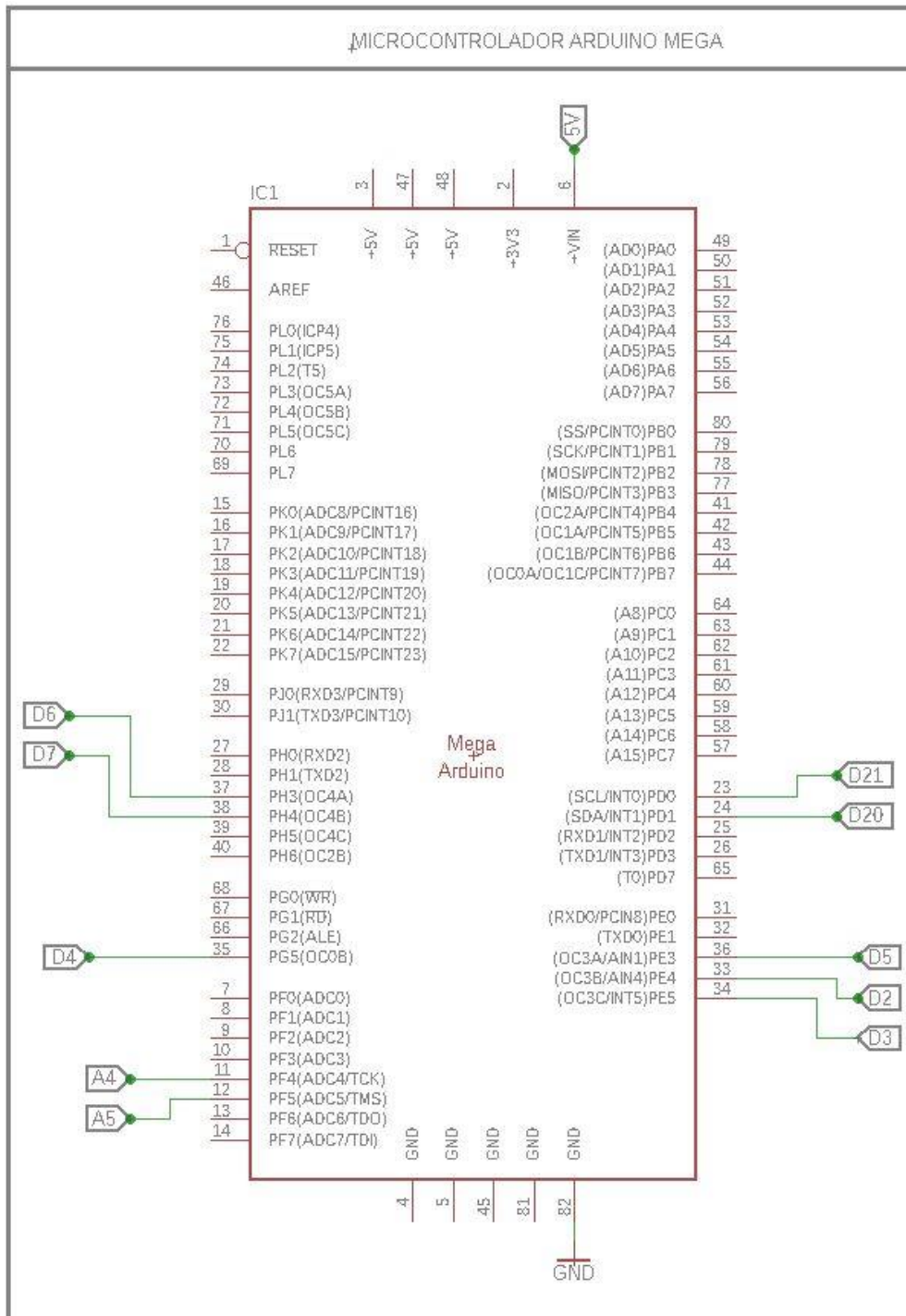
Fuente: Elaboración propia.

#### **3.6.4. Diseño lógico del prototipo**

El Arduino Mega es ideal para proyectos que requieren bastantes pines de E/S y más memoria y capacidad de procesamiento que se muestra en la figura 17. Las salidas digitales D2, D3, D4 y D5 fueron usadas por el sensor de Ultra Sonido que nos sirve para medir la altura. Las salidas digitales D20 Y D21 son para la pantalla LCD 2004<sup>a</sup>. Las salidas digitales D7 y D6 son para el módulo de la báscula HX711. También tenemos la alimentación de 5v. Por último las entradas analógicas SCL Y SDA se usaron los pines A4 Y A5 esto lo usamos para el módulo MXL90614.

**Figura 17**

*Conexiones lógicas del Microcontrolador Arduino Mega*



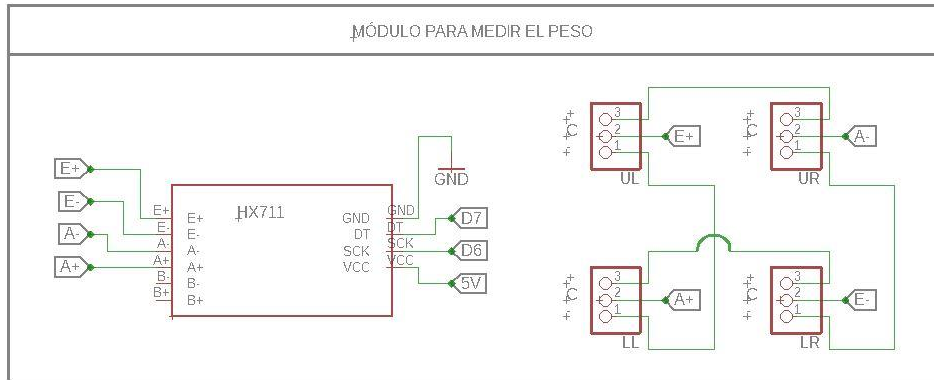
Fuente: Desarrollado en Proteus v 8,17.

El módulo HX711 es un convertidor analógico a digital (ADC) de 24 bits. Bueno en esta parte tenemos 4 celdas de carga (sensores de peso) UL, LL, UR y LR y estos están conectados al módulo HX711 con los conectores E+(UL),

A+(LL), A-(UR) y E-(LR) y que este convierte las señales analógicas a señales digitales que ilustran en la Figura 18.

**Figura 18**

*Módulo de medición del peso*

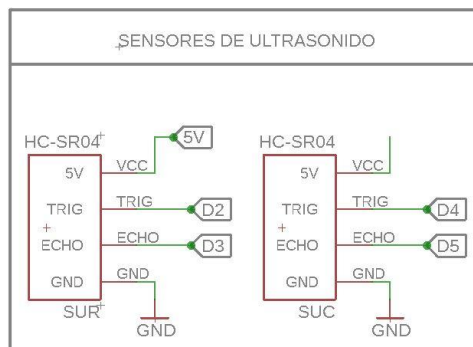


Fuente: Desarrollado en Proteus v 8,17.

Este es un sensor de ultrasonido que utiliza las ondas del sonido de alta frecuencia para medir la distancia a un objeto o detectar su presencia. Opera mediante la emisión de un pulso de ultrasonido y el cálculo del tiempo que este tarda en reflejarse y regresar al sensor y esto se muestra en la Figura 19.

**Figura 19**

*Módulo de sensor de ultrasonido para medición de distancia*



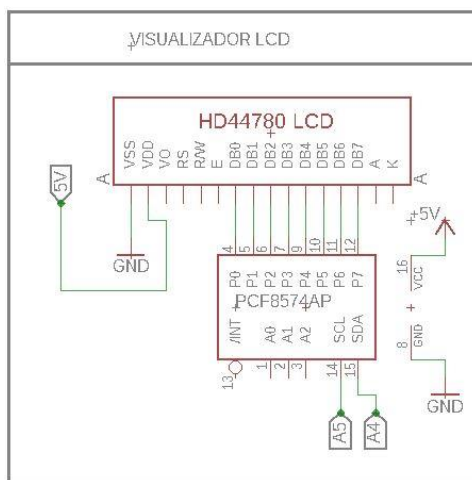
Fuente: Desarrollado en Proteus v 8,17.

La combinación del controlador HD44780 LCD (Figura 20) con un expansor de E/S PCF8574AP ofrece una solución eficiente para manejar pantallas

LCD mediante la interfaz I2C. Esta configuración reduce significativamente el número de pines necesarios, limitándose a los pines A5 (SCL) y A4 (SDA), lo que simplifica el diseño del sistema. Cabe destacar que los pines A5 y A4 corresponden a las conexiones de la interfaz I2C en Arduino, facilitando la integración y el control del dispositivo.

**Figura 20**

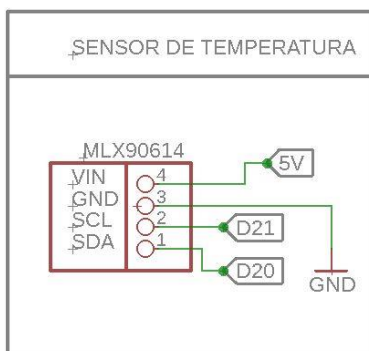
*Conexión de la pantalla LCD visualizador de indicadores*



Fuente: Desarrollado en Proteus v 8,17.

**Figura 21**

*Conexiones del módulo del sensor de temperatura*

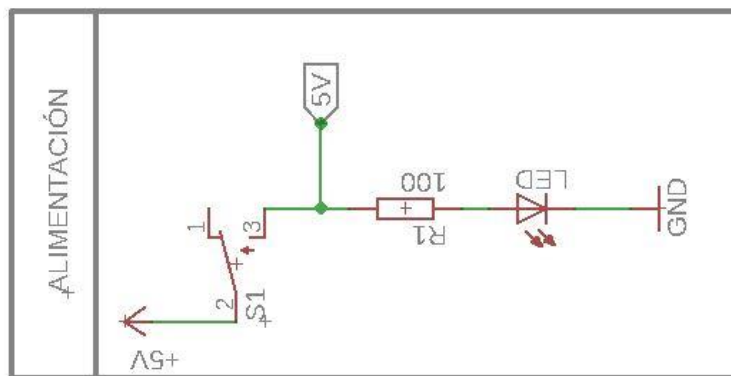


Fuente: Desarrollado en Proteus v 8,17.

Esta alimentación con una corriente de 5 v que está conectado por un switch ON-OFF y también está conectado a un led y una resistencia R1 y estos se encargan de visualizar si hay corriente en el sistema de Triaje, mostrado en la Figura 22.

**Figura 22**

*Circuito lógico del sistema de alimentación*



Fuente: Desarrollado en Proteus v 8,17.

### 3.6.4.1. Documentación del código en Arduino IDE

El código comienza por incluir las bibliotecas necesarias para los sensores que se utilizarán. En este caso, se utilizan los siguientes sensores:

```
Adafruit_MLX90614: Sensor de temperatura corporal  
LiquidCrystal_I2C: Pantalla LCD I2C  
HX711: Sensor de peso bascula  
NewPing: Sensores ultrasónicos
```

Una vez que se han incluido las bibliotecas, el código procede a inicializar los sensores. En este caso, se realizan las siguientes acciones:

```
mlx.begin();: Inicializa el sensor de temperatura corporal.  
lcd.init();: Inicializa la pantalla LCD.  
bascula.begin(pinData, pinClk);
```



A continuación, el código procede a realizar las mediciones. En este caso, se realizan las siguientes acciones:

```
unsigned int distancia1 = sonar1.ping_cm();: Realiza una medición de distancia con el sensor ultrasónico 1.  
  
delay(50);: Espera 50 milisegundos.  
  
unsigned int distancia2 = sonar2.ping_cm();: Realiza una medición de distancia con el sensor ultrasónico 2.  
  
unsigned int sumaDistancias = (distancia1 + distancia2)-28;: Calcula la suma de las mediciones de distancia.  
  
bascula.set_scale(factor_calibracion);: Aplica la calibración al sensor de peso bascula.
```

Por último, el código muestra la información en la pantalla LCD.

```
lcd.clear();: Borra la pantalla LCD.  
  
lcd.setCursor(0, 0);: Coloca el cursor en la posición (0, 0) de la pantalla LCD.  
  
lcd.print("SILLA INT. DE TRIAJE");: Imprime el texto "SILLA INT. DE TRIAJE" en la pantalla LCD.  
  
lcd.setCursor(0,1);: Coloca el cursor en la posición (0, 1) de la pantalla LCD.  
  
lcd.print("Talla: ");: Imprime el texto "Talla: " en la pantalla LCD.  
  
lcd.setCursor(11,1);: Coloca el cursor en la posición (11, 1) de la pantalla LCD.  
  
lcd.print(sumaDistancias);: Imprime el valor de la talla en la pantalla LCD.  
  
lcd.print(" Cm");: Imprime el texto " Cm" en la pantalla LCD.
```

El código funciona correctamente y mide la talla, el peso, la temperatura corporal y la presión arterial de la persona.

### 3.6.5. Ajustes del prototipo

#### Ecuación 1:

$$\text{sumaDistancias} = (\text{distancia1} + \text{distancia2}) - 28$$

Esta calibración de la Ecuación 1 se realiza para compensar el error de distancia que se produce debido a la distancia entre los sensores. La distancia entre los sensores es de 28 cm. Por lo tanto, la suma de las mediciones de los sensores será mayor que la distancia real entre la persona y la silla de Triaje. Para compensar este error, se resta 28 cm de la suma de las mediciones. Este es un método sencillo para calibrar un sensor de distancia. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la precisión de la calibración dependerá de la precisión de las mediciones de los sensores mediante el siguiente código en Arduino.

```
bascula.set_scale(factor_calibracion)
```

Esta función es el valor del factor de calibración se puede ajustar para compensar los errores del sensor. El valor del factor de calibración se hace primeramente: Colocar un peso conocido en la báscula, leer el valor de la báscula, restar el peso conocido del valor de la báscula y dividir el resultado por el peso conocido. Este ajuste es importante para garantizar la precisión de las mediciones de peso.



### 3.7. TÉCNICA E INSTRUMENTOS

#### 3.7.1. Técnica

Se empleó la metodología de la encuesta, al respecto Arias y otros (2022) mencionan que las encuestas son usados para obtener información sobre opiniones o comportamientos de personas. Ofrecen datos numéricos o cualitativos a partir de preguntas predefinidas.

#### 3.7.2. Instrumentos

El instrumento utilizado en esta investigación fue el cuestionario denominado “Escala de Evaluación de Calidad de Atención y Tiempo de Espera en Triage” adaptada del autor Vásquez (2021), que es una escala Likert con confiabilidad de Alfa de Cronbach de Pretest de **0.76** y Post-test de **0.91** cumpliendo como un instrumento válido por (Hogan & Hogan, 2007). Del mismo modo Arias y otros (2022), mencionan que el cuestionario, empleado en investigaciones científicas, consta de preguntas numeradas y respuestas para que los encuestados respondan. No existen respuestas correctas o incorrectas, ya que cada opción conduce a un resultado diferente. Este enfoque se dirige a una población conformada por individuos.

### 3.8. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

- **Solicitud de permiso:** Antes de iniciar la investigación, se buscó permiso del encargado del área de Triage la Mgtr. Teresa Ramos Rojas y el visto bueno de Mesa de partes del hospital.
- **Documento de solicitud:** Se adjuntó el documento junto al acta de aprobación de proyecto, en las que detalla los objetivos, métodos y propósito





de la investigación. Este documento puede encontrarse en el Anexo 7, Documentos presentados.

- **Instalación del sistema inteligente:** Después de obtener la aprobación, se procedió a diseñar el sistema inteligente utilizando tecnología Arduino. Haciendo la programación y calibraciones correspondientes de los sensores.
- **Encuesta a pacientes voluntarios:** Se llevaron a cabo encuestas a pacientes que participaron de manera voluntaria bajo los criterios de inclusión y exclusión. Este instrumento evalúa la percepción de la atención de Triage. Del mismo modo se recibió sugerencias del personal que labora en este servicio como enfermeras, médicos y la jefa de este servicio.

### 3.9. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

- **Recopilación de datos:** Una vez completados los cuestionarios por los pacientes, la información fue trasladada a una hoja de cálculo en Excel. Este paso inicial permitió tener todos los datos recopilados en un formato digital y manejable.
- **Tratamiento de datos en Excel:** Los datos fueron limpiados y procesados en Excel para corregir posibles errores, eliminar datos incompletos o inconsistentes, y prepararlos para análisis posteriores.
- **Transferencia al software SPSS V26:** Después de haber sido limpiados y preparados en Excel, los datos fueron importados al software SPSS V26. Esta herramienta es utilizada comúnmente para análisis estadístico avanzado.
- **Pruebas de normalidad:** En el software SPSS, se realizaron pruebas de normalidad a los datos. Esto puede incluir pruebas estadísticas para Verificar



si los datos corresponden a una determinada distribución normal, lo cual es importante para aplicar ciertos análisis estadísticos.

- **Análisis de datos:** Utilizando el SPSS, se llevó a cabo un análisis comparativo del tiempo de atención y la calidad de atención en el servicio de Triage. Se compararon datos antes y después de la implementación del sistema inteligente con tecnología Arduino en el Hospital Carlos Monge Medrano.
- **Comprobación de hipótesis:** Durante este proceso, se evaluaron y se contrastaron las hipótesis planteadas mediante el valor de significancia de la prueba paramétrica de t de Student.

### 3.10. ASPECTOS ÉTICOS

De acuerdo al Código Deontológico del Colegio de Ingenieros del Perú, los ingenieros deben actuar con integridad y honestidad en el ejercicio de su profesión, y deben respetar la privacidad y confidencialidad de la información obtenida. En el caso de la recolección de signos vitales de pacientes de Triage del hospital, se siguieron los procedimientos y trámites necesarios para obtener los datos de manera ética y se respetó la privacidad de los pacientes (CIP Perú, 2012).

Es importante resaltar que se implementaron medidas esenciales para asegurar la privacidad y confidencialidad de los pacientes que formaron parte de la encuesta. Los datos recopilados se manejaron de manera completamente anónima, garantizando así que la información proporcionada por los pacientes estuviera protegida y no se pudiera identificar a ningún individuo específico a partir de los datos analizados. Esta medida de anonimato no solo cumple con las normativas éticas peruanas y de privacidad de los datos, sino que también fomenta la sinceridad y la franqueza en las respuestas de los pacientes,



lo cual fue importante para obtener resultados precisos y completos con el uso del sillón inteligente Arduino

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. RESULTADOS DE CALIDAD DE ATENCIÓN ANTES Y DESPUÉS

En la Tabla 8 se presenta la percepción de los pacientes sobre la calidad de atención en el servicio de Triage del Hospital Carlos Monge Medrano antes de la implementación del sistema inteligente con tecnología Arduino. El 34% de los pacientes calificaron la atención como regular, el 32% como buena, el 22% como excelente y el 12% como mala. En general, la mayoría de los pacientes consideraron la calidad de atención como regular o buena, reflejando la percepción habitual al ser atendidos en Triage.

**Tabla 8**

*Calidad de atención antes de implementar el sistema inteligente*

Preguntas	Calidad de atención en el servicio de Triage										Total	
	Pésima		Mala		Regular		Buena		Excelente		N	%
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
<b>Pregunta 1</b>	0	0	0	0	11	5,5	9	4,5	0	0	20	100
<b>Pregunta 2</b>	0	0	3	1,5	6	3	11	5,5	0	0	20	100
<b>Pregunta 3</b>	0	0	0	0	12	6	7	3,5	1	0,5	20	100
<b>Pregunta 4</b>	0	0	0	0	1	0,5	6	3	13	6,5	20	100
<b>Pregunta 5</b>	0	0	0	0	13	6,5	5	2,5	2	1	20	100
<b>Pregunta 6</b>	0	0	13	6,5	3	1,5	3	1,5	1	0,5	20	100
<b>Pregunta 7</b>	0	0	0	0	2	1	3	1,5	15	7,5	20	100
<b>Pregunta 8</b>	0	0	2	1	12	6	6	3	0	0	20	100
<b>Pregunta 9</b>	0	0	6	3	7	3,5	7	3,5	0	0	20	100
<b>Pregunta 10</b>	0	0	0	0	1	0,5	7	3,5	12	6	20	100
<b>Total</b>	0	0	24	12	68	<b>34</b>	64	32	44	22	200	100

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 9 se observa que la calidad de atención en el servicio de Triage que perciben los pacientes que visitan el Hospital Carlos Monge Medrano después de la implementación del sistema inteligente con tecnología Arduino, el 42.5% de los pacientes indicaron que la calidad de atención fue excelente, seguido del 37.5% de los pacientes indicaron que la calidad de atención fue buena, seguido del 20% que indicó que la calidad de atención fue regular, y no hubo pacientes que indiquen que el servicio fue malo o pésimo. De manera general se comprende que sillón inteligente Arduino mejoró considerablemente la atención de Triage percibida por los pacientes en su mayoría de manera excelente y buena.

**Tabla 9**

*Calidad de atención después de implementar el sistema inteligente*

Preguntas	Calidad de atención en el servicio de Triage											
	Pésima		Mala		Regular		Buena		Excelente		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
<b>Pregunta 1</b>	0	0	0	0	5	2,5	9	4,5	6	3	20	100
<b>Pregunta 2</b>	0	0	0	0	9	4,5	6	3	5	2,5	20	100
<b>Pregunta 3</b>	0	0	0	0	0	0	3	1,5	17	8,5	20	100
<b>Pregunta 4</b>	0	0	0	0	2	1	12	6	6	3	20	100
<b>Pregunta 5</b>	0	0	0	0	0	0	17	8,5	3	1,5	20	100
<b>Pregunta 6</b>	0	0	0	0	0	0	4	2	16	8	20	100
<b>Pregunta 7</b>	0	0	0	0	2	1	8	4	10	5	20	100
<b>Pregunta 8</b>	0	0	0	0	13	6,5	6	3	1	0,5	20	100
<b>Pregunta 9</b>	0	0	0	0	1	0,5	1	0,5	18	9	20	100
<b>Pregunta 10</b>	0	0	0	0	8	4	9	4,5	3	1,5	20	100
<b>Total</b>	0	0	0	0	40	20	75	37,5	85	<b>42,5</b>	200	100

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 10, se observa que antes de la implementación de un sistema inteligente con tecnología Arduino, solo el 22% de los pacientes calificaron la atención en el servicio de Triage del Hospital Carlos Monge Medrano como excelente. Por otro lado, en la Figura 23, se destaca que después de implementar dicho sistema, este porcentaje aumentó significativamente, alcanzando el 43%, lo que evidencia una mejora en la calidad del servicio.

**Tabla 10**

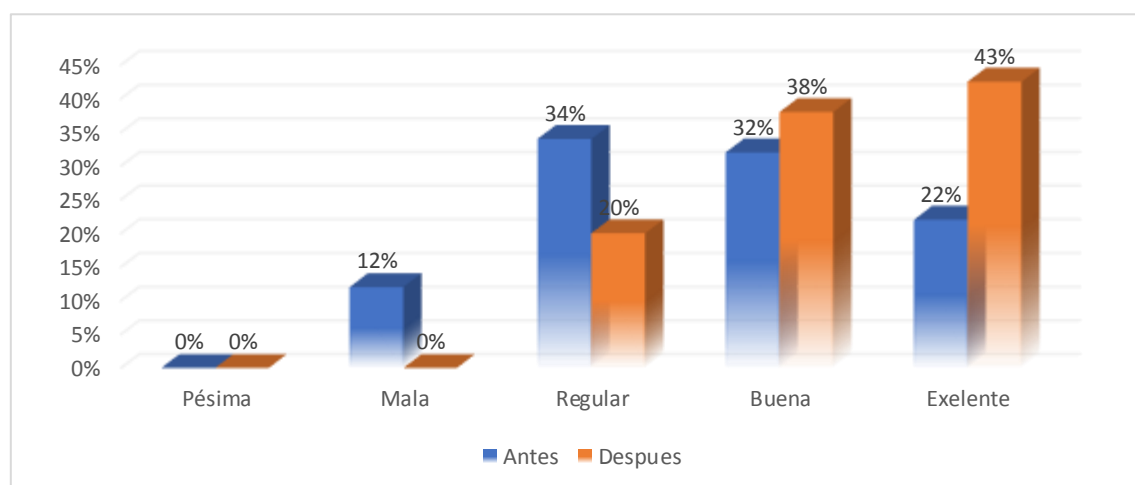
*Calidad de atención media antes y después de implementar un sistema inteligente con tecnología Arduino*

Calidad de atención en el servicio de Triage						
	Pésima	Mala	Regular	Buena	Excelente	Total
	%	%	%	%	%	%
<b>Antes</b>	0	12	34	32	22	100
<b>Después</b>	0	0	20	37,5	42,5	100

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 23**

*Calidad de atención media antes y después de implementar un sistema inteligente con tecnología Arduino*



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 11 se observa un  $p = 0.000$  la cual es menor al  $\alpha = 0.05$ , por ende, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis de investigación. Concluyendo que, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que la implementación de un sistema inteligente con tecnología Arduino mejoró la calidad de atención en Triage.

**Tabla 11**

*Prueba t de Student para la calidad de atención media antes y después de implementar un sistema inteligente con tecnología Arduino*

Prueba de muestras emparejadas								
	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Pretest – Posttest	-5,850	3,048	,682	-7,277	-4,423	-8,582	19	<b>,000</b>

Fuente: Elaboración propia generada con SPSS v25.

#### **4.2. RESULTADOS DE TIEMPO DE ATENCIÓN ANTES Y DESPUÉS**

En la Tabla 12 se observa que, antes de implementar el sistema inteligente con tecnología Arduino, el 90% de los participantes indicó que la atención en Triage demoraba entre 5 y 10 minutos. Por otro lado, en la Figura 24 se muestra que, tras la implementación del sistema, el 90% señaló que la atención en Triage ahora demora entre 1 y 5 minutos. Esto evidencia una mejora considerable en el tiempo de atención en Triage.

**Tabla 12**

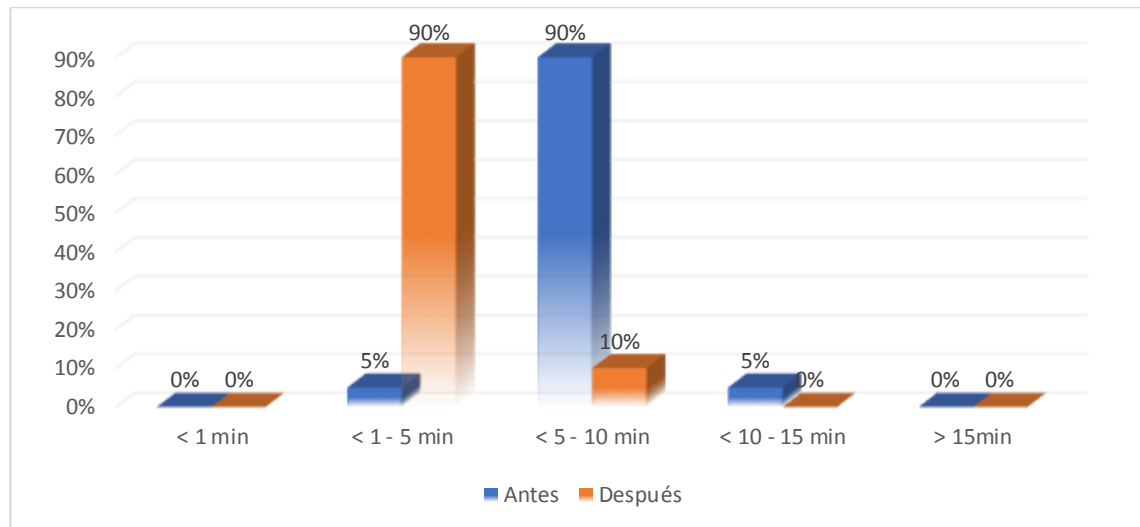
*Tabla descriptiva del tiempo de atención media antes y después*

Tiempo	Antes		Después	
	N	%	N	%
< 1 min	0	0%	0	0%
< 1 - 5 min	1	5%	<b>18</b>	<b>90%</b>
< 5 - 10 min	<b>18</b>	<b>90%</b>	2	10%
< 10 - 15 min	1	5%	0	0%
> 15min	0	0%	0	0%
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 24**

*Tiempo de atención media antes y después*



Fuente: Elaboración propia.

Al comparar la diferencia de tiempo con la prueba t de Student (Tabla 13) se obtuvo un valor de significancia  $0.000 > p 0.05$ , indica que la implementación de un sistema inteligente con tecnología Arduino si tiene efectos positivos en el tiempo de atención en Triage. Esto señala que hay evidencia estadística suficiente para confirmar



que el uso del sillón disminuyó de manera significativa el tiempo de atención en el servicio de Triage. Al menos de entre 1 a 5 minutos.

**Tabla 13**

*Prueba t de Student respecto al tiempo antes y después*

Prueba de muestras emparejadas								
	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Antes - Después	,900	,447	,100	,691	1,109	9,000	19	<b>,000</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3. DISCUSIÓN

Gracias a las pruebas estadísticas inferenciales como la prueba t de Student se pudo demostrar que el sistema inteligente con tecnología Arduino mejora la calidad de atención en el servicio de Triage en el Hospital Carlos Monge Medrano. Esto se respalda con la prueba t de Student con un valor de significancia ( $p = 0.000$ ). Este resultado refleja una diferencia estadísticamente significativa en la calidad de atención del servicio de Triage antes y después.

En el presente estudio se demostró que la rapidez de la atención de Triage fue calificada en el grupo experimental como excelente por la mayoría de los pacientes atendidos. Estos resultados encontrados presentan similitud con Vásquez (2021) quien obtuvo que los pacientes pasaron de estar en desacuerdo a estar de acuerdo de manera significativa, lo que demuestra la eficacia de estos sistemas inteligentes para Triage. Por otro lado el mismo autor encontró que usar el sillón inteligente no presenta mejoras significativas respecto al trato amable, mismos que se encontraron en este estudio. Con



respecto al espacio del ambiente, esto se explica porque es el profesional quien asiste y genera seguridad al preguntarle de sus síntomas, lo que no debería cambiar tanto si el profesional lee los signos de manera habitual o con un sillón inteligente. Es así que, en ambos estudios calificaron que se tuvo más espacio y que el tiempo de espera redujo significativamente.

Con respecto a la lectura del ritmo cardiaco, se obtuvo que el equipo usado en el presente estudio el monitor de presión arterial digital U80EF puede lecturar desde el momento que se pone al brazo un aproximado de 20 segundos, en tanto que la placa usada por Arnao & Chambi (2021), el módulo AD8232 lectura en 20 milisegundos como lo menciona el autor. Pero la precisión del Monitor de Presión Arterial Digital U80EF es superior frente al módulo de Arnao & Chambi (2021) respecto a la precisión (sistólica) con un error de  $\pm 5$  mmHg versus  $\pm 3$  mmHg y Precisión (diastólica)  $\pm 3$  mmHg  $\pm 2$  mmHg. Cabe mencionar que el estudio de Arnao & Chambi (2021) se realizó con pacientes hospitalizados en cama que requieren mostrar la presión arterial en todo momento con paciente de problemas cardiacos y no en el servicio de Triage como el presente estudio.

Referente a la implementación del Sistema Inteligente se trabajó con un sistema de lectura continuo, lo que indica que, esté o no una persona sentada encima del prototipo, el sistema lectura en todo momento. De la misma manera que como lo hizo Alvarez (2017) y Ramírez & Guamán (2015). Esta forma de diseño es similar a Vásquez (2021), quien lectura información en todo momento. Por otro lado discrepan con Alvarez (2017), quien en su manera de diseño usó 3 disparadores que iniciaban el proceso de alerta de seguridad, estos comprendían módulos automáticos como la detección de puertas abiertas, presencia de humo y botones de pánico. Por otro lado Ramírez & Guamán (2015) trabajaron con un webcam que iniciaba el proceso de lectura de la temperatura de un



sensor lineal LM35 que tiene un margen de error de  $\pm 1^\circ \text{C}$ , mientras que en el presente estudio se trabajó con el sensor infrarrojo MLX90614 que bota un error de  $\pm 0.1^\circ \text{C}$ . Respecto a la practicidad del uso de este tipo de prototipos, Vásquez (2021) utiliza una computadora para mostrar los signos vitales de los pacientes, esto se entiende que los profesionales de la salud deberán usar la computadora más allá de sólo registrar los signos vitales. En cambio el prototipo de este estudio el sillón es más práctico porque ya no se requiere de profesionales para lecturar los signos vitales, ya que se muestra en las pantallas LCD 1602 y el Display del Monitor de Presión Arterial Digital U80EF y muestra los signos vitales que no necesita del uso de una computadora. Además que Vásquez (2021) menciona que redujo el espacio en el área de Triage del mismo modo que en este estudio. Podemos sugerir que para desarrollar un sistema de información debe ser escalable a lo largo del tiempo y e intercomunicarse con otros servicios hospitalarios. Por último todos los autores utilizaron el Arduino Mega 256 incluido en el presente proyecto, lo que explica aceptación de prototipos.

Para el Postest se obtuvo que los pacientes lograron sentirse estar más escuchados, que les gusta cómo el prototipo registraba sus signos vitales y que sentían buena amabilidad ya que el profesional se enfocaba en preguntarles más allá de preocuparse de registrar los signos vitales. Recordemos que el prototipo desarrollado funciona para paciente ambulatorios. Es así que Taype y otros (2019) implementaron personal joven para acelerar la atención de Triage pero con paciente críticos lo que lleva a una limitante del este prototipo. Entonces, para pacientes ambulatorios en un centro hospitalario de alta influencia, el prototipo demuestra ser eficaz y eficiente porque un solo profesional lo puede usar.

Referente al tiempo de Triage, los resultados con el Sistema Inteligente se logró hacer una lectura en menos de 5 minutos. Esto se asemeja con los obtenidos por Vásquez



(2021), quien obtuvo que gracias a su Sistema Inteligente Arduino pasó de realizarse a más de 10 minutos a menos de 5 minutos. Esto es fácilmente explicada por la teoría de Zhang & Jia (2017), quienes mencionan que un Sistema Inteligente es aquel que soluciona problemas sin necesidad de la supervisión de una persona. Estrada y otros (2011) mencionan que un sistema experto son sistemas informáticos que pueden simular el comportamiento de un experto humano en este caso de un enfermero o un doctor de turno en Triage. La implementación del sillón ha demostrado ser altamente efectiva, agilizando el proceso de Triage y generando un impacto positivo tanto en el personal de enfermería. Esta solución tecnológica ha evidenciado una clara mejora en la gestión del tiempo, posicionándose como una herramienta valiosa para la atención inicial. Sin embargo, se revela una brecha notoria entre la tecnología disponible y su aplicación real en los procedimientos de Triage, subrayando la urgente necesidad de implementar en entornos hospitalarios. El prototipo inicial ha destacado la importancia de adquirir componentes originales y confiables, ya que los dispositivos genéricos tienden a afectar la eficiencia y la fiabilidad del sistema. Además, se ha observado una variabilidad en la precisión de la medición de temperatura entre el sensor de uso en la frente y el termómetro de mercurio en la axila, generando un margen de error significativo. Asimismo, se ha identificado la limitación de tiempo de funcionamiento continuo debido al recalentamiento del sistema, señalando la necesidad de implementar un sistema de refrigeración para garantizar su operatividad constante.

La demanda inmediata de estos equipos por parte de las instituciones de salud es innegable, pero más allá de su aplicación inmediata, se vislumbra su potencial para futuras crisis sanitarias de naturaleza epidémica o pandémica. Se destaca la posibilidad de ampliar esta tecnología mediante la integración con inteligencia artificial, como el uso de



sistemas como Alexa, que podría ser operado por voz a través de dispositivos como el módulo ESP32.



## V. CONCLUSIONES

**PRIMERO:** Se ha determinado que la implementación de un sistema inteligente con tecnología Arduino mejora la calidad de atención en el servicio de Triage en el Hospital Carlos Monge Medrano. Esto se respalda con la prueba T de Student con un valor de significancia ( $p = 0.000$ ) que es menor que el nivel de significancia de 0.05, este valor indica una diferencia estadísticamente significativa entre la calidad de atención en el servicio de Triage antes y después de la implementación del sistema inteligente con tecnología Arduino.

**SEGUNDO:** La percepción de la calidad de atención en el servicio de Triage del Hospital Carlos Monge Medrano varió significativamente tras la implementación de un sistema inteligente con tecnología Arduino. Antes de su implementación, el 34% de los pacientes calificaron la atención como regular, el 32% como buena, el 22% como excelente y el 12% como mala. Sin embargo, después de introducir esta tecnología, el 42.5% de los pacientes evaluaron la atención como excelente, el 37.5% como buena, y el 20% como regular, sin reportarse calificaciones de mala o pésima calidad en el servicio.

**TERCERO:** El sistema inteligente con tecnología Arduino disminuyó el tiempo de atención en el servicio de Triage en el Hospital Carlos Monge Medrano, pasando de 5 - 10 minutos a 1 – 5 minutos. Esto se respalda con la prueba T de Student con un valor de significancia ( $p = 0.000$ ) que es menor que el nivel de significancia de 0.05, este valor indica una diferencia estadísticamente significativa entre el tiempo de atención en el servicio de



Triaje antes y después de la implementación del sistema inteligente con  
tecnología Arduino

## VI. RECOMENDACIONES

**PRIMERA:** En primer lugar, se sugiere ampliar la investigación hacia una comparación más detallada entre los protocolos de atención tradicionales y la implementación del sillón inteligente, centrándose en la percepción del trato y la interacción paciente-profesional. Esto permitiría una comprensión más profunda de cómo este sistema impacta en la calidad de la atención y cómo puede optimizarse aún más para fortalecer la relación médico-paciente.

**SEGUNDA:** En relación con los sensores utilizados, se recomienda un análisis más detallado de la precisión y eficacia de cada uno en entornos clínicos específicos. Esto incluiría estudios comparativos con otros dispositivos médicos disponibles para validar y mejorar aún más la precisión de las mediciones, especialmente en términos de presión arterial y lecturas cardíacas

**TERCERO:** Considerando la implementación del sistema inteligente, se sugiere explorar la viabilidad de integrar tecnologías de alerta automática basadas en disparadores específicos, similar a los estudios previos mencionados. La adición de alertas de seguridad y protocolos automáticos podría aumentar la utilidad del sillón inteligente, brindando una capa adicional de seguridad y atención temprana en casos críticos.

**CUARTO:** Además, para optimizar la practicidad y la usabilidad del prototipo, se propone el desarrollo de un sistema de información intercomunicable y escalable que permita la transferencia de datos a otros servicios hospitalarios. Esto aseguraría una mejor integración del sistema de Triage





inteligente en el entorno hospitalario general y su capacidad para compartir información crucial de manera eficiente.

**QUINTO:** Se recomienda explorar estrategias para adaptar este sistema a diferentes tipos de pacientes y escenarios clínicos, teniendo en cuenta las necesidades específicas de pacientes ambulatorios y aquellos con situaciones médicas más críticas. Esto podría requerir ajustes en el diseño del prototipo y la incorporación de funcionalidades específicas para cada grupo de pacientes, mejorando así su versatilidad y efectividad en diversas situaciones clínicas.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agelectronica. (2023). *ULTRASONIC-HC-SR04*.  
<https://agelectronica.lat/pdfs/textos/U/ULTRASONIC-HC-SR04.PDF>
- Alamo-Palomino, I. J., Matzumura-Kasano, J. P., & Gutiérrez-Crespo, H. F. (2020). Reclamaciones de pacientes en el servicio de emergencia adultos de un hospital de tercer nivel de atención. *Revista de la Facultad de Medicina Humana*, 20(2), 74–81.  
<https://doi.org/10.25176/rfmh.v20i2.2916>
- Alvarez, C. A. (2017). *Sistema de Seguridad Electrónica de respaldo para las Agencias del banco del Pacífico basado en Arduino y SMS* [Instituto Superior Tecnológico sudamericano]. <https://docplayer.es/137614579-Carrera-tecnologia-en-electronica-portada-instituto-superior-tecnologico-sudamericano-tecsu-de-guayaquil.html>
- American Heart Association. (2021). ¿ Qué es la presión arterial. En *Archivos*.  
[https://www.heart.org/-/media/files/health-topics/answers-by-heart/answers-by-heart-spanish/what-is-highbloodpressure\\_span.pdf](https://www.heart.org/-/media/files/health-topics/answers-by-heart/answers-by-heart-spanish/what-is-highbloodpressure_span.pdf)
- Amézquita, J. (2020). Software de recomendación médico basado en modelo de datos orientado a grafos con Neo4j [Universwida Católica de Santa María]. En *Universidad Católica de Santa María*.  
<https://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/10290>
- Apaza, D., & La Torre, I. (2017). Diseño e implementación de un sistema automatizado para riego tecnificado basado en el balance de humedad de suelo con tecnología arduino en el laboratorio de control y automatización Epime 2016” [Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano]. En *Repositorio UNAP*.  
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/5970>
- Apaza, E. (2024). *Diseño e implementación de un mini invernadero con control automatizado, para el cultivo de la fresa en la ciudad de Puno*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano].  
<https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/21921>
- ArduinoLLC. (2022). Arduino MEGA 2560 Rev3 Features. En *Arduino MEGA 2560*.  
[www.arduino.cc](http://www.arduino.cc)
- Arias Gonzáles, J. L., Holgado Tisoc, J., Tafur Pittman, T. L., & Vasquez Pauca, M. J. (2022). Metodología de la investigación: El método ARIAS para realizar un proyecto de tesis. En *Repositorio Concytec* (Primera Ed).  
[https://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/3109/1/2022\\_Metodologia\\_de\\_la\\_investigacion\\_El\\_metodo](https://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/3109/1/2022_Metodologia_de_la_investigacion_El_metodo)
- Arnaiz Betolaza, L. (2015). *Ritmo sinusal normal*.  
[https://www.enfermeriaencardiologia.com/wp-content/uploads/manual\\_cap\\_01.pdf](https://www.enfermeriaencardiologia.com/wp-content/uploads/manual_cap_01.pdf)
- Arnao, C., & Chambi, luis eduardo. (2021). Prototipo De Un Sistema Inteligente, Basado En Arduino Para Monitorear El Ritmo Cardíaco De Pacientes Con Problemas Cardiovasculares En Tiempo Real [Universidad Autónoma del Perú]. En



- Repositorio* *AUTONOMA.*  
[http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez\\_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- ATMEL. (2016). Manual Atmega2560. En *Arduinos*. [https://candy-ho.com/Drivers/Manual de Arduino 2560 CANDY-Ho.pdf](https://candy-ho.com/Drivers/Manual_de_Arduino_2560_CANDY-Ho.pdf)
- AviaSemiconductor. (2017). Datasheet - HX711. En *Sensores* (Vol. 1, Número 1). [https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711\\_english.pdf](https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711_english.pdf)
- Bañuelos, M. Á., Pacheco, M., & Villegas, rebecca G. (2021). *Dispositivos Automatizado de Sensores para Arduino (DASA)* [Universidad Nacional Autónoma de México]. <https://iaciduiuno.enp.unam.mx/wpArduino/wp-content/uploads/2023/05/MANUAL-DE-USUARIO-DASA-v2.4.pdf>
- Becerra, V., Téllez-Victoria, V., Peñalza-Mendoza, G. R., & Castro-Zenil, M. S. (2023). Asistente de signos vitales para la atención prehospitalaria. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 11(Especial2), 152–160. <https://doi.org/10.29057/icbi.v11iEspecial2.10720>
- BellavistaTech. (2018). Principales funciones de la librería LiquidCrystal LiquidCrystale. *Blogs* *Averroes*, 1–5. <https://blogsaerroes.juntadeandalucia.es/iesbellavista/files/2016/04/LCD-DISPLAY.pdf>
- Bolaños, D. (2012). Manejo De Display Lcd. *Electrónicas*, 1–9. <https://www.bolanosdj.com.ar/SOBRELCD/TEORIALCDV1.pdf>
- Bolaños, D. (2018). *¿Qué es Arduino?* <https://www.bolanosdj.com.ar/MOVIL/ARDUINO2/HistoriadeArduino.pdf>
- Churata, J. C. (2019). Diseño de un Sistema de Monitoreo en Tiempo Real del Índice de Radiación ultravioleta, temperatura y humedad relativa para la región Puno [Universidad Nacional del Altiplano]. En *Repositorio UNAP*. [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapaza\\_Mamani\\_Joel\\_Neftali.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapaza_Mamani_Joel_Neftali.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- CIP Perú. (2012). Código Deontológico Del Colegio De Ingenieros Del Perú. En *CIP Publicaciones*. <http://cdlima.org.pe/wp-content/uploads/2018/04/CÓDIGO-DE-ÉTICA-REVISIÓN-2018.pdf>
- Corbalán, L. (2005). Sistemas Inteligentes. Aplicaciones. *Instituto de Investigación en Informática* *LIDI* (III-LIDI), 5. [https://secyt.presi.unlp.edu.ar/cyt\\_htm/ebec07/pdf/corbalan.pdf](https://secyt.presi.unlp.edu.ar/cyt_htm/ebec07/pdf/corbalan.pdf)
- Cuenca, J. M. M. (2004). El futuro tecnológico de las Terminales Marítimas de Vehículos. *Departament de Ciència i Enginyeria Nàutiques*, 206–241. <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/7001/08Jmmc08de12.pdf?sequence=8&isAllowed=y>
- Decreto Supremo 008-2005-SA, 1 (2005). <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/252599-008-2005-sa>



- ESSALUD. (2023). *EsSalud implementó módulos CAI para descongestionar atenciones en emergencias*. Reportes. <http://www.essalud.gob.pe/essalud-implemento-modulos-cai-para-descongestionar-atenciones-en-emergencias/>
- Estrada, V., Febles, O., & Días, I. (2011). Sistema inteligente para el tratamiento de la información y el conocimiento. *Revistas URP, 1*, 51–60.
- Fajardo, D., & Montoya, W. (2020). Prototipo electrónico que permita el monitoreo de signos vitales como alternativa de apoyo en la clasificación del triage en urgencias. [Universidad Católica de Colombia]. En *Angewandte Chemie International Edition* (Vol. 6, Número 11). [https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/25541/1/T\\_Grado.pdf](https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/25541/1/T_Grado.pdf)
- Faraz, M. A., Ahmed, M. I., & Younus, S. (2022). Interactive Robotic Nurse. *International Journal of Creative Research Thoughts, 10*(5), 83–107. <https://doi.org/10.1111/jnu.12424>
- González, J. A. G. (2017). *Diseño y Construcción de un sistema medidor de fuerzas y su aplicación en el diseño de montajes didácticos* [Universidad Zaragoza]. <https://core.ac.uk/download/pdf/289987785.pdf>
- González Vidal, J. C. (2013). *Desarrollo de un servidor web con Arduino para monitorización y control de sensores y actuadores* [Universidad Politécnica de Cartagena]. <https://repositorio.upct.es/xmlui/handle/10317/3797>
- Handson Technology. (2008). *I2C Serial Interface 20x4 LCD Module*. [https://www.handsontec.com/dataspecs/I2C\\_2004\\_LCD.pdf](https://www.handsontec.com/dataspecs/I2C_2004_LCD.pdf)
- Hogan, R., & Hogan, J. (2007). Personality inventories. En *Printed classification tests: Report no. 5*. (3ra. ed.). Hogan Assessment Systems. <https://doi.org/10.1037/14946-023>
- Intermountain Healthcare. (2016). *Principios básicos de la presión arterial*. <https://intermountainhealthcare.org/ckr-ext/Dcmnt?ncid=521471436>
- Lerma, H. (2012). Metodología de la investigación. En *Metodología De La Investigacion* (Cuarta edición). Ecoe Ediciones. [https://www.sijufor.org/uploads/1/2/0/5/120589378/metodologia\\_de\\_la\\_investigacion\\_propuesta\\_anteproyecto\\_y\\_proyecto.pdf](https://www.sijufor.org/uploads/1/2/0/5/120589378/metodologia_de_la_investigacion_propuesta_anteproyecto_y_proyecto.pdf)
- Ley general de salud. Ley N° 5395., La Gaceta No. 222: Diario oficial (2000). [http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=6581&nValor3=96425&param2=1&strTipM=TC&lResultado=9&strSim=simp](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=6581&nValor3=96425&param2=1&strTipM=TC&lResultado=9&strSim=simp)
- Machaca, A. (2016). Análisis y diseño de un sistema de control de tráfico vehicular utilizando semáforos inteligentes con tecnología Arduino [Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano]. En *Repositorio UNAP*. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/1767>
- Master IE. (2019). *Tarjeta electrónica arduino mega*. [https://media.master.com.mx/img/fichas/tecnicos\\_est/AR-MEGA.pdf](https://media.master.com.mx/img/fichas/tecnicos_est/AR-MEGA.pdf)



- Melexis. (2018). MLX90614 Datasheet Single and Dual Zone Infrared Thermometer in TO-39. En *Melexis*. <https://www.melexis.com/en/product/mlx90614/digital-play-infrared-thermometer-to-can>
- Merlo, O., Cáceres, N., Ayala, F., Castillo, C., Sosa, A., & Dalila, P. (2014). *Guía de Gestión de los Servicios de Admisión Hospitalaria*. <https://www.mspbs.gov.py/dependencias/imt/adjunto/4d597d-admisionhospitalaria.pdf>
- Ministerio de Salud. (2005). *Norma Técnica de Auditoría de la Calidad de Atención en Salud*. [http://bvs.minsa.gob.pe/local/dgsp/108\\_NORTECAUDITORIA.pdf](http://bvs.minsa.gob.pe/local/dgsp/108_NORTECAUDITORIA.pdf)
- Ministerio del poder popular para la Salud. (2020). *Triaje Hospitalario Manual de Aplicación*.
- Moreira, J. (2022). Diseño de un sistema de seguridad con tecnología arduino para la automatización del edificio UPOCAM [Tesis de grado, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. En *Repositorio UNESUM*. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/3552>
- Ñaupas, H., Valdivia, M. R., Palacios, J. J., & Romero, H. E. (2018). Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis. En *Journal of Chemical Information and Modeling* (Edición, 5). Ediciones de la U. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Osorio, J. (2021). *Implementación de un sistema de monitoreo de signos vitales en pacientes del Policlínico Servilab Distrito Lurigancho Chosica el año 2020*.
- PARALLAX Inc. (2019). *MLX90614 infrared thermometer*. <http://arduinolearning.com/code/mlx90614-infrared-thermometer.php>
- Perez, F., Piazzoli, K., Avalos, A., Daniel, H., Fernández, S., & Pedro, J. (2023). Sistema de monitoreo para el control de asistencia con RFID y Arduino en la I.E. Tercer Cielo, Trujillo 2022 [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. En *Repositorio UCV*. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/114574>
- Pérez, W. S., Gómez Muñoz, M., Bragulat, E., & Álvarez, A. (2010). Triage: A key tool in emergency care. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 33(SUPP1), 55–68. <https://scielo.isciii.es/pdf/asisna/v33s1/original8.pdf>
- PeruMassage. (2023). *Tensiómetro de Brazo Alphasmed Mod. U80EH*. Ofertas. <https://perumassage.com/products/tensiometro-de-brazo-alpha-gomed-mod-u80eh>
- PVS First Aid. (2016). *Blood Pressure Monitor Instruction Manual*. <https://www.tecnosafety.com/wp-content/uploads/2021/05/MANUALE-DUSO-SFI230.pdf>
- Ramírez, Y. R., & Guamán, J. P. (2015). *Sistema de visión artificial para el control de temperatura ambiente integrado con la plataforma arduino* [Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/11714>
- Reyes, B. (2024). Diseño e implementación de un sistema de control basado en Arduino para la automatización de invernaderos orientados a la agricultura familiar [Tesis de



- grado, Universidad Católica de Santa María]. En *Repositorio UCSM*. <https://hdl.handle.net/20.500.12920/13933>
- Saizar, M. M. (2015). Motivos de encuentro y desencuentro en la relación entre profesionales y usuarios del sistema de salud público de Argentina. *Trabajo Social*, 17, 95–112.
- Santoyo, I., Avilés, C., & Zuñiga, A. (2020). Sistema portátil no invasivo para el monitoreo y despliegado de los signos vitales de pacientes en salas de urgencias en un dispositivo móvil. *Research in Computing Science*, 149(8), 157–172. [https://rcs.cic.ipn.mx/2020\\_149\\_8/Sistema\\_portatil\\_no\\_invasivo\\_para\\_el\\_monitoreo\\_y\\_desplegado\\_de\\_los\\_signos\\_vitales\\_de\\_pacientes.pdf](https://rcs.cic.ipn.mx/2020_149_8/Sistema_portatil_no_invasivo_para_el_monitoreo_y_desplegado_de_los_signos_vitales_de_pacientes.pdf)
- Shack, N. (2021). El Control en los tiempos de Covid-19: Hacia una transformación del control. En *Contraloría General de la República* (Vol. 01). [https://doc.contraloria.gob.pe/estudios-especiales/documento\\_trabajo/2020/Documento\\_de\\_trabajo\\_El\\_control\\_en\\_los\\_tiempos\\_de\\_COVID-19.pdf](https://doc.contraloria.gob.pe/estudios-especiales/documento_trabajo/2020/Documento_de_trabajo_El_control_en_los_tiempos_de_COVID-19.pdf)
- Shadadpuri, S. (2018). *Análisis, caracterización y calibración de sensores de bajo coste para Arduino* [Universidad de la laguna]. <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/10280>
- Taype-Huamaní, W., Chucas-Asencio, L., De La Cruz-Rojas, L., & Amado-Tineo, J. (2019). Tiempo de espera para atención médica urgente en un hospital terciario después de implementar un programa de mejora de procesos. *Anales de la Facultad de Medicina*, 80(4), 438–442. <https://doi.org/10.15381/anales.v80i4.16705>
- Ticona, C. Y. (2017). Uso de la Plataforma Arduino y Mejora del Aprendizaje Significativo en los Estudiantes del Departamento Académico de Electrónica y Telemática; Universidad Nacional de Educación, Período 2015 [Universidad Nacional de Educación]. En *Repositorio UNE*. [http://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/UNE/1925/TESIS\\_%28uso\\_de\\_la\\_plataforma\\_arduino\\_y\\_mejora\\_del\\_aprendizaje\\_significativo%29B.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/UNE/1925/TESIS_%28uso_de_la_plataforma_arduino_y_mejora_del_aprendizaje_significativo%29B.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- TinSharp Insduatrial. (2009). DataSheet TC2004A-01. En *Datasheet*. <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/TC2004A-01.pdf>
- Tupac-Yupanqui, M., Vidal-Silva, C. L., Sánchez-Ortiz, A., & Pereira, F. (2021). Experiences and benefits of using Arduino in a first-year programming course. *Formacion Universitaria*, 14(6), 87–96. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062021000600087>
- UMIVALE. (2019). Ficha Salud Cardiovascular N° 5: Frecuencia Cardíaca. En *Fundación Española del Corazón*. <https://umivaleactiva.es/dam/web-corporativa/Documentos-prevenci-n-y-salud/Salud-cardiovascular/Ficha-Salud-Cardiovascular-n-5-Frecuencia-Cardiaca.pdf>
- Vásquez, M. Á. D. (2021). Sistema Inteligente Basado en Arduino para Optimizar el Proceso de Triage en el Hospital II-E de Juanjuí-San Martín [Universidad César Vallejo]. En *Repositorio UCV*. [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez\\_RS-](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-)



[SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](#)

- Vázquez Galbán, L. (2015). *Triage en urgencias hospitalarias* [Universidade da Coruña]. <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/14730>
- Vázquez, R., Luna, C., & Ramos, C. (2019). El Triage Hospitalario En Los Servicios De Emergencia. *Revista de la Facultad de Medicina Humana*, 19(1), 1–5. <https://doi.org/10.25176/rfmh.v19.n1.1797>
- Vidal, C. L., Cabezas, C., Parra, J. H., & López, L. P. (2015). Experiencias prácticas con el uso del lenguaje de programación scratch para desarrollar el pensamiento algorítmico de estudiantes en Chile. *Formacion Universitaria*, 8(4), 23–32. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062015000400004>
- WEEBLY. (2021). *Introduccion a los sensores*. [https://tableroalparque.weebly.com/uploads/5/1/6/9/51696511/introducciÓN\\_a\\_los\\_sensores.pdf](https://tableroalparque.weebly.com/uploads/5/1/6/9/51696511/introducciÓN_a_los_sensores.pdf)
- Zhang, B., & Jia, J. (2017). Evaluating an intelligent tutoring system for personalized math teaching. *Proceedings - 2017 International Symposium on Educational Technology, ISET 2017*, 126–130. <https://doi.org/10.1109/ISET.2017.37>



# ANEXOS



## ANEXO 1 Matriz de consistencia

Preguntas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Prueba Estadística
<p><b>PG:</b> ¿El sistema inteligente Arduino mejorará la calidad de atención en el servicio de Triaje en el Hospital Carlos Monge Medrano 2023?</p>	<p><b>OG:</b> Implementación de un sistema inteligente con tecnología Arduino en la calidad de atención en el servicio de Triaje en el Hospital Carlos Monge Medrano 2023.</p>	<p><b>Hi:</b> La implementación de un sistema inteligente con tecnología Arduino mejorará la calidad de atención en el servicio de Triaje en el Hospital Carlos Monge Medrano 2023.</p>	<p><b>Variable</b></p> <p><b>Independiente:</b> Sistema inteligente Arduino</p> <p><b>Variable dependiente:</b> Atención en Triaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Calidad de Atención</li> <li>- 1: Pésima</li> <li>- 2: Mala</li> <li>- 3: Regular</li> <li>- 4: Buena</li> <li>- 5: Excelente</li> <li>- Tiempo de Atención</li> <li>- 1: &lt; 1min</li> <li>- 2: &lt; 1-5 min</li> <li>- 3: &lt; 5-10 min</li> <li>- 4: &lt; 10-15 min</li> <li>- 5: &gt; 15 min</li> </ul>	<p><b>Tipo de investigación:</b> Aplicada Experimental</p> <p><b>Diseño:</b> Cuasi Experimental (Pre-Test) y (Post-Test)</p> <p><b>Población:</b> Pacientes diarios de Triaje del Hospital Carlos Monge Medrano</p> <p><b>Muestra:</b> 20 pacientes (grupo control)</p> <p>20 paciente (grupo experimental)</p> <p><b>Método de investigación:</b> <b>Técnica:</b> Encuesta</p> <p><b>Instrumento:</b> "Escala de Evaluación de Calidad de Atención y Tiempo de Espera en Triaje"</p> <p><b>Prueba de hipótesis:</b> Prueba paramétrica de t de Student</p>
<p><b>Preguntas Específicas</b></p> <p><b>PE1:</b> ¿Cómo es la calidad de atención en el servicio de Triaje en los pacientes del Hospital Carlos Monge Medrano antes de la implementación del sistema inteligente Arduino?</p> <p><b>PE2:</b> ¿Cómo se diseñará el sistema inteligente Arduino para la lectura de signos vitales en el servicio de Triaje del Hospital Carlos Monge Medrano?</p> <p><b>PE3:</b> ¿Cómo es la calidad de atención en el servicio de Triaje en los pacientes del Hospital Carlos Monge Medrano después de la implementación del sistema inteligente Arduino?</p> <p><b>PE4:</b> ¿El tiempo de atención en el servicio de Triaje en los pacientes del Hospital Carlos Monge Medrano tiene una mejora después de la implementación del sistema inteligente con tecnología Arduino?</p>	<p><b>Objetivos específicos</b></p> <p><b>OE1:</b> Describir la calidad de atención en el servicio de Triaje en los pacientes del Hospital Carlos Monge Medrano antes de la implementación del sistema inteligente con tecnología Arduino.</p> <p><b>OE2:</b> Diseñar sistema inteligente con tecnología Arduino para la lectura de signos vitales en el servicio de Triaje del Hospital Carlos Monge Medrano.</p> <p><b>OE3:</b> Describir la calidad de atención en el servicio de Triaje en los pacientes del Hospital Carlos Monge Medrano después de la implementación del sistema inteligente con tecnología Arduino.</p> <p><b>OE4:</b> Contratar el tiempo de atención en el servicio de Triaje en los pacientes del Hospital Carlos Monge Medrano antes y después de la implementación del sistema inteligente con tecnología Arduino.</p>	<p><b>Hipótesis nula</b></p> <p><b>Ho:</b> La implementación de un sistema inteligente con tecnología Arduino no mejorará la calidad de atención en el servicio de Triaje en el Hospital Carlos Monge Medrano 2023.</p>		



## ANEXO 2 Instrumento de Investigación

### Escala de Evaluación de Calidad de Atención y Tiempo de Espera en Triaje

(Adaptado de Miguel Vásquez)

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS									
Investigador:									
Puesto de salud:									
Fecha:									
I. Tiempo empleado en Triaje (minutos)									
( ) < 1 min	( ) < 1 - 5 min	( ) < 5 - 10 min	( ) < 10 - 15 min	( ) > 15 min					
Tiempo de empleado en minutos y segundos exactamente:									
II. Calidad de Atención en Triaje									
La presente encuesta tiene como objetivo mejorar el servicio de atención en el servicio de Triaje de los puestos de salud y obtener valoraciones de los pacientes que asisten. No existen respuestas buenas o malas. Esta encuesta es totalmente anónima. Solicitamos que marque su nivel de calidad de atención de 1 a 5 teniendo en cuenta los siguiente:									
Pésima - 1		Mala - 2		Regular - 3		Buena - 4		Excelente - 5	
Ítem	Pregunta				1	2	3	4	5
1	¿Cómo calificarías la amabilidad y profesionalidad del personal de triaje?								
2	¿Cómo calificarías la claridad de la información proporcionada por el personal de triaje?								
3	¿Cómo calificaría la comodidad del sillón en el área de triaje?								
4	¿Cómo calificarías la sensación de ser escuchado(a) y atendido(a) por el personal de triaje?								
5	¿Cómo calificarías el uso de los equipos e instrumentos utilizados en el proceso de triaje?								
6	¿Cómo calificarías la rapidez y eficiencia en el proceso de triaje?								
7	¿Cómo calificaría el área de triaje en cuanto a limpieza y orden y estado de los equipos?								
8	¿Cómo calificarías la calidad general el servicio de triaje en este Puesto de salud?								
9	¿Cómo calificarías la manera en la que se te ha medido el peso y la talla?								
10	¿Cómo calificarías la fiabilidad que tienes en la lectura de tu presión arterial?								

### ANEXO 3 Prueba de normalidad

Según la estadística de Shapiro – Wilk los datos antes de la implementación de la silla tienden a la normal con una significancia  $0.535 > 0.05$  (Tabla 14), con lo cual se procede a realizar estadística paramétrica.

**Tabla 14**

*Prueba de normalidad de Shapiro Wilk del Pretest*

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Antes	,150	20	,200*	,960	20	<b>,535</b>

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.  
a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia.

Según la estadística de Shapiro – Wilk que se muestra en la Tabla 15, los datos antes de la implementación de la silla tienden a la normal con una significancia  $0.56 > 0.05$ , con lo cual se procede a realizar estadística paramétrica.

**Tabla 15**

*Prueba de normalidad de Shapiro Wilk del Postest*

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Después	,168	20	,142	,907	20	<b>,056</b>

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia.



## ANEXO 4 Base de datos

**Tabla 16**

*Base de datos del antes y después recolectadas con las encuestas*

Situación	N	Tiempo	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
<b>Antes</b>	1	3	4	4	4	5	4	5	4	3	4	3
	2	2	4	4	5	4	3	4	4	2	4	4
	3	3	4	3	4	5	3	2	5	3	3	5
	4	3	4	3	3	5	3	2	5	3	4	5
	5	3	4	4	4	5	5	4	5	4	4	5
	6	3	3	4	3	4	3	2	3	3	3	4
	7	3	3	2	3	5	3	2	5	4	3	5
	8	3	4	3	3	5	4	3	3	2	3	4
	9	3	3	2	4	4	3	2	5	4	2	5
	10	3	3	2	4	4	3	2	5	4	2	5
	11	3	3	3	3	4	3	2	5	3	4	4
	12	3	3	4	3	5	3	2	5	3	4	5
	13	3	4	4	3	5	3	3	5	3	2	5
	14	3	4	3	4	5	3	2	5	3	2	5
	15	3	3	4	3	4	5	2	5	3	3	4
	16	3	3	4	3	5	4	2	5	3	3	4
	17	3	4	4	3	5	3	3	5	4	2	5
	18	4	3	4	3	5	3	2	5	4	4	5
	19	3	3	4	3	5	4	2	5	3	2	5
	20	3	3	3	4	3	4	4	4	3	3	4
<b>Después</b>	1	2	5	5	4	5	5	4	4	5	3	4
	2	2	5	3	5	5	4	5	5	4	5	3
	3	2	4	3	5	4	4	5	5	3	5	4
	4	2	4	3	5	5	4	5	4	3	5	4
	5	2	3	3	5	4	4	5	5	3	5	4
	6	2	4	3	5	4	4	5	5	3	5	3
	7	3	4	5	5	5	4	5	5	4	5	5
	8	2	4	5	4	4	5	5	5	4	4	3
	9	2	3	3	5	5	4	5	5	3	5	3
	10	2	3	4	5	3	4	4	5	3	5	3
	11	2	5	3	5	4	4	5	4	3	5	4
	12	2	5	3	5	4	4	5	4	3	5	4
	13	2	4	3	4	4	5	4	5	3	5	3
	14	2	4	5	5	3	4	5	3	4	5	3
	15	3	4	5	5	4	4	5	4	3	5	5
	16	2	3	4	5	5	4	5	5	4	5	5
	17	2	5	4	5	4	4	5	4	3	5	4
	18	2	5	4	5	4	4	5	4	3	5	4
	19	2	4	4	5	4	4	5	4	4	5	3
	20	2	3	4	5	4	4	4	3	3	5	4

Fuente: Elaboración propia.

## ANEXO 5 Datos Complementarios

En el cuadro estadístico (Tabla 17) se observa que, la calidad media de atención en el servicio de Triage en el Hospital Carlos Monge Medrano 2023 antes de la implementación de un sistema inteligente con tecnología Arduino fue de 36.40, la calidad media de atención luego de la implementación de un sistema inteligente con tecnología Arduino fue de 42.25. se nota una mejora después de la implementación de un sistema inteligente con tecnología Arduino.

**Tabla 17**

*Calidad de atención media antes y después de implementar un sistema inteligente con tecnología Arduino*

### Estadísticas de muestras emparejadas

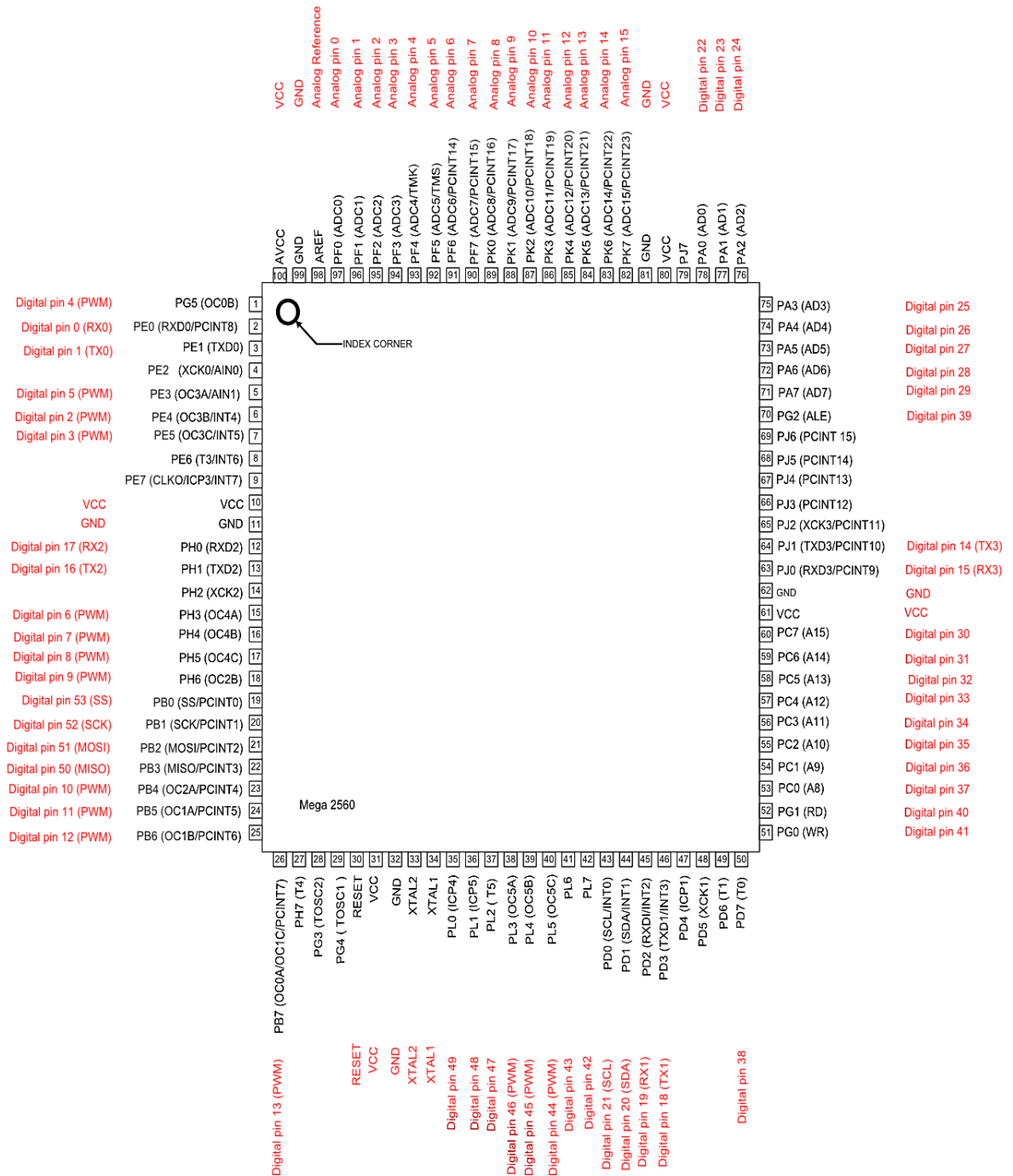
	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Antes	36,40	20	2,583	,578
Después	42,25	20	1,970	,441

Fuente: Elaboración propia.

## ANEXO 6 Características Técnicas de los componentes

Figura 25

Arduino Mega 2560 Pines



Nota: (ArduinoCC, 2023).

**Tabla 18**

*Características Eléctricas Clave del Sensor HX711*

Parameter	Notes	MIN	TYP	MAX	UNIT
Full scale differential input range	V(inp)-V(inn)	±0.5(AVDD/GAIN)			V
Common mode input		AGND+1.2	AVDD-1.3		V
Output data rate	Internal Oscillator, RATE = 0	10			Hz
	Internal Oscillator, RATE = DVDD	80			
	Crystal or external clock, RATE = 0	f <sub>clk</sub> /1,105,920			
	Crystal or external clock, RATE = DVDD	U/138,240			
Output data coding	2's complement	800000	7FFFFFF		HEX
Output settling time <sup>(1)</sup>	RATE = 0	400			ms
	RATE = DVDD	50			
Input offset drift	Gain = 128	0.2			mV
	Gain = 64	0.4			
Input noise	Gain = 128, RATE = 0	50			nV(rms)
	Gain = 128, RATE = DVDD	90			
Temperatura drift	Input offset (Gain = 128)	±6			nV/c
	Gain (Gain = 128)	±5			
Input common mode rejection	Gain = 128, RATE = 0	100			dB
Power supply rejection	Gain = 128, RATE = 0	100			dB
Reference bypass (V <sub>BG</sub> )		1.25			V
Crystal or external clock frequency		1	11.0592 20		MHz
Power supply voltage	DVDD	2.6	5.5		V
	AVDD, VSUP	2.6	5.5		
Analog supply current (including regulator)	Normal	1400			pA
	Power down	0.3			
Digital supply current	Normal	100			pA
	Power down	0.2			

Fuente: (AviaSemiconductor, 2017).



## ANEXO 7 Documentos presentados

"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

Juliaca, 20 de Noviembre del 2023

**CARTA N° 669 -2023 -J-UADI-HCMM-RED-S-SR/J**

Señor(es):

LIC. TERESA RAMOS ROJAS

JEFE DE CONSULTORIOS EXTERNOS DEL – HOSPITAL C.M.M.

PRESENTE.-

**ASUNTO** : PRESENTA A BACHILLER EN INGENIERIA ELECTRONICA, PARA EJECUTAR PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.

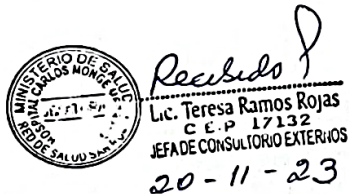
**SOLICITANTE** : Sr. BARTOLOMÉ ROQUE ROQUE

REGISTRO N° 0530820 - 2023

Mediante el presente me dirijo a Ud. para saludarlo cordialmente, así mismo presentarle al bachiller de la Escuela Profesional de INGENIERIA ELECTRONICA de la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO Sr. BARTOLOME ROQUE ROQUE , quien ejecutará el Proyecto de Investigación titulado " DISEÑO DE UN SISTEMA INTELIGENTE PARA OPTIMIZAR LA ATENCION DE TRIAJE CON TECNOLOGIA ARDUINO EN EL HOSPITAL CARLOS MONGE MEDRANO JULIACA 2023" contando con la opinión favorable de las instancia correspondientes, considera procedente para que el interesado obtenga información para el proyecto de investigación, solicito le brinde las facilidades para recabar información.

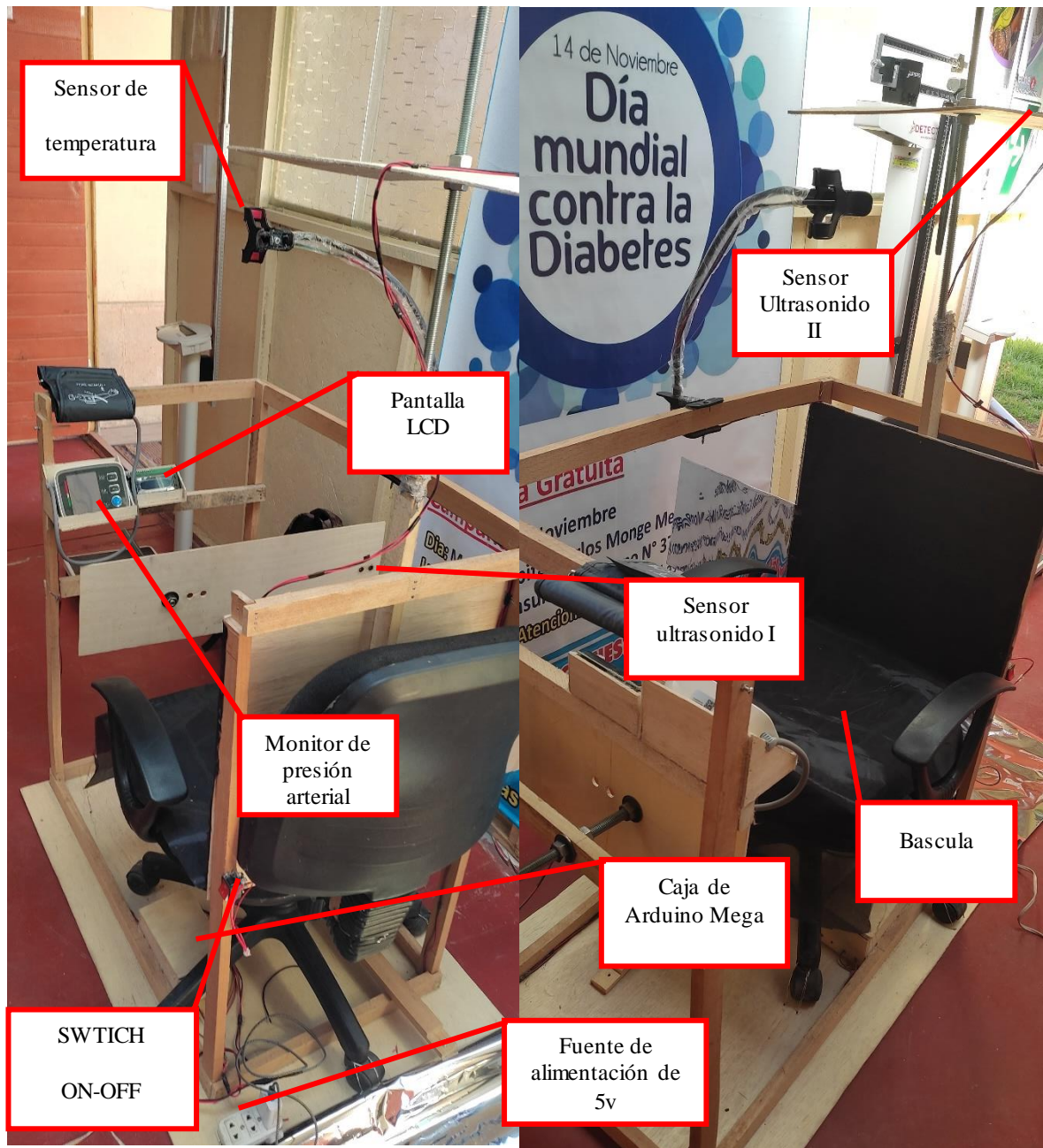
La Unidad de Apoyo a la Docencia e Investigación de la Red de Salud San Román otorga la presente CARTA para que el interesado realice lo solicitado dentro de la Institución a partir de la fecha, al concluir el proyecto deberá dejar un ejemplar para la biblioteca del Hospital.

MPM/ccf  
Cc. Interesado





## ANEXO 8 Panel Fotográfico



**Nota:** El Sistema inteligente Arduino comprende el sillón giratorio cómodo junto con la estructura de madera que se construyó para la colocación de diferentes sensores como: Arduino Mega 2560, Sensor HX711, Sensor MLX 90614, Pantalla LCD 1602, Sensor ultrasónico HC-SR04, Monitor de Presión Arterial digital U80EF. Todo ello, para dar lectura en todo momento, lo que se comprende que una vez enchufado está entregando valores instantáneamente las mismas que se muestran en las pantallas para su recolección inmediata en las fichas de referencia de Triaje.



**Nota:** Se evidencia a las personas del grupo experimental probando el sistema inteligente Arduino de manera satisfactoria. Se puede evidenciar que los pacientes se mostraron en cierto grado sorprendidos por la rapidez en la que se lectura sus signos vitales.



**Nota:** Se evidencia que la jefa del área de Triage la magister Teresa Ramos Rojas probó la efectividad del sistema, dando su visto bueno y mencionando que se incorpore inmediatamente este sistema en su área. Del mismo modo, quedó satisfecha con el fácil uso y precisión.



**Nota:** Se evidencia en el lado izquierdo al grupo control siendo leídos los datos. Fue evidente que este proceso toma más de 5 minutos aproximadamente. Del mismo modo se evidencia al lado derecho al personal de enfermería verificando la precisión de los sensores.



**Nota:** Más allá de sólo los pacientes, el interés total del personal de Triage en utilizar inmediatamente ese prototipo inicial para agilizar este proceso hospitalario. Se mencionó que esto ayudaría significativamente respecto al tiempo y calidad de la atención con los 140 pacientes que diariamente se acerca al Hospital Carlos Monje Medrano de Juliaca.



## ANEXO 9 Acta de Autenticidad



Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Bartolome Roque Roque  
, identificado con DNI 74089823 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA ELECTRONICA  
, informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado

Título Profesional denominado:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA INTELIGENTE PARA OPTIMIZAR  
LA ATENCIÓN DE TRIAJE CON TECNOLOGIA ARDUINO EN EL  
HOSPITAL CARLOS MONGE MEDRANO JULIACA 2023”

” Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 5 de Diciembre del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



## ANEXO 10 Acta de autorización a Repositorio Institucional UNAP



Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

### AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Bartolome Rogue Rogue  
, identificado con DNI 74089823 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA ELECTRONICA

, informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado

Título Profesional denominado:

"IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA INTELIGENTE PARA  
OPTIMIZAR LA ATENCIÓN DE TRIAJE CON TECNOLOGÍA ARDUINO  
EN EL HOSPITAL CARLOS MORGE MEDRANO JULIACA 2023

" Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 5 de Diciembre del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella