



**INTITUTO DE EDUCACION SUPERIOR PRIVADO**

**“IDAT”**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS EN MECATRÓNICA INDUSTRIAL**

**ROBOT AUTÓNOMO PARA ATENCIÓN DE CLIENTES EN UN  
RESTAURANTE**

**Trabajo de aplicación profesional para obtener el título profesional técnico de  
Mecatrónica Industrial**

**WILMER PAUCAR GARAY**

**(0000-0001-7221-6191)**

**Lima-Perú**

**2025**

## Dedicatoria

Este proyecto de Tesis lo dedico a mis queridos padres, con profundo cariño y gratitud, quiero dedicarles estas palabras en mi tesis sobre el proyecto. Vuestra inquebrantable confianza y apoyo continuo han sido el motor que me impulsó a alcanzar este logro. A través de cada línea de código, cada diseño meticuloso y cada prueba rigurosa, sentí vuestro aliento y amor.

En este viaje tecnológico, como un robot mozo automático para atención a clientes en un restaurante que navega por terrenos desconocidos, ustedes han sido mis guías. Vuestra sabiduría y paciencia han sido mi brújula, y vuestro amor incondicional, mi fuente de energía. A medida que el robot se mueve con precisión y elegancia, así también lo hago yo, inspirada por vuestro ejemplo.

A mis queridos padres, que han sido mis pilares y mis alas, les dedico este proyecto. Que este robot mozo, con su avanzada inteligencia artificial y destreza, simbolice la grandeza de vuestro amor y sacrificio. Que cada línea de código sea un tributo a vuestra dedicación y esfuerzo.

En cada giro de rueda y en cada sensor activado, recordaré vuestros abrazos y sonrisas. Este proyecto es nuestro, un vínculo entre la tecnología y el corazón humano. Que el robot mozo, como vosotros, sirva con diligencia y empatía.

Gracias, mamá y papá, por ser mis héroes silenciosos, mis mentores incansables y mis mayores admiradores. Esta tesis es un testimonio de vuestro amor eterno y mi profundo agradecimiento. Que el robot mozo lleve consigo nuestros sueños compartidos y vuestra bendición.

Con amor y gratitud,

Wilmer

## Índice General

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| Índice General                        | 3         |
| Índice de Figuras                     | 15        |
| <b>Generalidades</b>                  | <b>1G</b> |
| Planteamiento Del Problema            | 19        |
| Justificación Del Estudio             | 20        |
| Justificación tecnológica             | 20        |
| Justificación económica               | 20        |
| Justificación de seguridad y confort  | 20        |
| Antecedentes Del Proyecto             | 21        |
| Nacionales                            | 21        |
| International                         | 24        |
| Normas y Reglamentación Internacional | 28        |
| Normas Técnicas Nacionales            | 28        |
| Normas Técnicas Internacionales       | 29        |
| <i>ISO 10218-1 y ISO 10218-2</i>      | 25        |
| <i>ISO/TS 150cc</i>                   | 25        |
| <i>ISO 13482</i>                      | 25        |
| <i>IEC c1508</i>                      | 25        |
| <i>ISO 18457</i>                      | 25        |
| <i>ISO 25553:2017</i>                 | 30        |
| <i>ISO/IEC 27001</i>                  | 30        |

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| Objetivos y Soluciones  | 31                            |
| Objetivos   | 31                            |
| Objetivos Generales   | ¡Error! Marcador no definido. |
| Objetivos Específicos   | 31                            |
| <i>Objetivo Especifico Uno</i>                                | 31                            |
| <i>Objetivo Especifico Dos</i>                                | 31                            |
| <i>Objetivo Especifico Tres</i>                               | 31                            |
| <i>Objetivo Especifico Cuatro</i>                             | 31                            |
| Planteamiento de Soluciones                                   | 32                            |
| Soluciones Alternativas                                       | 32                            |
| <i>Solución 1:</i>  | 32                            |
| <i>Componentes de Hardware para la computadora principal.</i> | 32                            |
| <i>Componentes de software</i>                                | 32                            |
| <i>Lenguajes de programación frameworks y librerías</i>       | 32                            |
| <i>Actuadoras y sensores</i>                                  | 33                            |
| <i>Solución 2:</i>  | 33                            |
| <i>Componentes de software y librerías</i>                    | 33                            |
| <i>Solución 3.</i>  | 33                            |
| <i>Componentes de hardware para la computadora.</i>           | 34                            |
| <i>Componentes de software y lenguaje de programación</i>     | 34                            |
| Solución Elegida y justificación                              | 34                            |
| Ventas y comparativas   | 34                            |

|  |    |
|--|----|
| Planificación de Tiempo y Actividades del Proyecto           | 36 |
| Marco Teórico  | 37 |
| Automatización en la Industria de Servicios                  | 38 |
| Robótica en la Atención al Cliente                           | 38 |
| Marco Conceptual   | 39 |
| <i>Locomoción:</i>   | 35 |
| <i>Interfaz GUI:</i>   | 40 |
| <i>Visión Artificial:</i>                                    | 41 |
| <i>Lenguaje Natural:</i>                                     | 44 |
| Estado de la Tecnología                                      | 44 |
| <i>Inteligencia Artificial (IA) y aprendizaje automático</i> | 44 |
| <i>Robots colaborativos (Cobots)</i>                         | 45 |
| <i>Manipuladores móviles</i>                                 | 45 |
| <i>Automatización en la industria gastronómica</i>           | 45 |
| Teorías y técnicas y Métodos Usados (opcional)               | 45 |
| Memoria Descriptiva  | 46 |
| Descripción General del proyecto                             | 46 |
| Diseño Mecánico General                                      | 48 |
| Diagramas en Bloques del Proyecto                            | 58 |
| Especificación Técnica General                               | 63 |
| <i>Voltaje</i>   | c3 |
| <i>Batería de Litio: 3cV.</i>                                | c3 |

|   |    |
|---|----|
| <i>Autonomía</i>                          | c3 |
| <i>Consumo de Componentes:</i>            | c3 |
| <i>Motores Brushless (x2)</i>             | c3 |
| <i>Computadora principal</i>              | c3 |
| <i>Raspberry Pi 4:</i>                    | c3 |
| <i>ESP32</i>                              | c3 |
| <i>Tiempo de Operación</i>                | c3 |
| <i>Cálculo de Autonomía:</i>              | c4 |
| <i>Potencia</i>                           | c4 |
| <i>Área de Trabajo</i>                    | c4 |
| <i>Dimensiones Totales</i>                | c4 |
| <i>Computadora Principal</i>              | c4 |
| <i>Memoria RAM: 4GB</i>                   | c5 |
| <i>Características Generales</i>          | c5 |
| <i>Componentes Principales:</i>           | c5 |
| <i>Sensores</i>                           | c5 |
| <i>Software:</i>                          | c5 |
| <i>Peso Total del Robot</i>               | c5 |
| <i>Estimación del Peso</i>                | c5 |
| <i>Descripción Técnica de Componentes</i> | 66 |
| <i>Sensor Lidar.</i>                      | cc |
| <i>Motor Brushless</i>                    | c8 |

|   |    |
|---|----|
| <i>Bateria Litio</i>  | 70 |
| <i>Cargador Bateria</i>   | 71 |
| <i>GPU - RTX Nvidia 30 ti</i>                                       | 72 |
|   | 73 |
| <i>CPU - Core i7 Decima Generación</i>                              | 74 |
| <i>Memoria RAM</i>  | 75 |
| <i>Disco Solido M.2.</i>  | 7c |
| <i>Camara</i>   | 78 |
| <i>Cálculos y Consideraciones de Diseño</i>                         | 7S |
| <i>Potencia del Motor Brushless</i>                                 | 7S |
| <i>Cálculo de la Corriente:</i>                                     | 7S |
| <i>Cálculo de la Potencia Total Consumida por el Robot</i>          | 7S |
| <i>Consumo en Movimiento:</i>                                       | 7S |
| <i>Consumo en Reposo</i>  | 80 |
| <i>Cálculo de la Energía Consumida en 1 Hora de Operación Mixta</i> | 80 |
| <i>Consumo durante Movimiento:</i>                                  | 80 |
| <i>Consumo durante Reposo:</i>                                      | 80 |
| <i>Consumo Total en 1 Hora de Operación Mixta</i>                   | 81 |
| <i>Autonomía Total</i>  | 81 |
| <i>Cálculo de la Capacidad de la Bateria</i>                        | 81 |
| <i>Cálculo de la Autonomía</i>                                      | 81 |
| <i>Resumen de Fórmulas Utilizadas</i>                               | 81 |

|  |     |
|--|-----|
| <i>Cálculo de la Corriente del Motor</i>     | 81  |
| <i>Cálculo del Consumo Total de Potencia</i> | 81  |
| <i>Cálculo de la Energía Consumida</i>       | 82  |
| <i>Cálculo de la Capacidad de la Batería</i> | 82  |
| <i>Cálculo de la Autonomía</i>               | 82  |
| Sistema Electrónico                          | 82  |
| <i>Diagramas Electrónicos</i>                | 82  |
| <i>Fuente de Energía</i>                     | 84  |
| <i>Regulación del Voltaje</i>                | 84  |
| <i>Distribución de Energía</i>               | 84  |
| <i>Computadora Principal</i>                 | 85  |
| <i>ESP32</i>                                 | 85  |
| <i>Controladoras de Motores:</i>             | 85  |
| <i>Raspberry Pi 4:</i>                       | 85  |
| <i>Cámaras:</i>                              | 8c  |
| Sistema de Software                          | 87  |
| <i>Diagramas de Flujo y/o Bloques</i>        | 87  |
| <i>Librerías Usadas</i>                      | 54  |
| <i>Firmware y Software</i>                   | 108 |
| <i>Programación</i>                          | 108 |
| Áreas Transversales de Impactos              | 110 |
| <i>Ámbito de Seguridad</i>                   | 110 |

|  |     |
|--|-----|
| <i>Ámbito de Confort</i> _____                           | 111 |
| <i>Ámbito de innovación tecnológica</i> _____            | 112 |
| Análisis de Costos y Presupuestos _____                  | 112 |
| <i>Costo de Equipamiento (hardware y software)</i> _____ | 112 |
| <i>Hardware</i> _____                                    | 112 |
| <i>Componentes</i> _____                                 | 113 |
| <i>Precio unitario</i> _____                             | 113 |
| <i>Cantidad</i> _____                                    | 113 |
| <i>Precio total</i> _____                                | 113 |
| <i>CPU: Intel Core i7 10° generación</i> _____           | 113 |
| 750 _____  | 113 |
| 1 _____  | 113 |
| 1100 _____   | 113 |
| <i>GPU: RTX Nvidia 3090 ti</i> _____                     | 113 |
| 2100 _____   | 113 |
| 1 _____  | 113 |
| 2100 _____   | 113 |
| <i>Memoria RAM: 32GB</i> _____                           | 113 |
| 350 _____  | 113 |
| 1 _____  | 113 |
| 350 _____  | 113 |
| <i>Almacenamiento: Disco Sólido M.2 250GB</i> _____      | 113 |

|  |            |
|--|------------|
| 380  | 113        |
| 1  | 113        |
| 480  | 113        |
| <i>Monitor HDMI</i>                            | 113        |
| 250  | 113        |
| 1  | 113        |
| 250  | 113        |
| <i>Cooler</i>                                  | 113        |
| 480  | 113        |
| 1  | 113        |
| 750  | 113        |
| <i>Total</i>                                   | 113        |
| .....  | 113        |
| 100%   | 113        |
| 5030   | 113        |
| <i>Costo de Recursos de Personal</i>           | 115        |
| <i>Costo de Gestión y Otros</i>                | 11c        |
| <i>Cálculo de Presupuesto</i>                  | 11c        |
| Resultados del Proyecto                        | 117        |
| <b>Operación y Mantenimiento</b>               | <b>125</b> |
| Operación                                      | 125        |
| Consideraciones de Seguridad para la Operación | 125        |

|   |     |
|---|-----|
| <i>Proceso de Carga</i> _____                       | 125 |
| <i>Desconexión del Robot</i> _____                  | 125 |
| <i>Área de Carga Adecuada</i> _____                 | 125 |
| <i>Uso de Equipos Aprobados</i> _____               | 125 |
| <i>Precauciones Durante la Carga:</i> _____         | 125 |
| <i>Monitorear la Carga:</i> _____                   | 125 |
| <i>No Sobrecargar</i> _____                         | 125 |
| <i>Área de Operación</i> _____                      | 125 |
| <i>Áreas Planas</i> _____                           | 125 |
| <i>Espacios Designados:</i> _____                   | 12c |
| <i>Obstáculos y Navegación:</i> _____               | 12c |
| <i>Detección de Obstáculos:</i> _____               | 12c |
| <i>Límites Físicos:</i> _____                       | 12c |
| <i>Seguridad de los Empleados y Clientes:</i> _____ | 12c |
| <i>Mantener Distancia:</i> _____                    | 12c |
| <i>Uso Adecuado:</i> _____                          | 12c |
| <i>Prohibición de Manipulación:</i> _____           | 12c |
| <i>Interacción Controlada:</i> _____                | 12c |
| <i>Inspección Regular:</i> _____                    | 127 |
| <i>Chequeo Previo a la Operación</i> _____          | 127 |
| <i>Reemplazo de Componentes</i> _____               | 127 |
| <i>Componentes Originales:</i> _____                | 127 |

|  |     |
|--|-----|
| <i>Apagado de Emergencia</i> _____                         | 127 |
| Manual de Usuario u Operación de Puesta en Marcha _____    | 128 |
| <i>Configuración del Sistema</i> _____                     | 128 |
| <i>Comandos de Voz:</i> _____                              | 125 |
| <i>Acceso al Servidor Interno del Robot:</i> _____         | 125 |
| <i>Apagar de Emergencia:</i> _____                         | 125 |
| <i>Mesa Cero:</i> _____                                    | 125 |
| <i>Mesa Específica:</i> _____                              | 125 |
| <i>Pedido Atendido:</i> _____                              | 125 |
| <i>Comando de Escaneo:</i> _____                           | 125 |
| <i>Recorrer:</i> _____                                     | 125 |
| <i>Identificación y Escaneo de Mesas</i> _____             | 130 |
| <i>Códigos de Barras en Mesas</i> _____                    | 130 |
| <i>Ingreso del Número de Mesas</i> _____                   | 130 |
| <i>Consideraciones Adicionales</i> _____                   | 130 |
| <i>Duración de la Batería</i> _____                        | 130 |
| Tabla de Causas de Fallos y Solución en la Operación _____ | 131 |
| Procedimiento de Mantenimiento Preventivo _____            | 134 |
| <i>Inspección Visual</i> _____                             | 134 |
| <i>Limpieza</i> _____                                      | 134 |
| <i>Actualización de Software</i> _____                     | 135 |
| <i>Pruebas de Funcionamiento</i> _____                     | 135 |

|  |     |
|--|-----|
| <i>Diagrama Gantt de Mantenimiento Preventivo</i>          | 135 |
| Materiales, Equipos y Herramientas                         | 135 |
| Ficha de Mantenimiento Preventivo                          | 136 |
| Procedimiento de Mantenimiento Correctivo                  | 136 |
| <i>Diagnóstico del Problema:</i>                           | 13c |
| <i>Reparación</i>  | 137 |
| <i>Pruebas Post-Reparación</i>                             | 137 |
| Materiales, Equipos y Herramientas                         | 137 |
| Ficha de Mantenimiento Correctivo                          | 137 |
| Conclusiones   | 139 |
| <i>conclusión Uno</i>                                      | 13S |
| <i>conclusión Dos</i>                                      | 13S |
| <i>conclusión Tres</i>                                     | 13S |
| <i>conclusión Cuatro</i>                                   | 13S |
| Recomendaciones  | 140 |
| <i>Eliminación de la Pantalla</i>                          | 140 |
| <i>Incorporación de Sensores Inductivos</i>                | 140 |
| <i>Mejora en la Navegación:</i>                            | 140 |
| <i>Ampliación de la Capacidad de la Batería</i>            | 140 |
| <i>Integración con Sistemas de Gestión del Restaurante</i> | 140 |
| <i>Implementación de Cámaras Térmicas</i>                  | 140 |
| Referencias Bibliográficas                                 | 141 |

|                |     |
|----------------|-----|
| Anexos         | 142 |
| <i>Anexo 1</i> | 142 |
| <i>Anexo 2</i> | 142 |
| <i>Anexo 3</i> | 142 |
| <i>Anexo 4</i> | 142 |

## Índice de Figuras

|                  |   |    |
|------------------|---|----|
| <b>Figura 1</b>  | Imagen del robot humanoide                        | 22 |
| <b>Figura 2</b>  | Imagen isométrico de la base del Robot humanoide  | 23 |
| <b>Figura 3</b>  | Imagen de reconocimiento de rostro                | 23 |
| <b>Figura 4</b>  | Ejemplo de Villa a Grache                         | 24 |
| <b>Figura 5</b>  | Imagen del borde en profundidad de Villa a Grache | 25 |
| <b>Figura 6</b>  | Modelo de Robot cuadrúpedo                        | 26 |
| <b>Figura 7</b>  | Figura paso a paso del robot                      | 27 |
| <b>Figura 8</b>  | Parte locomotora del robot mozo                   | 40 |
| <b>Figura 9</b>  | Interfaz gráfica del robot mozo                   | 41 |
| <b>Figura 10</b> | Reconocimiento de rostro del robot mozo           | 41 |
| <b>Figura 11</b> | Reconocimiento con yolo nas s1                    | 42 |
| <b>Figura 12</b> | Reconocimeinto con yolo ans s2                    | 43 |
| <b>Figura 13</b> | Reconocimiento con yolo nas s3                    | 44 |
| <b>Figura 14</b> | Frontal y perfil del robot mozo                   | 49 |
| <b>Figura 15</b> | Cotas de la base del robot                        | 50 |
| <b>Figura 16</b> | Partes del robot mozo                             | 51 |
| <b>Figura 17</b> | La carcasa de la base del robot mozo              | 52 |
| <b>Figura 18</b> | Motor brushless del robot mozo                    | 53 |
| <b>Figura 19</b> | Cuerpo case del robot mozo                        | 54 |
| <b>Figura 20</b> | La pantalla del robot mozo                        | 55 |
| <b>Figura 21</b> | Tornillos del robot mozo                          | 56 |
| <b>Figura 22</b> | Imagen Final del Robot Mozo                       | 57 |
| <b>Figura 23</b> | Diagrama de bloques del robot                     | 58 |
| <b>Figura 24</b> | parámetro de rendimiento del LIDAR                | 66 |
| <b>Figura 25</b> | Foto del sensor lidar                             | 67 |
| <b>Figura 26</b> | parámetro eléctrico del LIDAR                     | 67 |
| <b>Figura 27</b> | Definición de Interfaz y de comunicación          | 68 |
| <b>Figura 28</b> | Especificaciones                                  | 68 |
| <b>Figura 29</b> | Foto del motor brushless con sensor hall          | 69 |
| <b>Figura 30</b> | Foto de la batería litio                          | 70 |
| <b>Figura 31</b> | Especificaciones                                  | 71 |
| <b>Figura 32</b> | GPU nvidia 360 ti                                 | 72 |
| <b>Figura 33</b> | Especificaciones                                  | 73 |
| <b>Figura 34</b> | Foto del CPU                                      | 74 |
| <b>Figura 35</b> | Especificaciones del CPU                          | 74 |
| <b>Figura 36</b> | Especificaciones del RAM                          | 75 |

|                  |  |     |
|------------------|--|-----|
| <b>Figura 37</b> | Especificaciones de DSS M.2                          | 76  |
| <b>Figura 38</b> | Foto de la camara                                    | 78  |
| <b>Figura 39</b> | Especificaciones de la cámara                        | 78  |
| <b>Figura 40</b> | Diagrama eléctrica                                   | 82  |
| <b>Figura 41</b> | Diagrama de alimentación                             | 84  |
| <b>Figura 42</b> | Diagrama de control                                  | 85  |
| <b>Figura 43</b> | Diagrama de flujo de la configuración                | 87  |
| <b>Figura 44</b> | Diagrama de flujo de la locomoción                   | 89  |
| <b>Figura 45</b> | Diagrama de flujo de la parte visión por computadora | 91  |
| <b>Figura 46</b> | Diagrama de flujo del servidor                       | 93  |
| <b>Figura 47</b> | Tablas de fallo de encendido y conexión              | 131 |
| <b>Figura 48</b> | Tabla de fallos de cámaras y sensores                | 132 |
| <b>Figura 49</b> | Tabla de fallos de voz y navegación                  | 133 |
| <b>Figura 50</b> | Tabla de fallos de la pantallas                      | 133 |
| <b>Figura 51</b> | Tabla de fallos en QR y nombre                       | 134 |

## **Resumen Ejecutivo**

El proyecto consiste en el diseño y desarrollo de un robot autónomo para la atención de clientes en restaurantes con el objetivo de optimizar el servicio en horas de mayor demanda mediante el uso de tecnologías avanzadas como visión por computadora inteligencia artificial procesamiento de lenguaje natural y navegación autónoma Este robot busca reducir los tiempos de espera mejorar la eficiencia operativa y ofrecer una experiencia innovadora a los clientes y propietarios de restaurantes La industria restaurantera enfrenta problemas de gestión en horarios pico debido a la falta de personal el incremento de costos y la necesidad de un servicio rápido y eficiente La automatización de la atención al cliente a través de un robot mozo puede ser una solución efectiva que garantice un servicio continuo y sin interrupciones

El sistema del robot se basa en hardware de alto rendimiento como una GPU RTX un procesador Intel i7 una Raspberry Pi y un microcontrolador ESP32 integrados con software desarrollado en Python utilizando librerías especializadas como OpenCV YOLO y Flask para la gestión de visión por computadora procesamiento de lenguaje natural y comunicación con la infraestructura del restaurante El robot contará con sensores LIDAR para detectar obstáculos y navegar de manera autónoma un sistema de reconocimiento de voz para interactuar con los clientes una interfaz gráfica para mostrar el menú y recibir pedidos además de motores brushless que garantizarán un desplazamiento preciso y silencioso

La implementación de este robot en un restaurante traerá múltiples beneficios entre ellos la reducción de costos operativos al disminuir la necesidad de personal durante las horas pico el aumento en la satisfacción del cliente al reducir los tiempos de espera y la mejora en la eficiencia operativa al eliminar errores humanos en la toma de pedidos y entrega de alimentos Además su

presencia en el restaurante servirá como un atractivo innovador que mejorará la imagen del establecimiento y aumentará su competitividad en el mercado

Este proyecto busca revolucionar la industria gastronómica en América Latina integrando soluciones tecnológicas avanzadas que faciliten la gestión de los restaurantes y brinden una experiencia de atención moderna eficiente y accesible. La combinación de inteligencia artificial y automatización permitirá que el robot mozo ofrezca un servicio confiable sin fatiga y sin interrupciones asegurando que cada cliente reciba una atención de calidad en cualquier momento del día.