



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO AUTOMATIZADO 4.0
PARA EL EMPAQUETADO DE HUEVOS DE GALLINA
EMPLEANDO UN SISTEMA DE CONTROL NUMÉRICO
COMPUTARIZADO CNC”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Dispositivo Tecnológico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTOR:

DAVIS MOISÉS CÓRDOVA CÓRDOVA

Riobamba – Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO AUTOMATIZADO 4.0
PARA EL EMPAQUETADO DE HUEVOS DE GALLINA
EMPLEANDO UN SISTEMA DE CONTROL NUMÉRICO
COMPUTARIZADO CNC”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Dispositivo Tecnológico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTOR: DAVIS MOISÉS CÓRDOVA CÓRDOVA

DIRECTOR: Dr. GEOVANNY ESTUARDO VALLEJO VALLEJO M.Sc.

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, Davis Moisés Córdova Córdova

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Davis Moisés Córdova Córdova, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 28 de junio de 2022



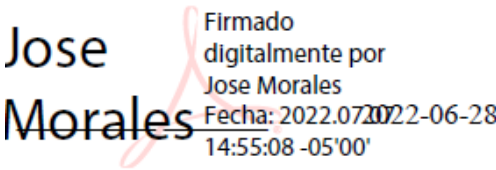


Davis Moisés Córdova Córdova

140074451-0

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; tipo: Dispositivo Tecnológico, “**IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO AUTOMATIZADO 4.0 PARA EL EMPAQUETADO DE HUEVOS DE GALLINA EMPLEANDO UN SISTEMA DE CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO CNC**”, realizado por el señor **DAVIS MOISÉS CÓRDOVA CÓRDOVA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Alexis Fabricio Tinoco Salazar PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 <p>Firmado electrónicamente por: ALEXIS FABRICIO TINOCO SALAZAR</p>	2022-06-28
Dr. Geovanny Estuardo Vallejo Vallejo M.Sc. DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	 <p>GEOVANNY ESTUARDO VALLEJO VALLEJO</p> <p>Firmado digitalmente por GEOVANNY ESTUARDO VALLEJO VALLEJO Fecha: 2022.07.07 09:29:20 -05'00'</p>	2022-06-28
Ing. José Luis Morales Gordón M.Sc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 <p>Jose Morales</p> <p>Firmado digitalmente por Jose Morales Fecha: 2022.07.20 14:55:08 -05'00'</p>	2022-06-28

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a mi madre Claudia Córdova por su amor y su apoyo incondicional, por todos los sacrificios que han hecho para darnos todo lo necesario, por tratar de ayudarme siempre a superar las adversidades que se me han presentado en la vida, ya que sin ella no hubiera logrado mis metas profesionales. A mis hermanos por todo el apoyo y cariño que me han brindado demostrándome que puedo contar con ellos siempre en mis peores y mejores momentos. A mis abuelitos, que me han brindado enseñanza, palabras de apoyo cuando las he necesitado. A mis amigos con quienes compartí grandes momentos en la etapa universitaria que serán recordados por toda la vida.

Davis

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, le doy gracias a Dios por todas las bendiciones que he recibido en el transcurso de mi vida. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por darme la oportunidad de recibir una educación de calidad en tan prestigiosa institución. A los docentes de la carrera de Ingeniería Electrónica y Automatización por todos los conocimientos y consejos que nos han brindado a mí y mis compañeros con la finalidad de hacer de nosotros profesionales exitosos y grandes seres humanos, gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad. Al Dr. Geovanny Estuardo Vallejo tutor de este trabajo por todo el apoyo brindado durante el desarrollo de este trabajo de titulación. También agradezco a toda mi familia por ser mi apoyo fundamental en esta nueva etapa de mi vida, además por inculcar en mí un ejemplo para formarme como hombre de bien. Finalmente, a todas las personas quienes de una u otra forma han hecho posible este logro.

Davis

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xvi
RESUMEN.....	xvii
SUMMARY.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	5
1.1 La industria avícola.....	5
<i>1.1.1 Funcionamiento de una granja avícola de producción de huevos.....</i>	<i>6</i>
<i>1.1.2 El huevo y sus características.....</i>	<i>6</i>
1.2 La industria de empaquetado de huevos.....	7
<i>1.2.1 Proceso de selección de huevos.....</i>	<i>8</i>
<i>1.2.2 Proceso de empaquetados de huevos.....</i>	<i>8</i>
<i>1.2.3 Sistemas de transporte de huevos.....</i>	<i>8</i>
<i>1.2.3.1 Bandas transportadoras.....</i>	<i>9</i>
<i>1.2.3.2 Transportador de rodillos.....</i>	<i>9</i>
<i>1.2.4 Mecanismo empacador.....</i>	<i>10</i>
<i>1.2.4.1 Sistema neumático.....</i>	<i>10</i>
<i>1.2.4.2 Sistema de rodillos.....</i>	<i>11</i>
<i>1.2.4.3 Sistema de acordeón.....</i>	<i>11</i>
1.3 Buenas prácticas de manufactura.....	12
1.4 La industria 4.0.....	12
<i>1.4.1 Industria 4.0 en el Ecuador.....</i>	<i>13</i>
<i>1.4.2 Soluciones inteligentes.....</i>	<i>13</i>
<i>1.4.3 Tecnologías básicas en el que se sustenta la industria 4.0.....</i>	<i>14</i>
1.5 Automatización en la industria.....	15
<i>1.5.1 Tipos de automatización.....</i>	<i>16</i>
1.6 Sistema de control numérico computarizado (CNC).....	17
<i>1.6.1 Ventajas y desventajas del CNC.....</i>	<i>17</i>
<i>1.6.2 Habilidades de un operador CNC.....</i>	<i>17</i>

1.7	Sensores.....	17
<i>1.7.1</i>	<i>Sensores de proximidad fotoeléctricos.....</i>	<i>18</i>
<i>1.7.2</i>	<i>Sensores de proximidad capacitivo.....</i>	<i>19</i>
<i>1.7.3</i>	<i>Sensores de proximidad inductivos.....</i>	<i>19</i>
<i>1.7.4</i>	<i>Sensores de proximidad magnética</i>	<i>20</i>
<i>1.7.5</i>	<i>Sensores mecánicos</i>	<i>20</i>
1.8	Actuadores para el proceso de empaquetados de huevos	21
<i>1.8.1</i>	<i>Actuadores eléctricos y electrónicos</i>	<i>21</i>
<i>1.8.1.1</i>	<i>Motor DC con caja reductora</i>	<i>21</i>
<i>1.8.1.2</i>	<i>Motor a pasos.....</i>	<i>22</i>
<i>1.8.1.3</i>	<i>Servomotor</i>	<i>23</i>
<i>1.8.2</i>	<i>Actuadores neumáticos</i>	<i>24</i>
<i>1.8.2.1</i>	<i>Cilindro neumático.....</i>	<i>24</i>
<i>1.8.2.2</i>	<i>Generador de vacío.....</i>	<i>25</i>
1.9	Control del sistema.....	26
<i>1.9.1</i>	<i>Microcontrolador PIC</i>	<i>26</i>
<i>1.9.2</i>	<i>Raspberry Pi Pico.....</i>	<i>26</i>
<i>1.9.3</i>	<i>Arduino</i>	<i>26</i>
<i>1.9.4</i>	<i>Controlador lógico programable (PLC)</i>	<i>27</i>
<i>1.9.5</i>	<i>Control electroneumático</i>	<i>27</i>
<i>1.9.5.1</i>	<i>Electroválvula 3/2 vías monoestable</i>	<i>28</i>
<i>1.9.5.2</i>	<i>Electroválvula 5/2 vías monoestable</i>	<i>28</i>
1.10	Sistema de comunicación	28
<i>1.10.1</i>	<i>Módulo ESP8266</i>	<i>29</i>
<i>1.10.2</i>	<i>Módulo ESP32.....</i>	<i>29</i>
<i>1.10.3</i>	<i>Diferencia entre ESP8266 y ESP32</i>	<i>30</i>
1.11	Sistema Human Machine Interface (HMI).....	30
<i>1.11.1</i>	<i>Panel táctil</i>	<i>31</i>
<i>1.11.2</i>	<i>Computador.....</i>	<i>31</i>
<i>1.11.3</i>	<i>Display LCD.....</i>	<i>31</i>

CAPÍTULO II

2.	PROPUESTA Y DISEÑO DEL PROTOTIPO	32
2.1	Fase de investigación.....	32
<i>2.1.1</i>	<i>Consolidación general del ACEPS</i>	<i>32</i>
<i>2.1.2</i>	<i>Requerimientos para el diseño del ACEPS</i>	<i>33</i>
2.2	Selección de los componentes de <i>hardware</i> para la construcción del ACEPS	33

2.2.1	<i>Dispositivo de traslación</i>	33
2.2.2	<i>Dispositivo de sujeción</i>	34
2.2.3	<i>Dispositivo de control</i>	35
2.2.4	<i>Dispositivo de transmisión</i>	36
2.2.5	<i>Dispositivos de alimentación</i>	37
2.3	Fase de implementación ACEPS	37
2.3.1	<i>Diagrama de conexión del Arduino Mega</i>	38
2.3.2	<i>Diagrama de conexión de las electroválvulas</i>	39
2.3.3	<i>Diagrama de conexión de los motores paso a paso</i>	40
2.3.4	<i>Diagrama de conexión de los motores con caja reductora</i>	41
2.3.5	<i>Diagrama de conexión de los sensores finales de carrera</i>	42
2.3.6	<i>Diagrama de conexión de los sensores magnéticos</i>	42
2.3.7	<i>Diagrama de conexión de los sensores ópticos y el servo</i>	43
2.3.8	<i>Diagrama de conexión del ESP32</i>	43
2.4	Diseño de PCB	44
2.4.1	<i>Placa controladora del ACEPS</i>	44
2.4.2	<i>Fabricación de la placa PCB del controlador ACEPS</i>	44
2.5	Diseño estructural del ACEPS	46
2.5.1	<i>Banda transportadora de huevos</i>	47
2.5.2	<i>Banda transportadora de cubetas</i>	48
2.5.3	<i>Estructura de soporte CNC</i>	49
2.5.3.1	<i>Estructura de la CNC</i>	50
2.5.4	<i>Estructura del sistema de sujeción</i>	50
2.5.5	<i>Tablero</i>	51
2.5.6	<i>Construcción del ACEPS</i>	52
2.6	Diagrama neumático del sistema de sujeción	53
2.7	Requerimiento de diseño para el software	54
2.7.1	<i>Requerimientos de software del ACEPS</i>	54
2.7.2	<i>Arquitectura de software del ACEPS</i>	54
2.7.3	<i>Herramientas de software</i>	54
2.7.3.1	<i>Software Arduino IDE</i>	54
2.7.4	<i>Desarrollo del código del controlador</i>	54
2.7.5	<i>Desarrollo del código de comunicación Wi-fi</i>	57

CAPÍTULO III

3.	VALIDACIÓN DEL PROTOTIPO	60
----	---------------------------------------	----

3.1	Prueba de colocación de los huevos en la cubeta.....	60
3.2	Prueba del tiempo de funcionamiento en el sistema de sujeción.....	61
3.3	Prueba de tiempo de empaquetado	62
3.4	Prueba de comunicación del ACEPS	63
3.5	Análisis de consumo energético del ACEPS	64

CAPÍTULO IV

4.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	66
4.1	Análisis de costos	66
4.2	Relación de costo	67

	CONCLUSIONES.....	68
--	--------------------------	-----------

	RECOMENDACIONES.....	69
--	-----------------------------	-----------

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Comparativa de las ventajas y desventajas del CNC.....	17
Tabla 2-1:	Características comparativas de proximidad fotoeléctricos.....	19
Tabla 3-1:	Características comparativas de sensores magnéticos.....	20
Tabla 4-1:	Características comparativas principales de motores DC con caja reductora.....	22
Tabla 5-1:	Características comparativas principales de motores a pasos.....	23
Tabla 6-1:	Características comparativas principales de los servomotores.....	24
Tabla 7-1:	Características comparativas principales de generadores de vacío.....	26
Tabla 8-1:	Características principales comparativas entre las tarjetas Arduino.....	27
Tabla 9-1:	Características principales del ESP8266 y el ESP32.....	30
Tabla 1-2:	Selección de los dispositivos de traslación.....	34
Tabla 2-2:	Selección de los dispositivos de sujeción.....	35
Tabla 3-2:	Selección de los dispositivos de control.....	36
Tabla 4-2:	Características técnicas principales del ESP32.....	36
Tabla 5-2:	Características técnicas principales de la fuente de alimentación.....	37
Tabla 6-2:	Especificación de las conexiones de los terminales de entrada del Arduino Mega.....	39
Tabla 7-2:	Especificación de las conexiones de los terminales de salida del Arduino Mega.....	39
Tabla 8-2:	Especificación de las conexiones del sistema de control de las electroválvulas.....	40
Tabla 9-2:	Especificación de las conexiones del motor paso a paso.....	41
Tabla 10-2:	Especificación de las conexiones de los motores con caja reductora.....	42
Tabla 11-2:	Partes que conforma la banda transportadora de huevos.....	48
Tabla 12-2:	Partes que conforma la banda transportadora de cubetas de huevos.....	49
Tabla 13-2:	Partes que conforma la estructura de soporte de la CNC.....	49
Tabla 14-2:	Dispositivos electrónicos que conforman la CNC.....	50
Tabla 15-2:	Elementos que conforman el sistema de sujeción.....	51
Tabla 16-2:	Dispositivos electrónicos y electroneumáticos del sistema de control ACEPS.....	52
Tabla 1-3:	Análisis de colocación de los huevos en la cubeta de 12 unidades.....	61
Tabla 2-3:	Prueba del tiempo de la activación del generador de vacío.....	62
Tabla 3-3:	Tiempo de empaquetado de huevos.....	63
Tabla 4-3:	Comunicación del ACEPS.....	64
Tabla 5-3:	Consumo energético del ACEPS.....	65
Tabla 1-4:	Estudio de costos de componentes del ACEPS.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-0:	Diagrama representativo del proceso de empaquetado de huevos	3
Figura 1-1:	Partes de una banda transportadora	9
Figura 2-1:	Transporte por rodillo.....	10
Figura 3-1:	Sistema neumático empacador	11
Figura 4-1:	Sistema de rodillo.....	11
Figura 5-1:	Empacado de huevos sistema acordeón.....	12
Figura 6-1:	Tecnología sustentable en la industria 4.0	14
Figura 7-1:	Automatización en la industria alimentaria	15
Figura 8-1:	Tipos de sensores	18
Figura 9-1:	Funcionamiento del sensor de proximidad fotoeléctrico	18
Figura 10-1:	Sensores de proximidad capacitivos	19
Figura 11-1:	Sensores de proximidad inductivos	20
Figura 12-1:	Sensores de proximidad magnética	20
Figura 13-1:	Final de carrera con posición en reposo.....	21
Figura 14-1:	Actuadores electrónicos y eléctricos	21
Figura 15-1:	Motores con caja reductor	22
Figura 16-1:	Motores a pasos.....	23
Figura 17-1:	Servomotor.....	23
Figura 18-1:	Actuadores neumáticos.....	24
Figura 19-1:	Cilindro simple efecto y sus partes.....	25
Figura 20-1:	Cilindro de doble efecto	25
Figura 21-1:	Generador de vacío.....	25
Figura 22-1:	Arduino Uno con microcontrolador en formato DIP	27
Figura 23-1:	Electroválvula de 3/2 vías monoestable.....	28
Figura 24-1:	Electroválvula de 5/2 vías monoestable.....	28
Figura 25-1:	Módulo ESP8266	29
Figura 26-1:	Módulo ESP32	29
Figura 27-1:	Sistema HMI	30
Figura 1-2:	Arquitectura de <i>Hardware</i> del ACEPS.....	32
Figura 2-2:	ESP32 de 38 pines.....	36
Figura 3-2:	Fuente de alimentación.....	37
Figura 4-2:	Diagrama de conexión eléctrico del ACEPS	38
Figura 5-2:	Diagrama de conexión del Arduino Mega	38
Figura 6-2:	Diagrama de conexiones de las electroválvulas.....	40

Figura 7-2:	Diagrama de conexión de los motores paso a paso.....	41
Figura 8-2:	Diagrama de conexión de los motores con caja reductora.....	41
Figura 9-2:	Diagrama de conexión de los finales de carrera.....	42
Figura 10-2:	Diagrama de conexión de los sensores magnéticos.....	43
Figura 11-2:	Diagrama de conexión del sensor óptico y el servo.....	43
Figura 12-2:	Diagrama de conexión del ESP32.....	44
Figura 13-2:	Diseño PCB del controlador del ACEPS a) Vista inferior b) Vista superior....	44
Figura 14-2:	Revelado de las pistas a) Vista inferior b) Vista superior.....	45
Figura 15-2:	Limpieza de las pistas a) Vista inferior b) Vista superior.....	45
Figura 16-2:	Placa con mascarilla de soldadura en las pistas a) Vista inferior b) Vista superior.....	46
Figura 17-2:	Proceso final del desarrollo de la placa a) Vista inferior b) Vista superior.....	46
Figura 18-2:	Estructura del ACEPS.....	47
Figura 19-2:	Banda transportadora de huevos.....	47
Figura 20-2:	Elementos de la banda transportadora de huevos.....	47
Figura 21-2:	Banda transportadora de cubeta de huevos.....	48
Figura 22-2:	Vista explosionada de la banda transportadora de cubeta de huevos.....	48
Figura 23-2:	Estructura de soporte de la CNC.....	49
Figura 24-2:	Estructura de la CNC.....	50
Figura 25-2:	Estructura del sistema de sujeción.....	51
Figura 26-2:	Tablero de control del ACEPS.....	52
Figura 27-2:	Estructura final del ACEPS.....	53
Figura 28-2:	Diagrama neumático del sistema de sujeción.....	53
Figura 29-2:	Código de la configuración de motores paso a paso.....	55
Figura 30-2:	Sistema de comunicación Wi-fi.....	57
Figura 31-2:	Código de la creación de la página Web.....	58
Figura 32-2:	Página Web.....	58
Figura 1-3:	Sistema de colocación de los huevos.....	60
Figura 2-3:	Prueba del sistema de sujeción.....	61
Figura 3-3:	Prueba del sistema de empaquetado de huevos.....	62
Figura 4-3:	Prueba comunicación del ACEPS a) Página Web b) Visualización de Display	64
Figura 5-3:	Prueba del consumo energético del ACEPS.....	65

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1:	Principales provincias productoras de huevos.....	5
Gráfico 2-1:	Composición nutricional del huevo	6
Gráfico 3-1:	Resistencia dinámica del huevo	7
Gráfico 1-2:	Diagrama de flujo del sistema de control	56
Gráfico 2-2:	Diagrama de flujo del ESP32.....	59

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** DATOS TÉCNICOS DE TARJETA ARDUINO MEGA 2560
- ANEXO B:** CÓDIGO DE LA CONFIGURACIÓN DE LOS MOTORES PASO A PASO
- ANEXO C:** CÓDIGO UTILIZADO EN LA CREACIÓN DE LA PÁGINA WEB

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

CC:	Computación en la Nube
CMOS:	Semiconductor Complementario de Óxido Metálico
CNC:	Control Numérico Computarizado
DC:	Corriente Directa
EEPROM:	Memoria de Solo Lectura Programable y Borrable Eléctricamente
FAO:	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
HMI:	Interfaz Hombre Máquina
IDE:	Entorno de Desarrollo Integrado
IoT:	Internet de las Cosas
IP:	Protocolo de internet
ISO:	Organización Internacional de Normalización
LCD:	Pantalla de Cristal Líquido
MHCN:	Máquinas de Herramientas de Control Numérico
PLC:	Controlador Lógico Programable
PCB:	Placa de Circuito Impreso
PIC:	Controlador Programable de Interrupciones
SCPM:	Superintendencia de Control del Poder del Mercado
Wi-Fi:	Fidelidad Inalámbrica

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de titulación fue implementar un prototipo automatizado 4.0 para el empaquetado de huevos de gallina empleando un sistema de Control Numérico Computarizado (CNC), para lo cual se analizó trabajos realizados a cerca de las empaquetadoras de huevos aplicada a la industria avícola y a partir de estos se determinó el sistema que más se ajusta. Durante el desarrollo se realizó el diseño e implementación del sistema automatizado de empaquetadora de huevos de gallina (ACEPS), el cual consta de tres secciones; diseño de la estructura, diseño del sistema de empaquetado y diseño del aplicativo. El diseño de la estructura física tiene dos bandas sin fin para el transporte de las cubetas de huevos. Un sistema de sujeción el cual permite levantar y trasladar los huevos desde la banda transportadora hacia la cubeta. Adicionalmente, el prototipo de empaquetado tiene un sistema de control y neumático. Se desarrolló un algoritmo en Arduino IDE para el control de los actuadores, mediante la obtención de los datos de los sensores y la comunicación serial de la tarjeta Wi-fi ESP32. Se diseñó una plataforma Web para la interpretación de la información y transmisión hacia el Arduino Mega2560 para ejecutar el pedido. Para el análisis del desempeño del ACEPS se realizó estudios del consumo de potencia media evaluados tanto en reposo, como en funcionamiento dando como resultado 18W y 26,4 W; un tiempo promedio de 10,27 segundos en el sistema de sujeción y un tiempo de media de empaquetado de 1,35 minutos. Se concluye que el sistema de empaquetado manual tiende a cometer errores, ser más lento, en comparación con el sistema automático ACEPS diseñado. Se recomienda para futuras investigaciones, el desarrollo de un prototipo para desapilar automáticamente cubetas de doce huevos.

Palabras clave: <AUTOMATIZACIÓN>, <INDUSTRIA 4.0>, <INTERNET DE LAS COSAS (IoT)>, <INDUSTRIA AVÍCOLA>, <EMPAQUETADORA>, <CONTROL NUMÉRICO POR COMPUTADORA (CNC)>.

1418-DBRA-UTP-2022



SUMMARY

The objective of the present degree work was to implement an automated prototype 4.0 for the packaging of chicken eggs using a Computerized Numerical Control (CNC) system, for this purpose, works on egg packaging machines applied to the poultry industry were analyzed, and from this, the system that best fits was determined. During the development, the design and implementation of the automated chicken egg packaging system (ACEPS) was carried out, which consists of three sections: structure design, packaging system design and application design. The physical structure design has two endless belts for conveying the egg trays; a clamping system which allows the eggs to be lifted and moved from the conveyor belt to the bucket. Additionally, the packaging prototype has a pneumatic control system. An algorithm was developed in Arduino IDE for the control of the actuators, by obtaining the data from the sensors and the serial communication of the ESP32 Wi-Fi card. A web platform was designed to interpret the information and transmit it to the Arduino Mega 2560 to execute the order. For the analysis of the performance of the ACEPS, studies of average power consumption were carried out, evaluated both at rest and in operation, resulting in 18W and 26.4W; an average time of 10.27 seconds in the clamping system and an average packing time of 1.35 minutes. It is concluded that the manual in the packaging system tends to make mistakes, to be slower compared to the designed ACEPS automatic system. The development of a prototype to automatically unstack trays of 12 eggs is recommended for research.

Keywords: <AUTOMATION>, <INDUSTRY 4.0>, <INTERNET OF THINGS (IoT)>, <POULTRY INDUSTRY>, <PACKAGER>, <COMPUTARIZED NUMERICAL CONTROL>.



Lic. Nelly Padilla P. Mgs.

0603818717

DOCENTE INGLÉS FIE

INTRODUCCIÓN

La avicultura ha sido uno de los campos dentro de la actividad agropecuaria de gran importancia ya que es un trabajo intensivo en mano de obra, en inversiones de infraestructura, en una red de mercadeo amplia y en empresas usualmente integradas verticalmente para competir y obtener ventajas de las economías de escala (INCAE, 1997). La industria avícola necesita automatizar sus procesos, que ayuden a simplificar y ahorrar tiempo y dinero mediante una gestión estratégica de las empresas para implementar tecnologías eléctrica y electrónica (ARANCIBIA, y otros, 2011).

De acuerdo con la Corporación Nacional de Avicultores, en 2016 se produjeron 200 millones de cubetas de 30 unidades cada una, en el país y hasta octubre del 2017 subió el consumo per cápita de huevos de entre 160 y 165 unidades, mientras que antes no superaba los 130 (EL TELÉGRAFO, 2018).

Según el Código de Prácticas de Higiene para los Huevos y los Productos de Huevo, indica que el huevo producido por la gallina debe ser un alimento saludable para el consumo humano, por lo que se debe “usar distintos sistemas de control, recolección y prevención de la contaminación de los huevos” tanto en la formación o en cualquier punto después de la postura (FAO, 2007).

Además, La FAO determina que la recolección, manipulación, almacenamiento y transporte de huevos deben estar bajo la práctica del Código de Prácticas de Higiene para los Huevos y los Productos de Huevo (CAC/RCP 15-2005); sin embargo, todavía existen muchas empresas avícolas que no tienen un adecuado control en la recolección de huevos con manipulación insalubre del producto (FAO, 2007).

Siempre va a existir un mercado diferenciado para la comercialización de huevos, donde el precio lo determina el tamaño y/o peso del huevo; el prototipo que hemos diseñado y construido logra esta caracterización del producto, siempre con la motivación de disminuir los costos de producción en alguno de los procesos que esta actividad requiere; enfocados hacia la automatización de la industria de clasificación, inspección y empaquetado de huevos.

Este trabajo está organizado en cuatro capítulos, el Capítulo I presenta el marco teórico referencial donde la base bibliográfica de la producción e industrialización de empaquetado de huevos, las buenas prácticas de manufactura, la automatización de la industria, la base de la industria 4.0 y los trabajos realizados como el *“Diseño e implementación de un módulo didáctico para clasificación, empaquetado e inspección de huevos aplicando PLC”* elaborado por Gallegos Cristhian y Jarrín Jorge. También, *“Diseño, construcción e implementación de un sistema*

automatizado para el empaquetado de huevos en la empresa GRANPIAVE Cía. Ltda.” elaborado por Martínez Alex y Quinchimba Edwin.

En el Capítulo II: marco metodológico se describe el desarrollo del sistema por etapas desde su concepción y su planificación pasando por los requerimientos del *hardware* y *software*, los elementos principales y auxiliares del prototipo; el esquema de conexión y montaje del mismo. En el Capítulo III se realizan todas las pruebas de validación del sistema, determinamos costos y los resultados obtenidos durante la etapa de validación del prototipo. En el Capítulo IV finalmente, las conclusiones y recomendaciones para futuras investigaciones en la misma línea son presentadas en las dos últimas secciones.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo implementar un prototipo automatizado 4.0 para el empaquetado de huevos de gallina empleando un sistema de control numérico computarizado CNC?

SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

- ¿Qué técnicas y equipos serán lo más adecuado para lograr el empaquetado de huevos de gallina empleando un sistema de control numérico computarizado CNC?
- ¿Cuáles son los requerimientos necesarios para el empaquetado de huevos de gallina empleando un sistema de control numérico computarizado CNC?
- ¿Cuál es el diseño de hardware y software que cumplen con los requerimientos necesarios para el empaquetado de huevos de gallina empleando un sistema de control numérico computarizado CNC?
- ¿Cómo construir un equipo adecuado para lograr el empaquetado de huevos de gallina empleando un sistema de control numérico computarizado CNC?
- ¿Cómo verificar el funcionamiento del empaquetado de huevos de gallina empleando un sistema de control numérico computarizado CNC?

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La importancia de la automatización en la industria avícola radica en el valor que tiene la generación de mayor productividad a nivel industrial bajo los esquemas actuales de competitividad tanto a nivel nacional como mundial. El empaquetamiento de huevos en forma automática reduce el trabajo manual, permitiendo la suavidad en el manejo de los huevos, facilidad de uso y corrección de la punta hacia abajo y reduciendo el tiempo de proceso, lo que implica que exista beneficio económico y social.

El propósito del proyecto es proponer un diseño y la construcción de un módulo didáctico como alternativa para crear un prototipo que empaque de manera correcta colocación y suave manipulación de los huevos en la cubeta sin afectar la calidad de los mismos, los datos obtenidos en el proceso de conteo y empaquetado de huevos son almacenados en una base de datos y enviados a la nube.

JUSTIFICACIÓN APLICATIVA

La esencia del proyecto planteado es implementar un equipo que permita trasladar los huevos desde banda transportadora hasta la cubeta. Se pretende que este dispositivo tenga la capacidad de moverse en las tres coordenadas X, Y, Z para su correcta colocación y suave manipulación de los huevos en la cubeta.

La máquina será capaz de contar y empaquetar huevos de gallina de manera eficaz sin afectar la calidad de estos. Los datos obtenidos en el proceso de conteo y empaquetado de huevos serán almacenados en una base de datos y enviados a la nube. La estructura tendrá contacto directo con los huevos por lo que deberá cumplir normas de manufactura adecuadas.

En la figura 1-0, se muestra un diagrama explicativo de la implementación del prototipo automatizado 4.0 para el empaquetado de huevos de gallina empleando un sistema de control numérico computarizado CNC.

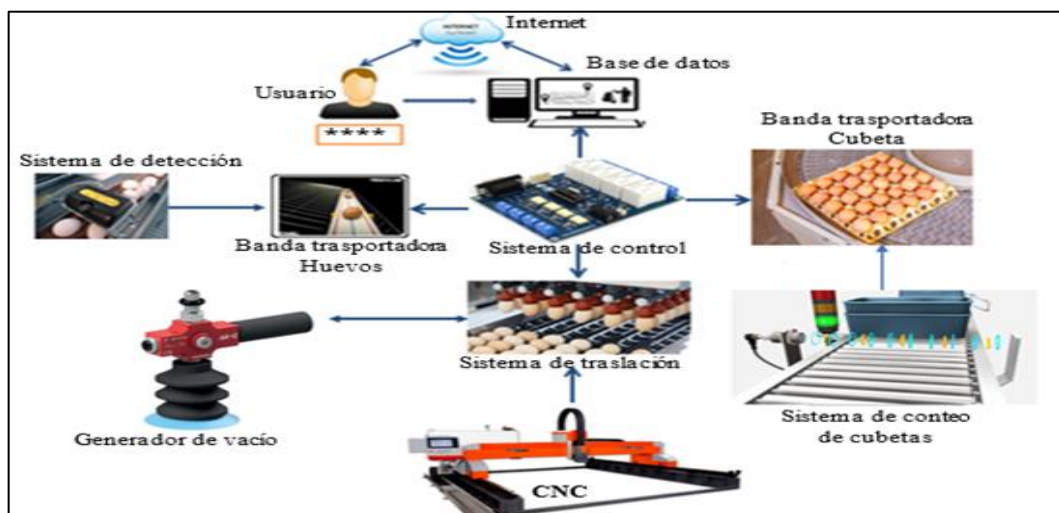


Figura 1-0: Diagrama representativo del proceso de empaquetado de huevos

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

Una vez diseñado y construido se realizarán pruebas de rendimiento, los resultados se documentarán en el presente trabajo. Para finalizar se documentará conclusiones y recomendaciones sobre los objetivos planteado en el actual trabajo.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Implementar un prototipo automatizado 4.0 para el empaquetado de huevos de gallina empleando un sistema de control numérico computarizado CNC.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar que técnicas y equipos que serán los más adecuados para lograr el empaquetado de huevos de gallina empleando un sistema de control numérico computarizado CNC.
- Determinar los requerimientos necesarios para el empaquetado de huevos de gallina empleando un sistema de control numérico computarizado CNC y conceptos de la industria 4.0
- Diseñar el hardware y software que cumplen con las funciones requeridas para el empaquetado de huevos de gallina empleando un sistema de control numérico computarizado CNC y conceptos de la industria 4.0
- Construir un equipo adecuada para lograr el empaquetado de huevos de gallinas de acuerdo con los requerimientos y especificaciones de diseño.
- Verificar el funcionamiento adecuado del sistema de control numérico computarizado CNC 4.0 durante el empaquetado de huevos de gallina.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

En el presente capítulo se realiza el estudio de los fundamentos teóricos más importantes que sustentan todos los campos necesarios para el desarrollo del prototipo.

1.1 La industria avícola

La industria avícola está formada por una cadena que comienza con el cultivo y comercialización de materias primas, seguido de la producción de alimento balanceado, la crianza de aves, el procesamiento, la distribución, el transporte, la comercialización, el valor agregado y la exportación (RODRÍGUEZ, 2009). Dentro de cada uno de estos segmentos existen varios círculos humanos, y alrededor de esto existen varios servicios, tales como financieros, proveedores de insumos, asesoría técnica e investigativa, quienes, directa o indirectamente dependen de esta actividad (MAÑAY VIQUE, 2015).

En el Ecuador, la industria avícola concentra a numerosas empresas dedicadas a la producción pecuaria de aves de corral, se encuentran pequeños, medianos y grandes productores de aves principalmente pollo broiler destinado al consumo, entre las principales empresas que desempeña su actividad en la industria avícola se encuentran: Pronaca, Avícola San Isidro, Avitalsa, Integración Avícola Oro, Proavicea, Incubandina, Indaves, Avirico, Sierra Fértil (TAPIA, 2017).

El Instituto Nacional de Estadística y Censos, en el Ecuador, se producen 38.531.359 de huevos de gallina semanalmente, de los cuales el 91,84% de la producción nacional se destina a las ventas, el 8,04% son destinos a la incubación y el 0,12% al autoconsumo (INEC, 2018). Las principales provincias que se dedican a la producción de huevos como se aprecia en el gráfico 1-1 son: Tungurahua el 38%, Noroeste el 4%, Pichincha el 47%, Guayas el 2%, Manabí el 3%, Chimborazo el 3% y el resto del país el 3%, (TAPIA, 2017).

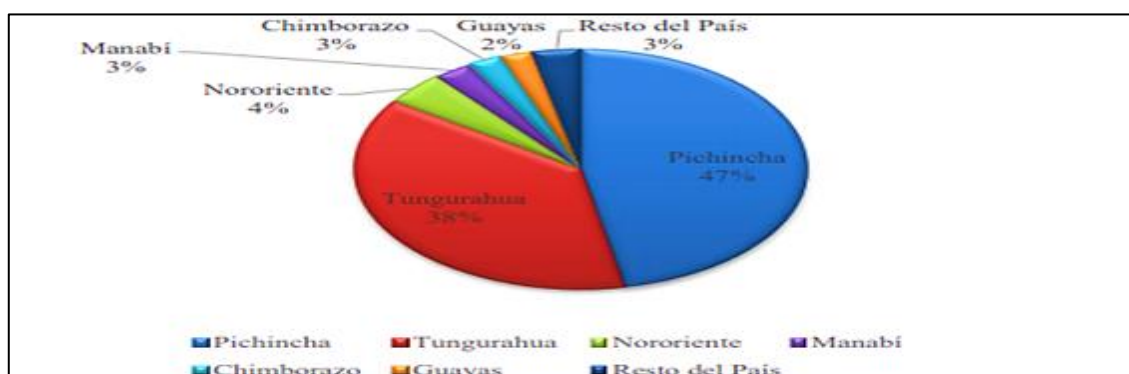


Gráfico 1-1: Principales provincias productoras de huevos

Fuente: (SCPM, 2020)

1.1.1 Funcionamiento de una granja avícola de producción de huevos

En el caso de la producción de huevos de gallina, existen aves especializadas en producirlos denominadas “ponedoras”. Las crían y engordan y cuando están listas entran a su vida productiva, que dura más o menos 14 meses. Una ponedora produce hasta 26 huevos al mes y éstos son infértiles ya que a nivel comercial las hembras no tienen contacto con gallos y no son fecundadas, por lo que son adecuados para el consumo humano (MONTIEL, 2015).

Según un estudio del “Sistema de información de diversidad de animales domésticos” (DAD/Domestic Animal Diversity Information System) que es un departamento dependiente de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura/ Food and Agriculture Organization of the United Nations) existen en el mundo 2629 familias de gallinas. Se menciona que las líneas o razas de gallinas ponedoras son: Babcock Brown, Hy-Line Brown, Isa Brown; dependiendo del manejo este tipo de gallinas puede llegar a producir hasta 300 huevos al año (TOSCANA, 2019).

1.1.2 El huevo y sus características

Los huevos son la fuente de proteína más apreciados en el mercado en relación con carne de otro origen animal, por su diversidad de nutrientes que destaca en el huevo y su aporte energético es moderado, debido a que su contenido graso es también razonable, como se observa en el gráfico 2-1. Si comparamos con otros alimentos proteicos a los que puede sustituir en la dieta, el huevo es un alimento muy aconsejable (SASTRE GALLEGO, 2002).

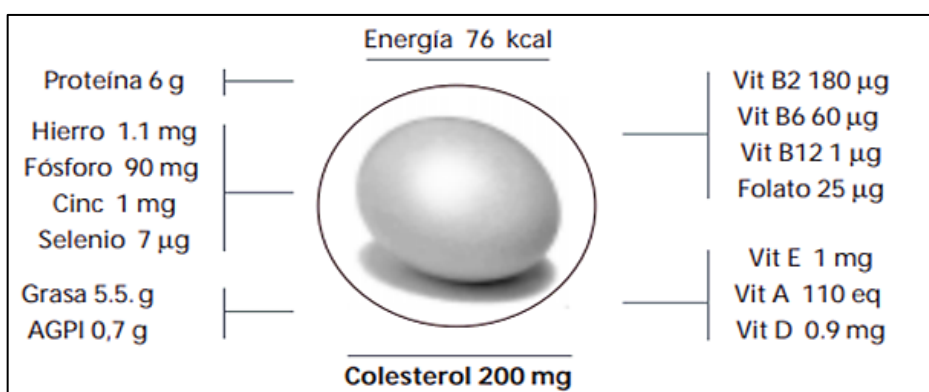


Gráfico 2-1: Composición nutricional del huevo

Fuente: (SASTRE GALLEGO, 2002)

La calidad integral del huevo en la ponedora moderna, es un proceso multifactorial de: genética, nutrición, salud-bienestar y manejo-ambiente que se refleja en su presentación e integridad de su propio empaque; ya que se ha desarrollado una mejora sustancial en características como: peso del huevo, calidad de la cáscara y calidad interna del producto (AVICOL GENÉTICA ANIMAL, 2019).

Como se indica en el gráfico 3-1, se observa medidas múltiples de calidad de cáscara para selección de ponedoras donde aplican: pruebas de deformación, resistencia al quebrado y prueba de dureza dinámica en base a vibraciones (AVICOL GENÉTICA ANIMAL, 2019).

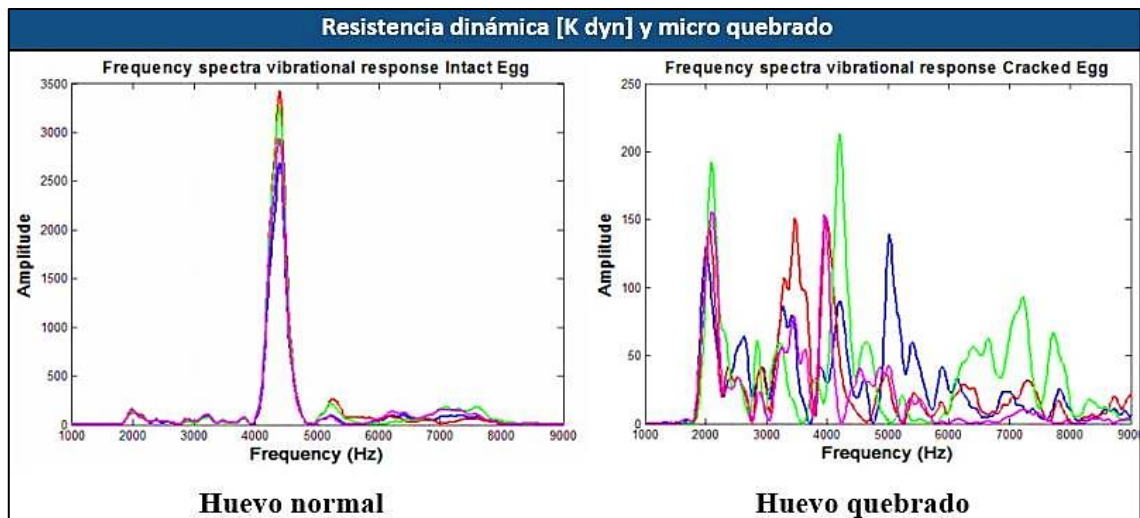


Gráfico 3-1: Resistencia dinámica del huevo

Fuente: (SCPM, 2020)

En un corte perpendicular de un huevo permite diferenciar nítidamente sus partes: la cáscara, la clara o albumen y la yema, separadas entre sí por medio de membranas que mantienen su integridad (CONTRERAS, 2019). Es sustancial tener en cuenta la estructura del huevo para comprender cómo debe ser tratado con el fin de garantizar la máxima calidad y seguridad de este alimento.

La cáscara supone un 9% del peso del huevo y se compone de carbonato cálcico (94%), carbonato magnésico (1%), fosfato cálcico (1%) y materia orgánica (4% de proteína). Su color depende de la presencia de un pigmento compuesto por ovo porfirinas, ligado a la raza de la gallina. En su zona hay numerosos poros (entre 7,000 y 15,000) que facilitan el intercambio gaseoso entre el interior y el exterior del huevo (ALIMENTACIÓN, 2019).

1.2 La industria de empaquetado de huevos

Se debe considerar muchos aspectos como: tamaño del producto, fragilidad, tipo de empaque, tiempo que requerirá estar empaquetado, transporte, manipulación, etc. Es decir, desde la recolección del huevo en granja, hasta la ubicación en la tienda, las estanterías de huevos empaquetados según su tamaño son algo común en todas partes, sin embargo, el trayecto de estos huevos hasta la tienda, se supone un gran esfuerzo relacionado con el avance de la tecnología de computación (NORTON, 2000).

En las empresas industriales la selección del huevo se realiza en un sistema automatizado en donde se garantiza la calidad, eliminando huevos sucios (heces, sangre, piojos); en ese proceso se separan huevos por tamaño y peso (PIEDRAFITA, 2004). Granjas de baja o media producción realizan la clasificación de huevos manteniendo un estándar de acuerdo a la edad de las gallinas por galpón, manteniendo así un promedio en las cubetas.

Al salir los huevos de la granja, lo primero es limpiarlos para remover cualquier suciedad de la superficie a medida que avanza en la cinta transportadora, los rodillos alinean los huevos de forma que todos apuntan en la misma dirección. Una ducha de agua hirviendo rica en ozono mata las bacterias de la superficie y cualquier suciedad es eliminada (MARTÍNEZ, 2016). La cascara es examinada para identificar la suciedad remanente, alternar luz roja y azul permite que los sensores del computador identifiquen los huevos que aún tienen la cascara sucia (GALLEGOS, y otros, 2013).

1.2.1 Proceso de selección de huevos

Luego los huevos son inspeccionados para detectar grietas, mediante usos de diminutos martillos golpean suavemente cada huevo en 16 sitios distintos a medida que pasa por el transportador, la diferencia de sonido entre estos golpes avisa al computador si un huevo está roto, este método tiene una efectividad de un 95%, que son imperceptibles al ojo humano, esta revisión es seguida por una esterilización con luz ultravioleta (GOBIERNO DE ARAGÓN, 2006). Se inspecciona el interior de los huevos con luz de diferente longitud de onda, que revela sustancias extrañas o manchas de sangre, los huevos que fallaron con las inspecciones anteriores son rechazados (GOBIERNO DE ARAGÓN, 2006).

1.2.2 Proceso de empaquetados de huevos

El envase para huevo es construido de un material de cartón o maple para huevos y estos permite proporcionar protección, temperatura ideal y la cantidad exacta de luz a una cantidad determinada de huevos, además, los protege de ciertas partículas ambientales. Estos envases tienen diferentes tamaños, dependiendo del número de huevos que se desee empaquetar (BARAJA, 2017).

1.2.3 Sistemas de transporte de huevos

El uso de las máquinas de transporte continuo está ampliamente difundido en nuestro ambiente, la industria actual no podría subsistir sin ellas a partir del aumento de los planes de producción, capacidades de las plantas y la demanda creciente (ECURED, 2015). Existen diferentes sistemas de transporte de productos en una industria, pero en la industria de procesamiento del huevo, se describe a las siguientes:

1.2.3.1 Bandas transportadoras

Las bandas transportadoras también se nombran cinta transportadora, es una técnica de transporte continuo conformado por una banda que se desplaza entre dos rodillos (ECURED, 2015). Los transportadores de banda como se observa en la figura 1-1, son construidos generalmente de la misma forma: con un bastidor metálico, con rodillos en los extremos y una cuna de deslizamiento sobre chapa de plástico de baja fricción (ECURED, 2015).

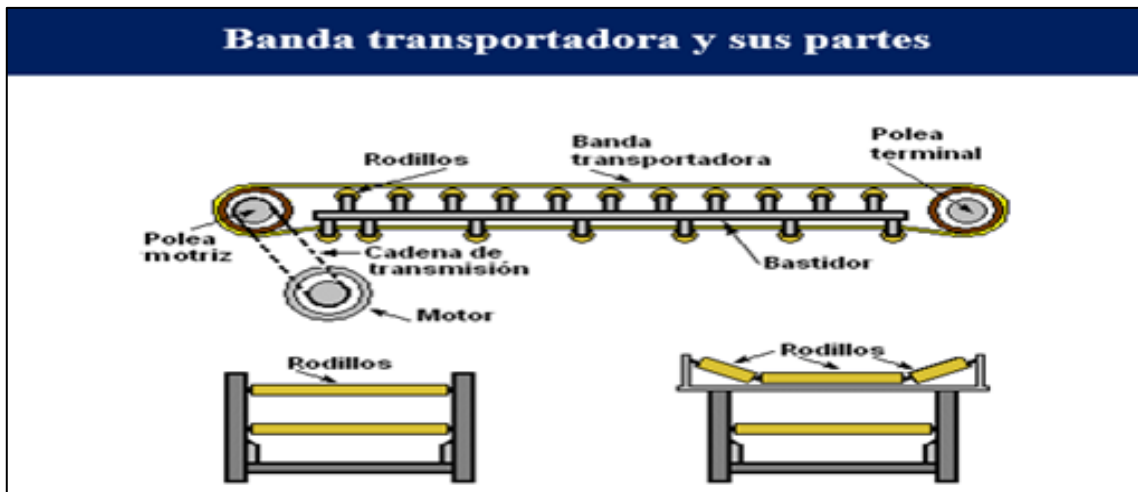


Figura 1-1: Partes de una banda transportadora

Fuente: (MOTOREX, 2020)

Cuando se tiene productos demasiado pesado, la cama metálica es reemplazada por rodillos que acceden que los objetos sean transportados reduciendo la fricción generada sobre la banda (MARTÍNEZ, y otros, 2016). Los transportadores de banda pueden ser fabricados con secciones curvas y deben ser elegidas de acuerdo con la disponibilidad en el mercado y al tipo de alimento con el que tendrá contacto; entre las que podemos mencionar son:

- **Cintas transportadoras PVC P22-76:** Es una tela rígida fácil de conseguir en el mercado.
- **Cinta transportadora C07JF:** Idónea para transportar huevos ya que tiene una cubierta superior de fieltro, es impermeable y resistente; su desventaja es su rigidez.
- **Cinta transportadora UPRO213W:** Es una cinta para alimentos de fibras flexibles y fácil de conseguir en el mercado; pero su limpieza es difícil y es de costo elevado.

1.2.3.2 Transportador de rodillos

Son equipos de transporte continuo que emplean rodillos metálicos para la transportación de la carga como se observa en la figura 2-1, se usan para el manejo de materiales tales como: cajas, tarimas, llantas, tambos, paquetes, etc. dentro de una gran variedad de procesos industriales siempre y cuando que cumplan la condición de contar con un fondo regular (GUERRA, 1993).

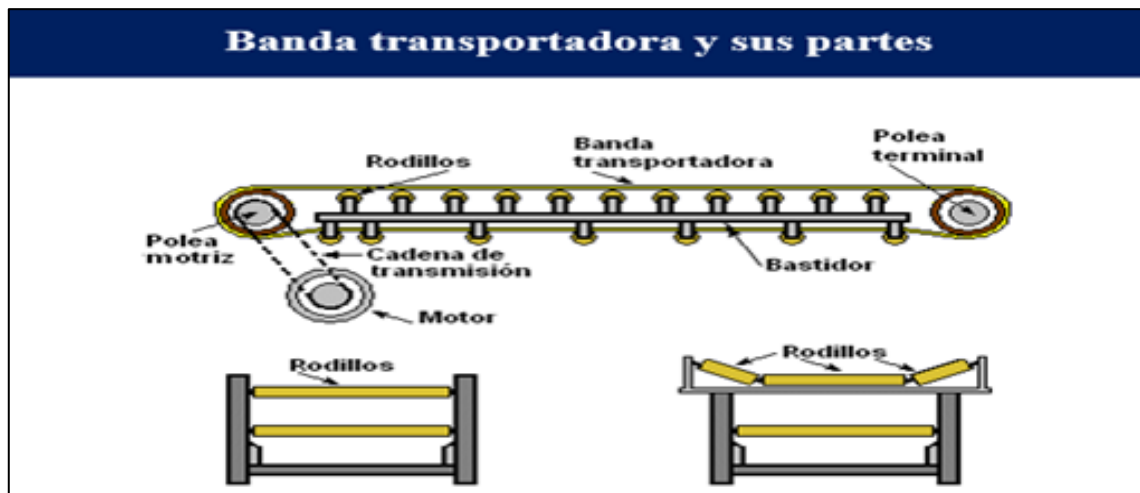


Figura 2-1: Transporte por rodillo

Fuente: (INTECHLLC, 2020)

En lo general utiliza de una estructura metálica y sobrellevan los rodillos que son los encargados de transportar los objetos o piezas de un extremo al otro, son similares al Transportador de Banda con la diferencia que los rodillos están más cercanos uno de otros, que no utilizan banda y pueden o no contar con un sistema moto reductor (ECURED, 2015).

1.2.4 Mecanismo empacador

Existe 3 tipos de mecanismos de empaquetadoras de huevos que son los siguientes: Sistema Neumático, Sistema de rodillos, Sistema de acordeón (SPOTTS, 2003).

1.2.4.1 Sistema neumático

El sistema neumático permite una regulación de velocidades y fuerzas de manera continua, aunque mucho depende de la potencia del compresor o bomba de vacío (MARTÍNEZ , y otros, 2016). El sistema neumático cabe destacar la limpieza en el mismo, cuando se producen fugas de aire, no representa un mayor grado de contaminación para el sistema (SPOTTS, 2003).

En esta aplicación es necesario la construcción de un mecanismo que acoplar una matriz que será la encargada de levantamiento y colocación de los huevos en la cubeta. En la figura 3-1. Se observa sistema neumático empacador y su funcionalidad dentro del proceso de envasado, embalado y etiquetado en el diagrama de flujo de procesos.



Figura 3-1: Sistema neumático empacador

Fuente: (PASREFORM, 2020)

1.2.4.2 Sistema de rodillos

Este sistema de rodillos me permite un control de empaquetado preciso y sencillo, con ajuste de velocidad. En la figura 4-1, podemos conocer el diagrama gráfico de un sistema de rodillos que permite el transporte de los huevos en una forma segura y fácil hacia el otro punto del proceso; este sistema es instalado en varias áreas de procesos desde la recepción del producto hasta el empacado (GALLEGOS, y otros, 2013).

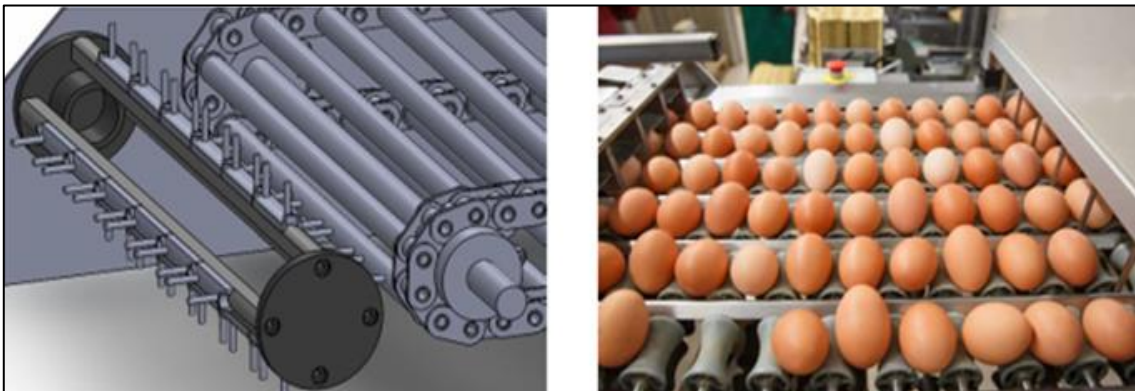


Figura 4-1: Sistema de rodillo

Fuente: (EL TELÉGRAFO, 2018)

1.2.4.3 Sistema de acordeón

Este permite un empaquetado de huevos con la punta hacia abajo al utilizar un flujo natural y la fuerza de gravedad para mover directamente los huevos hacia el sistema de empaquetado (MARTÍNEZ , y otros, 2016). En la figura 5-1, podemos observar el sistema acordeón, este sistema permite el empaquetado de los huevos en cubetas de cartón para ser almacenados y posteriormente transportados a su lugar de destino, siendo un sistema semiautomático (SPOTTS, 2003).



Figura 5-1: Empacado de huevos sistema acordeón

Fuente: (PASREFORM, 2020)

1.3 Buenas prácticas de manufactura

Son todos los procedimientos básicos necesarios para la obtención de productos seguros para el consumo humano, que se concentran en la higiene y forma de operación de los productos (Buzzi 2010). La aplicación de Buenas Prácticas de Manufactura reduce significativamente el riesgo de presentación de toxi-infecciones a la población consumidora al protegerla contra contaminaciones, ayudando a formar una imagen de calidad y reducir las posibilidades de pérdidas de productos al mantener un control preciso y continuo sobre edificaciones, equipos, personal, materia prima y procesos (AVENDAÑO, 2013).

La resolución técnica N° 17 de AGROCALIDAD, emitida el 19 de marzo de 2013, resuelve aprobar la “Guía de Buenas Prácticas Avícolas”, que comprende el conjunto de prácticas y procedimientos productivos que se orientan a garantizar la calidad, inocuidad, protección del ambiente y la salud de los trabajadores agropecuarios (MGAP, 2013). Dentro de las buenas prácticas de manufacturan están las Buenas Prácticas avícolas implican el conocimiento y registro de todo el proceso de producción que se denomina trazabilidad de los productos, además involucra el mejoramiento de las instalaciones y equipos (AFABA, 2015).

Las normas ISO determinan que la inocuidad de los alimentos es una particularidad de calidad esencial que incluye acciones encaminadas a garantizar la máxima seguridad, abarcando toda la cadena de alimentación, desde la producción hasta el consumo (FAO, 2007).

1.4 La industria 4.0

El término industria 4.0 también llamado: “Fábrica Inteligente” o "Internet industrial", es un nuevo modelo de organización y de control de la cadena de valor a través del ciclo de vida del producto y a lo largo de los sistemas de fabricación apoyado por las tecnologías de la información, este término es muy utilizado en Europa, pero es la iniciativa alemana “Industria 4.0”, aunque en

Dinamarca, Estados Unidos, Reino Unido o Corea del Sur también desarrollan sus estrategias de fabricación inteligente (DEL VAL, 2015a).

1.4.1 Industria 4.0 en el Ecuador

En Julio de 2018 se presentó el denominado Libro Blanco de la Sociedad de la Información y el Conocimiento que incluye el desarrollo de la Industria 4.0 por parte del Ministerio de Telecomunicaciones de Ecuador, donde se implementó tecnología en diferentes aspectos como: conectividad, software, capacitación, uso de tecnologías emergentes, gobierno electrónico, entre otros (GRANDA, 2020).

Según la Senescyt, en Ecuador el 1,88% del Producto Interno Bruto se invierte en innovación y tecnología. Entonces, la industria 4.0 representa un gran desafío y al mismo tiempo una inmensa cantidad de oportunidades para desarrollarse. Sin embargo, en Ecuador aún existen importantes brechas digitales que deben abordarse con prioridad y una de ellas es la educación para apoyar el desarrollo que conlleva la cuarta revolución industrial (TIRADO, 2021).

1.4.2 Soluciones inteligentes

Anterior a la cuarta revolución, la expansión de la electrónica y la informática en los procesos industriales accedió automatizar las líneas de producción y que las máquinas sustituyeran a las personas en tareas repetitivas, luego aparecieron dos décadas de acelerados avances en la tecnología de Internet han producido un impacto fundamental en la economía y en la sociedad (DEL VAL, 2015a).

La convergencia de la tecnología de la información con la tecnología sensorial y la robótica está transformando la Internet tradicional (información y personas) en la Internet de las cosas (IoT) y este nuevo escenario aplicado a la industria ha producido un impacto disruptivo en la misma, abriendo un escenario de grandes oportunidades basadas en el uso de tecnologías de la información (DEL VAL, 2015a).

Los dispositivos inteligentes se determinan por tener componentes electrónicos, *software* integrado y conectividad que, en conjunto, les brindan nuevas características, capacidades y funciones. Se denominan sistemas ciberfísicos (CPS) y son los "habitantes" del ecosistema de Internet de las cosas (IoT) (DEL VAL, 2015a). Estos mismos dispositivos también se aplican no solo a los productos sino también a las máquinas que los fabrican, los sistemas ciberfísicos (CPS), que componen la "Smart Factory" (ZAMBRANO, 2015).

1.4.3 Tecnologías básicas en el que se sustenta la industria 4.0

Las tecnologías clave en que se respalda la industria 4.0 como se indica en la figura 6-1, son las que disponen el currículo del ingeniero en informática lo que le hace el profesional más competente para liderar esta revolución.

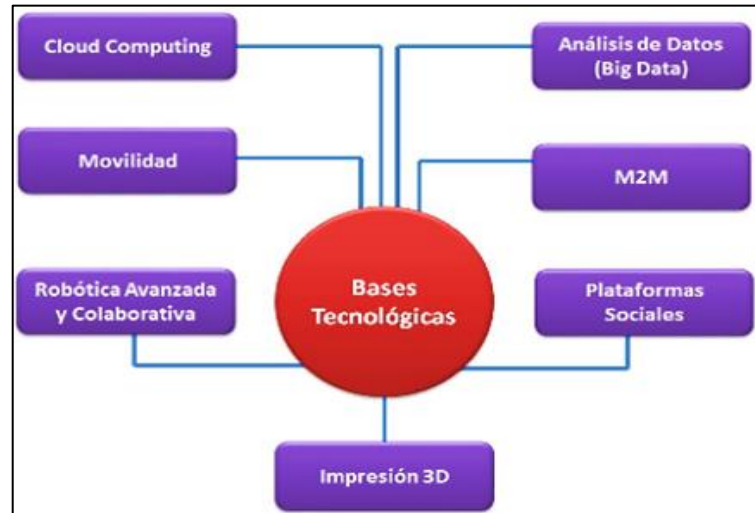


Figura 6-1: Tecnología sustentable en la industria 4.0

Fuente: (DEL VAL, 2015a)

- **Cálculos en la nube (Cloud Computing):** La nube tiene aplicaciones e infraestructuras dadas como servicio a través de redes públicas o privadas, a menudo en modelo de pago por uso. Los productos y sistemas inteligentes (CPS y CPPS) crearán enormes cantidades de datos a almacenar y procesar que deben ser accesibles on-line desde cualquier lugar (DEL VAL, 2015a).
- **El análisis de datos (Big Data):** Permite identificar patrones e interdependencia, encontrar ineficiencias e incluso predecir inventos futuros (DEL VAL, 2016b).
- **Comunicaciones móviles y la comunicación M2M:** Las tecnologías móviles, internet móvil, son la base de IoT. El etiquetado de objetos y la comunicación M2M permiten un entorno de producción conectado en el que sistemas y productos se comunican entre sí, con ello se hace posible la captura de datos, la coordinación de los CPPS y el despliegue de servicios remotos y todo ello en tiempo real y de manera presente (DEL VAL, 2016b).
- **Robótica avanzada y colaborativa:** Los progresos de la inteligencia artificial ha permitido crear robots más autónomos, flexibles y cooperativos que tendrán capacidad de trabajar con seguridad junto a los seres humanos (DEL VAL, 2016b).
- **Plataformas sociales:** La comunicación en los ambientes industriales se verá con una interacción más dinámica que ayude la colaboración y la innovación, las redes sociales facilitando la fabricación bajo demanda y proporcionará información de los clientes (DEL VAL, 2015a).

- **Impresora 3D.**- Tiene la facilidad de producir objetos tridimensionales a partir de un modelo virtual, permitiendo crear prototipos personalizados y una producción dispersada (DEL VAL, 2015a).

1.5 Automatización en la industria

La automatización es la implementación de sistemas o elementos computarizados, electromecánicos, electroneumático, electrohidráulicos con tecnologías inteligentes para operar las maquinarias y controlar la producción, con mínima intervención de la operación humana en trabajos que requieren un esfuerzo mayor o representan un riesgo para la salud y el bienestar de los trabajadores, o una probable escasez de mano de obra (RUÍZ, 2010a).

Dentro de la industria, la automatización busca mejorar el tiempo de procesos y la optimización de costos de producción hacerlos más avanzados por lo cual es un aspecto muy atractivo para la industria actual por los muchos beneficios que esta representa; La automatización como se muestra en la figura 7-1, se puede aplicar en muchas industrias entre las que se menciona a continuación: En la industria textil, Industria electrónica, Industria automotriz, Industria agrícola y entre otras industrias (TORRES, 2015).



Figura 7-1: Automatización en la industria alimentaria

Fuente: (INTEREMPRESAS, 2018)

En la actualidad existe un ambiente de grandes representaciones e incertidumbre, mucho de esto se da por los rápidos cambios de la tecnología actual, pues estos no permiten asimilarla en forma adecuada, de modo que es muy difícil sacar su mejor provecho (RUÍZ, 2010a). También surgen cambios rápidos en el orden económico y político los cuales en sociedades como la nuestra (países en desarrollo) inhiben el surgimiento de soluciones autóctonas o propias para nuestros problemas más fundamentales (BOON, y otros, 1991).

Entre todos estos cambios uno de los de mayor influencia lo será sin duda el desarrollo de las nuevas políticas mundiales de mercados abiertos y globalización. Todo esto habla de una libre competencia y surge la necesidad de adecuar nuestras industrias a fin de que puedan satisfacer el reto de los próximos años (RUÍZ, 2010a).

La automatización tiene múltiples objetivos, entre los que se encuentran (PIEDRAFITA, 2004):

- Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costos de producción y mejorando su calidad.
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, eliminando el trabajo duro y aumentando la seguridad.
- Realizar operaciones que no se pueden controlar manual o manualmente.
- Mejorar la disponibilidad de productos, pudiendo suministrar las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Simplifique el mantenimiento para que el operador no requiera un conocimiento extenso para manipular el proceso de producción.

1.5.1 Tipos de automatización

Existen 5 formas de automatizar en la industria moderna, de manera que se corresponderá examinar cada entorno a fin de decidir educadamente el esquema más conveniente. Estos son (RUÍZ, 2010a), (EMPRESAS SMART, 2020), (PIEDRAFITA, 2004):

- **Control automático de procesos:** Es la gestión de procesos de diversos tipos de cambios (generalmente caracterizados por químicos y físicos); un ejemplo de esto podría ser el proceso de refinación de petróleo.
- **El procesamiento electrónico de datos:** Se relaciona comúnmente con los sistemas de información, centros de cómputo, etc. Sin embargo, en la actualidad también se considera dentro de esto la obtención, análisis y registros de datos a través de interfases y computadores.
- **La automatización fija:** Es asociado al uso de sistemas lógicos, tales como: sistemas de relés y puertas lógicas; Sin embargo, estos sistemas se han flexibilizado introduciendo algunos elementos de programación. Entre los equipos más utilizados para este tipo de automatización se encuentran las máquinas de control numérico, los robots y los controladores lógicos programables que permite cambiar o reprogramar la secuencia de operación, usando *software*, para incluir variaciones de producto .
- **El control numérico computarizado:** Tiene un mayor nivel de flexibilidad, este tipo de control se ha aplicado con éxito a Máquinas de Herramientas de Control Numérico (MHCN), entre las MHCN podemos mencionar: Fresadoras CNC; Tornos CNC, Máquinas de Electro erosionado, Máquinas de Corte por Hilo, etc.
- **La automatización flexible:** El mayor grado de flexibilidad en las técnicas de automatización se encuentra en los Robots Industriales, que se conocen genéricamente como "Células de Fabricación Flexibles", diseñados para un nivel de producción medio. La flexibilidad se describe como la capacidad del equipo para soportar cambios en el diseño y

configuración del producto, reduciendo así los costos para las empresas, un ejemplo de este sistema de automatización son los vehículos guiados automáticamente.

1.6 Sistema de control numérico computarizado (CNC)

Uno de los elementos considerados dentro del resurgimiento de la automatización son la Máquinas de Herramientas de Control Numérico Computarizado, las cuales ofrecen algunas ventajas adicionales que es importante considerar detenidamente, que es el propósito de este escrito (MARTINO, 1979).

La C.N.C. se refiere al control numérico de máquinas diseñadas para obedecer instrucciones de un programa específico a través de un computador con un proceso que tiene los siguientes elementos: Programación, Interface, y maquinas CNC (RUÍZ, 2010a).

1.6.1 Ventajas y desventajas del CNC

Las máquinas herramientas con Control Numérico Computarizado tienen las siguientes ventajas e inconvenientes, como se indica en la tabla 1-1.

Tabla 1-1: Comparativa de las ventajas y desventajas del CNC

Ventajas	Desventajas
Mayor precisión, y mejor uniformidad de producto, fácil control de calidad	Alto costo de la maquinaria
Un operario puede manejar varias máquinas a la vez, no requiere operador con experiencia y se reduce la fatiga del operador con mayor seguridad en sus labores.	Falta de alternativas en caso de fallas
Fácil procesamiento de productos de apariencia complicada se puede cambiar de diseño o modelo en corto tiempo	Se requiere programar en forma correcta para un eficiente funcionamiento
Reduce costos de inventario, satisface pedidos urgentes	Los costos de mantenimiento aumentan ya que necesita entrenar personal.
Aumento del tiempo de trabajo y fácil control y administración de la producción, con procesos de simulación incluidos	Es necesario mantener un gran volumen de producción para lograr mayor eficiencia de la capacidad instalada.

Fuente: (RUIZ, 2011b)

Realizado por: Córdoba, Davis, 2022.

1.6.2 Habilidades de un operador CNC

Los conocimientos que debe tener un operador C.N.C., son en geometría, álgebra y trigonometría; debe conocer el producto que está manejando; dominar los métodos de sujeción, estructura de la máquina, programación C.N.C., mantenimiento de la maquinaria; y, conocimientos generales de operación y de programación C.N.C y computadoras (RUÍZ, 2010a).

1.7 Sensores

Es un dispositivo de entrada que dota una salida manejable de magnitud física medida (CORONA, 2014). El requerimiento de sensores para la industria de empaquetado de huevos permite garantizar

la presencia, el tamaño, particularidades especiales hacen necesario para la industria (MOYA, 2018). Se tiene varias opciones de sensores para el sistema como se puede observar en la figura 8-1.



Figura 8-1: Tipos de sensores

Fuente: (ELECTRÓNICA LIBRE, 2018)

1.7.1 Sensores de proximidad fotoeléctricos

Son sensores de trabajo a distancia, permiten la detección de la presencia de objetos a distancias regulables (ROCKWELL AUTOMATION, 2021). Este tipo de sensores como se indica en la figura 9-1, emite una luminiscencia resplandeciente desde el dispositivo emisor de luz, el cual es recibido por dispositivo receptor de luz, trabaja como interruptores que se cierra cuando se dificulta la barrera de luz o cuando la luz es detectada de regreso (DUQUE, 2021).

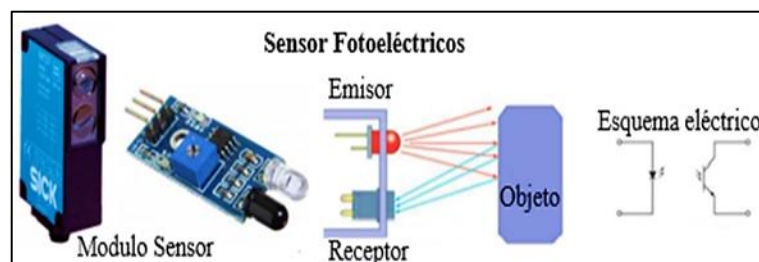


Figura 9-1: Funcionamiento del sensor de proximidad fotoeléctrico

Fuente: (BLADESHARK, 2015)

Existen 3 tipos de modelos de sensores proximidad fotoeléctricos que son:

- **Modelo reflectivo:** El objeto se refleja por la luz emitida por el sensor. Ejemplo: Sensor infrarrojo TCRT5000.
- **Modelo de barrera:** El transmisor y el receptor están separados. Ejemplo: Sensor unidireccional modelo M100/MV100-RT/76a/95/103
- **Modelo retroreflectivo:** La luz expuesta incide en el reflector y regresa al punto de origen. ejemplo: Sensor retroreflective modelo BEN5M

A continuación, en la tabla 2-1, se especifica las características comparativas entre los 3 principales sensores de proximidad fotoeléctricos.

Tabla 2-1: Características comparativas de proximidad fotoeléctricos

Sensores de proximidad fotoeléctricos					
Tipos	Modelo	Rango de detección	Voltaje Entrada	Señal de salida	Corriente
TCRT5000	Reflexivo	2,5 cm	3,5 a 5 VDC	Photo-transistor	60mA
M100/MV100-RT/76a/95/103	Barrera	1000 cm	10 a 30 VDC	Salida PNP	100mA
BEN300-DDT	Retro reflectivo	30 cm	12 a 24 VDC	Salida NPN/PNP	200mA

Fuente: (AUTOMAQ, 2021)

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

1.7.2 Sensores de proximidad capacitivo

Los sensores de proximidad capacitivos como se indica en la figura 10-1, detectan la mayoría de los objetos cuya constante dieléctrica sea superior a la del aire, entre más alta la constante, es más fácil de detectar (DUQUE, 2021). La diferencia entre los sensores capacitivos y los sensores inductivos es que los sensores capacitivos provocan un campo electrostático en lugar de un campo electromagnético (INGENIERÍA MECA FENIX, 2017).

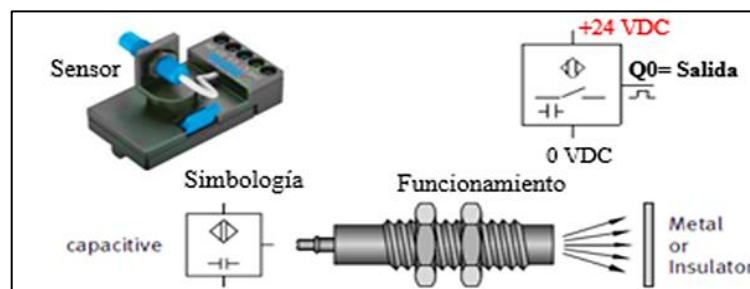


Figura 10-1: Sensores de proximidad capacitivos

Fuente: (BLADESHARK, 2015)

1.7.3 Sensores de proximidad inductivos

Los sensores de proximidad inductivos como se indica en la figura 11-1, son interruptor que se cierra cuando se cambia el campo electromagnético inducido (DUQUE, 2021). En principio los sensores inductivos fueron creados para detectar objetos metálicos donde su rango de detección no es muy grande, van desde 0,7 mm hasta 100 mm como máximo (MOYA, 2018).

Se puede emplear en aplicaciones de empaquetado, en equipos de soldadura automatizada o las difíciles proyecciones de agua en plantas de procesamiento de alimentos (ROCKWELL AUTOMATION, 2021).

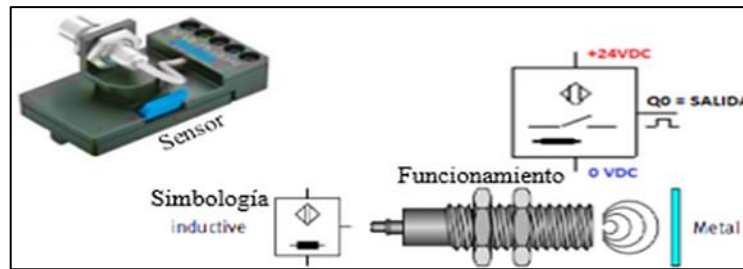


Figura 11-1: Sensores de proximidad inductivos

Fuente: (BLADESHARK, 2015)

1.7.4 Sensores de proximidad magnética

Los sensores de proximidad magnética conocidos como sensores de efecto Hall, es un interruptor electromagnético que se utiliza para controlar el flujo de electricidad en un circuito, la señal es generada por un imán cuyo campo cierra los contactos integrados en el interruptor. Este tipo de sensores tienen de dos o más cañas ferrosas encerradas dentro de una pequeña envoltura similar a un tubo de vidrio, que se magnetizan y se mueven juntas o se separan cuando un campo magnético se mueve hacia el interruptor, como se muestra en la en la figura 12-1 (DUQUE, 2021).

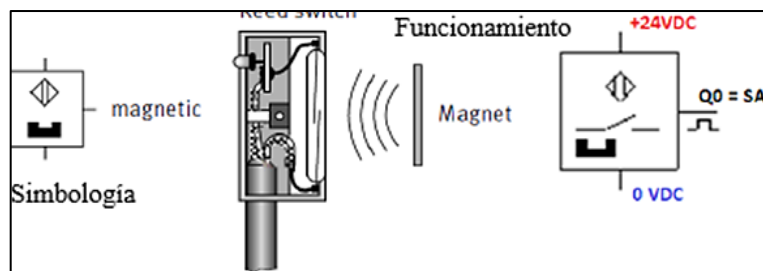


Figura 12-1: Sensores de proximidad magnética

Fuente: (BLADESHARK, 2015)

A continuación, en la siguiente tabla 3-1, se especifica las características comparativas entre los 3 principales sensores de proximidad magnéticos.

Tabla 3-1: Características comparativas de sensores magnéticos

Sensores de proximidad magnéticos					
Modelo	Principio de medición	Tensión de funcionamiento	Salida conmutada	Func. del elemento de maniobra	Corriente
CS1-G	Magnético Reed	5 - 240V DC/AC	Con contacto	NA	100mA
SMT-10G	Magneto resistivo	10 a 30 V DC	PNP, NPN	NA	100mA
SME-10	Magnético Reed	12 a 27 V AC/DC	Con contacto	NA	100mA

Fuente: (FESTO, 2020)

Realizado por: Córdoba, Davis, 2022.

1.7.5 Sensores mecánicos

Los sensores mecánicos como se indica en la figura 13-1, también llamados interruptores de fin de carrera o sensores de contacto son pequeños y compactos que facilitan su montaje, además de

una gran precisión y amplio rango de voltaje de operación (ROCKWELL AUTOMATION, 2021). Estos sensores están diseñados con un par de contactos de conexión y desconexión (DUQUE, 2021).

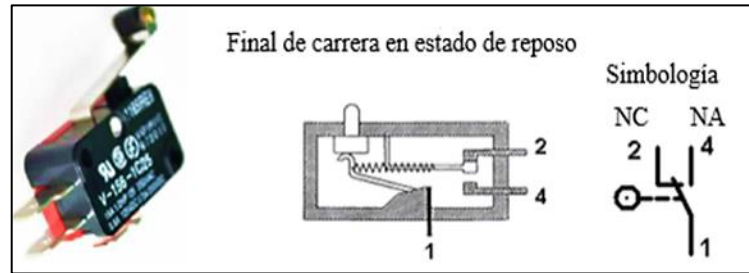


Figura 13-1: Final de carrera con posición en reposo

Fuente: (BLADESHARK, 2015)

1.8 Actuadores para el proceso de empaquetados de huevos

es un dispositivo que tiene la capacidad de crear una fuerza que ejerce un cambio de posición, velocidad o estado de algún tipo sobre un elemento mecánico a partir de la transformación de energía. En general, los actuadores se dividen en dos grandes grupos (CORONA, 2014):

- Por tipo de energía utilizada: actuadores neumáticos, hidráulicos y eléctrico.
- Por el tipo de movimiento que generan: actuador lineal y rotatorio.

1.8.1 Actuadores eléctricos y electrónicos

Existen varios tipos de actuadores eléctricos y electrónicos que son empleados en las bandas transportadoras, en la figura 14-1, se observa los motores DC con caja reductora, motor AC, motor a pasos, servomotor etc., son los utilizados describiremos algunas características de cada uno (NORTON, 2000).



Figura 14-1: Actuadores electrónicos y eléctricos

Fuente: (ASKIX, 2020)

1.8.1.1 Motor DC con caja reductora

Los motores con caja reductora como se ilustra en la figura 15-1, son fácil control de velocidad, con tamaño y peso reducido; la velocidad de giro es proporcional al voltaje de alimentación, son

eficientes para girar. Las desventajas son que no pueden ser posicionados o enclavados a menos que se utilicen sensores y requiere un módulo para el acople de control y potencia (NORTON, 2000).



Figura 15-1: Motores con caja reductor

Fuente: (DYNAMOELECTRÓNICS, 2020)

A continuación, en la siguiente tabla 4-1, se especifica las características comparativas entre los 3 principales motores DC con caja reductora.

Tabla 4-1: Características comparativas principales de motores DC con caja reductora

Motores DC con caja reductora			
Tamaño	37D × 54L mm	37D × 57L mm	37D × 57L mm
Relación de transmisión	70:1	131.25:1	150:1
Voltaje nominal	6 a 12 V DC	6 a 12 V DC	6 a 12 V DC
Eficiencia máxima	52%	45 %	44 %
Velocidad a máxima eficiencia	130 rpm	66 rpm	58 rpm
Par de torsión a máxima eficiencia	3,2 kg·cm	6,0 kg·cm	6,5 kg·cm
Par de parada a 12V	27 kg·cm	45 kg·cm	49 kg·cm
Corriente a máx. eficiencia	0,68 A	0,74 A	0,72 A
Potencia de salida con la máxima eficiencia	4,2 W	4,1 W	3,8 W

Fuente: (POLOLU, 2020)

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

1.8.1.2 Motor a pasos

Los motores a pasos como se indica en la figura 16-1, es un dispositivo electromecánico, que convierte una serie de impulsos eléctricos en desplazamiento angular, entre sus ventajas están: asegura un posicionamiento simple y exacto, pueden girar de forma continua con velocidad variable y los motores son fáciles de controlar fiables y muy ligeros. Sus desventajas son: límite de tamaño que pueden alcanzar, tendencia a calentarse cuando trabajan a bajas velocidades y requieren circuitos de control y potencia más complejos (NORTON, 2000).

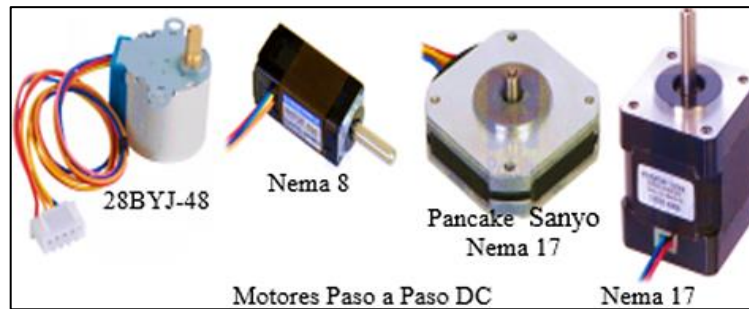


Figura 16-1: Motores a pasos

Fuente: (POLOLU, 2020)

A continuación, en la siguiente tabla 5-1, se especifica las características comparativas entre los 3 principales motores a pasos.

Tabla 5-1: Características comparativas principales de motores a pasos

Motores a pasos			
Modelo	28BYJ-48	17HS16-2004S1	SY57STH76-1006A
Tamaño	42x32x30 mm ³	Nema 17	Nema 23
Tipo	unipolar	bipolar	bipolar
Angulo por pasos	5, 625°	1,8 °	1,8 °
Pasos por vuelta	64	200	200
Voltaje de funcionamiento	5V	2,2V	8,4 V
Corriente	200mA	2A	1A
Resistencia de fase	70 ohm	1,1ohm	8,6 ohm
Torque	0,3 Kgr-cm	4,5kg*cm	14 kg-cm

Fuente: (POLOLU, 2020)

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

1.8.1.3 Servomotor

Los servomotores como se muestra en la figura 17-1, son motores eléctricos especialmente diseñados para su uso en sistemas de posicionamiento automático y generalmente de baja potencia (VIRLÁN, 2017). Los servomotores tienen constantes de tiempo extremadamente pequeñas con grandes clasificaciones de potencia y se utilizan en sistemas de robots, vehículos y otros sistemas industriales (KOMMURI, 2017).



Figura 17-1: Servomotor

Fuente: (POLOLU, 2020)

A continuación, en la siguiente tabla 6-1, se especifica las características comparativas entre los tres principales servomotores.

Tabla 6-1: Características comparativas principales de los servomotores

Servomotor			
Modelo	Micro servo SG90 Tower pro	Servo Feetech fs5103b-fb	Servo Power HD 3001HB
Peso	9 g	43 g	43 g
Dimensión	22,0 x 11,5 x 27 mm	40,8 x 20,1 x 38 mm	40,7 x 20,5 x 39,5 mm
Torque max.	1,8 kg-cm	3,8 kg-cm	4,4 kg-cm
Velocidad max.	0,1 seg/60 grados	0,16 seg/60°	0,12 seg/60°
Voltaje nominal	3,0V a 7,2 V	4,8V a 6V	4,8V a 6V

Fuente: (POLOLU, 2020)

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

1.8.2 Actuadores neumáticos

Se ilustra en la figura 18-1, son los que transforman la energía acumulada del aire comprimido, en trabajo mecánico de movimiento rotatorio o movimiento rectilíneo. Por lo común, esto se clasifican en cilindros o actuadores lineales y actuadores de giro (CORONA, 2014).



Figura 18-1: Actuadores neumáticos

Fuente: (LLAMAS, 2017)

1.8.2.1 Cilindro neumático

Transforman la energía del aire comprimido en un movimiento lineal, este movimiento puede ser de avance y retroceso de un mecanismo. El flujo de un fluido dentro de un cilindro hace mover el pistón y la presión del fluido proporcionando una fuerza del pistón necesaria para producir un trabajo. Se clasifica en (MANOBANDA MANOBANDA, y otros, 2012):

- **Cilindros de simple efecto:** Este tipo de cilindro realiza un solo trabajo que puede ser de empuje o tracción. El retorno del vástago se realiza mediante la fuerza de la gravedad, el peso de una carga o por medio de un muelle. En la figura 19-1, se observa los cilindros simple efecto y sus partes.

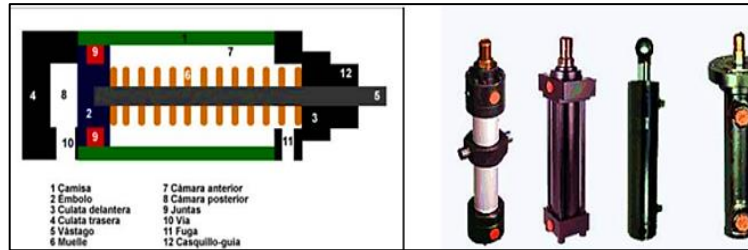


Figura 19-1: Cilindro simple efecto y sus partes

Fuente: (MANOBANDA MANOBANDA, y otros, 2012)

- **Cilindro de doble efecto:** Como se indica en la figura 20-1, los cilindros de doble efecto son los más utilizados por la posibilidad de ejercer control tanto en el retroceso como en el avance. Cuenta con dos cámaras, una a cada lado del émbolo, que permite el desplazamiento del vástago de un lado a otro según le llegue el fluido por una cámara u otra.

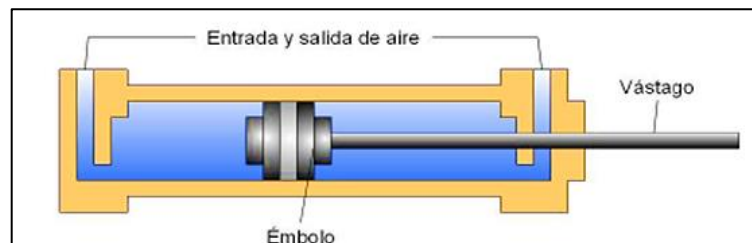


Figura 20-1: Cilindro de doble efecto

Fuente: (MANOBANDA MANOBANDA, y otros, 2012)

1.8.2.2 Generador de vacío

Los generadores de vacío como se indica en la figura 21-1, son dispositivos compactas de tamaño reducido, ligeras y fáciles de instalar que se encarga de producir vacío o depresión de aire, que a diferencia de las bombas de vacío, estos dispositivos funciona sin partes móviles y aprovecha el efecto conocido en física como Venturi (SERRANO, 2015).

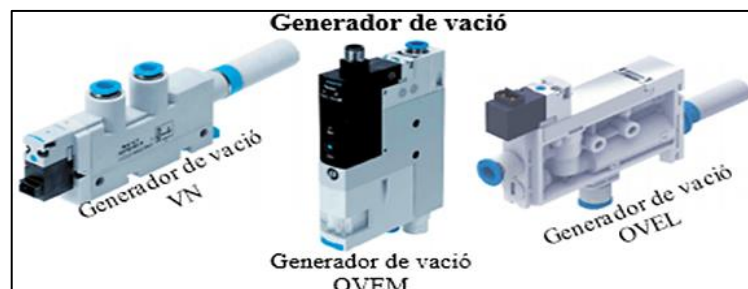


Figura 21-1: Generador de vacío

Fuente: (RODAVIGO, 2020)

A continuación, en la siguiente tabla 7-1, se especifica las características comparativas entre los tres principales generadores de vacío.

Tabla 7-1: Características comparativas principales de generadores de vacío

Generador de vacío			
Tipo	Generador de Vacío OVEL	Generador de Vacío OVEM	Generador de Vacío neumática VN
Diámetro nominal de la tobera	0,45 a 0,95 mm	0,45 a 2mm	0,45 a 3mm
Características del eyector	Estándar gran caudal de aspiración, alto vacío	Estándar gran caudal de aspiración, alto vacío	En línea, Estándar gran caudal de aspiración, alto vacío
Función integrada	Impulso eléctrico de expulsión, regulador de caudal, sensor de presión.	Impulso eléctrico de expulsión, regulador de caudal,	Impulso neumático de expulsión, silenciador abierto, vacuos tatos.
Vacío máximo	92%	93%	86 a 93%
Caudal de aspiración	4 a 45 l/min	6 a 92 l/min	6,1 a 339 l/min

Fuente: (RODAVIGO, 2020)

Realizado por: Córdoba, Davis, 2022.

1.9 Control del sistema

Se realiza con un controlador de procesos secuenciales, y debe ser robusto en trabajo industrial, se tiene varias opciones de tarjetas de control como:

1.9.1 Microcontrolador PIC

Son circuitos integrados programables, con una memoria interna capaz ejecutar órdenes previamente grabadas, presenta un bloque de entradas y salidas digitales y analógicas, de tecnología CMOS y voltajes de operación de 2,5V hasta 6V (MICROCHIP, 2016). Sus ventajas son su costo bajo, empaquetado desde 8 pines hasta 68 pines y voltajes de operación en rangos lógicos. Mientras sus desventajas son: su sensibilidad ante perturbaciones, necesidad de implementar circuitos adicionales para su buen funcionamiento, no recomendable para uso industrial y difícil comunicación con otros dispositivos (MICROCHIP, 2016).

1.9.2 Raspberry Pi Pico

Es una placa con microcontrolador, está diseñada para ser de bajo coste y al mismo tiempo incluir un conjunto razonable de entradas y salidas para el procesador RP2040, incluye 2 MB de memoria Flash y un chip para gestión de la alimentación que admite voltajes de entrada de 1,8 a 5,5 V (MANUTI, 2021). El último modelo Raspberry Pi 3 Modelo B+, incluye un soporte Wi-fi con doble banda y un soporte Gigabit Ethernet (PASTOR, 2018).

1.9.3 Arduino

Es una placa con un microcontrolador de fácil programación en donde se identifica claramente entradas y salidas, permite la adaptación de diferentes tipos de módulos extra como Bluetooth, GSM, etc; tiene bajo costo; pero es no recomendable para procesos industriales y es más utilizado

con fines educativos (MAIN PRODUCTS, 2016). En la figura 22-1 se muestra una tarjeta de Arduino Uno con microcontrolador en formato DIP.



Figura 22-1: Arduino Uno con microcontrolador en formato DIP

Fuente: (ING MECAFENIX, 2020)

A continuación, en la siguiente tabla 8-1, se especifica las características comparativas entre las cuatro principales tarjetas de Arduino.

Tabla 8-1: Características principales comparativas entre las tarjetas Arduino

Tipo de Arduino	Procesador	# I/O	# Entrada ADC	Flash/Ram KB	Mhz	Voltaje (VDC)
Arduino Uno R3	Atmega328p	14	6	32/2	16	5
Arduino mega R3	Atmega2560	54	16	256/8	16	5
Arduino Nano	Atmega328p	14	6	32/2	16	5/3,3
Arduino Leonardo	Atmega32u4	14	6	28/2,5	16	5
Arduino Due	AT91SAM3X8E	54	12	512/96	84	3,3

Fuente: (HETPRO-STORE, 2020)

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

1.9.4 Controlador lógico programable (PLC)

Conocido como PLC; es un dispositivo utilizado para la automatización de procesos industriales; tiene diseño robusto para trabajos más complejos, de gran capacidad de memoria y fácil comunicación con varios dispositivos externos, con salidas a transistor o relé, aunque para garantizar la vida útil de las salidas del PLC en el control de cargas inductivas o resistivas se debe utilizar un relé de control. Aunque tiene un costo elevado y se requiere que el operador tenga conocimientos de programación (MICROCHIP, 2016).

1.9.5 Control electroneumático

un dispositivo electromecánico o una serie de ellos que utilizan aire comprimido para realizar trabajos específicos. Las herramientas neumáticas autónomas y portátiles de tamaño pequeño pueden depender de gases comprimidos en el cilindro que contienen nitrógeno libre de oxígeno (PERALTA, 2020).

1.9.5.1 Electroválvula 3/2 vías monoestable

Este tipo de electroválvulas como se muestra en la figura 23-1, consta de una posición de cierre en reposo con retroceso por muelle y accionamiento auxiliar manual. Existe dos posibles estados de estos tipos de electroválvulas: el primer estado, es cuando la bobina magnética se encuentra sin corriente permitiendo el flujo del aire del puerto 2 al 3 hacia la atmosfera y el conducto servo-pilotaje de aire se encuentre bloqueado por el inductor y el segundo estado, es cuando se energiza la bobina magnética, que abre el conducto servo-pilotaje de aire permitiendo el flujo del aire en el puerto 1 al 2 , bloqueando el puerto 3 (DUQUE, 2021).



Figura 23-1: Electroválvula de 3/2 vías monoestable

Fuente: (RESEARCHGATE, 2020)

1.9.5.2 Electroválvula 5/2 vías monoestable

Cumple las mismas funciones de la electroválvula 4/2 vías y simplemente otro sistema constructivo, como se observa en la figura 24-1. Se utiliza para el mando de cilindros de doble efecto y para el mando de otras válvulas.

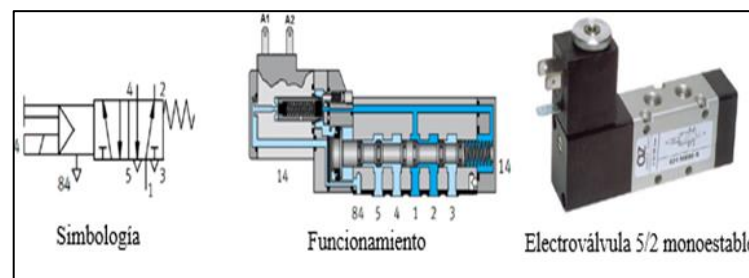


Figura 24-1: Electroválvula de 5/2 vías monoestable

Fuente: (RESEARCHGATE, 2020)

1.10 Sistema de comunicación

La comunicación entre dispositivos para el control de procesos industriales utiliza un cableado abrumador, que ha dejado de ser versátil debido a diversos conflictos como fallas de comunicación por interrupción de la conectividad, dificultad en situaciones de fallas del sistema incompatibles, altos costos y limitaciones para trabajar largas distancias (VARGAS, 2019).

La revolución de la Industria 4.0 orienta sus energías para solucionar una serie de problemáticas recurrentes independientemente de la revuelta empresarial que se dedique, la tecnología del Internet de las cosas (IoT) proporciona una solución a la problemática de comunicación, esto mediante la implementación de un módulo de control conectado a una red Wi-fi que facilita al operador la interacción con otros equipos, sin la necesidad del contacto directo en campo (VARGAS, 2019). A través del Wi-fi se logra conectar los instrumentos locales a los dispositivos de control.

1.10.1 Módulo ESP8266

Como se muestra en la figura 25-1, es un módulo que permite una conexión de sistemas a redes Wi-fi compatible con el protocolo 802.11b/g/n, y opera con un rango de frecuencia de 2.5 Ghz, que funciona como un punto de acceso de envío y recepción de datos, la comunicación con Arduino se puede hacer mediante el uso de los puertos en serie RX y TX, se puede configurar a través del comando AT (VARGAS, 2019).

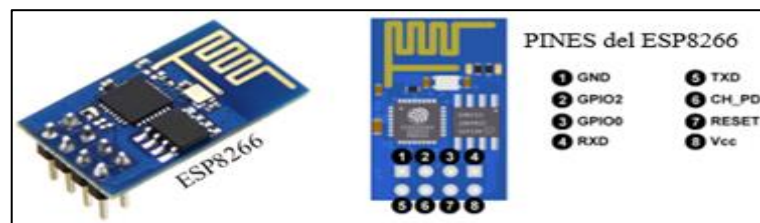


Figura 25-1: Módulo ESP8266

Fuente: (PROGRAMAR FACIL, 2020)

1.10.2 Módulo ESP32

Como se muestra en la figura 26-1, son un sistema System On Chip, diseñado por Espressif Systems, desarrollado por TSMC. La propia empresa define esta serie como una solución para microcontroladores que no cuentan con conectividad, ya que podrían utilizar la familia ESP32 como medio de acceso a la red o soluciones de IoT. Son una gran opción al diseñar una placa de desarrollo que van desde placas muy básicas hasta placas elegantes que incluyen procesadores secundarios y LCD (BENINGO, 2020).

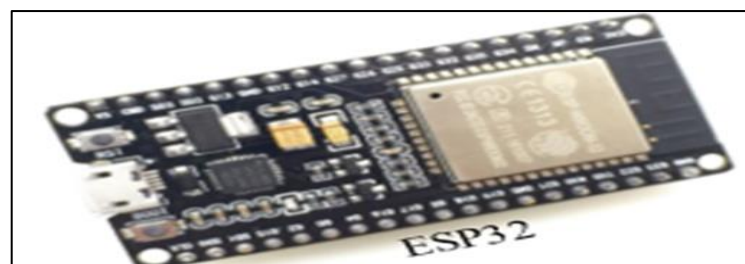


Figura 26-1: Módulo ESP32

Fuente: (BENINGO, 2020)

Hay algunos que también son adecuados para aplicaciones de automatización industrial, asumiendo que la simplicidad del desarrollo es un requisito clave. Por ejemplo, tenemos el ESP32-DEVKITC-32D-F y AIRLIFT ESP32, estos dispositivos no solo incluyen el WROOM-32D, sino que también tienen espacio adicional para la creación de prototipos (BENINGO, 2020).

1.10.3 Diferencia entre ESP8266 y ESP32

El ESP32 es el sucesor del ESP8266, ya que cuenta con un núcleo adicional, Wi-fi más rápido, mayor número de pines de E/S y compatibilidad con bluetooth 4.2 de baja potencia. En la Tabla 9-1, indica las principales diferencias técnicas que existe entre el ESP8266 y ESP32.

Tabla 9-1: Características principales del ESP8266 y el ESP32

Características	ESP8266	ESP32
Microcontrolador	Xtensa Single-core 32-bit L106	Xtensa Dual-Core 32-bit LX6 con 600 DMIPS
Wi-fi (802.11 b / g / n)	HT20	HT40
Bluetooth	No posee	Bluetooth 4.2 y BLE
Frecuencia de operación	80 MHz	160 MHz
SRAM	No posee	448 KB
Flash	No posee	520 KB
GPIO	17	34
PWM	8 canales	16 canales
ADC	10-bits de resolución	12-bits de resolución
Interfaz MAC Ethernet	No	Si

Fuente: (HETPRO-STORE, 2020)

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

1.11 Sistema Human Machine Interface (HMI)

Es el Interfaz Hombre – Máquina como se muestra en la figura 27-1, son ampliamente utilizados en la industria para el monitoreo, supervisión, control y seguimiento de procesos (MARTÍNEZ MEZA, y otros, 2016). Tradicionalmente se utilizaban HMI basados en indicadores digitales y análogos, en donde se incluían luces piloto, pulsadores, selectores, etc (IRIS GALCANO, 2014). En la actualidad se utilizan Paneles táctiles, teléfonos móviles, computadoras, y otros dispositivos que permitan una comunicación en red.



Figura 27-1: Sistema HMI

Fuente: (VERTERTRAINING, 2020)

Esta actualización ha permitido que las interfaces hombre máquina sean de conexión más sencilla y económica en procesos o máquinas. El HMI más común utilizado en automatizaciones a nivel de campo y proceso, son pantallas Touch Screen, en donde el manejo de gráficos, valores numéricos o alfanuméricos, manejo de alarmas y otras aplicaciones se las puede realizar de manera sencilla (MARTÍNEZ MEZA, y otros, 2016).

1.11.1 Panel táctil

Es el interfaz más utilizado en procesos de automatización, permite una flexibilidad, facilidad de programación y comunicación con diversos procesos en tiempo real, su tamaño ergonómico permite un montaje rápido y fácil; su inconveniente es su alto costo de adquisición (MICROCHIP, 2016).

1.11.2 Computador

La utilización de computadoras como HMI, se da generalmente en sistemas SCADA, para el manejo de base de datos y dispositivos de campo, permite una comunicación a través de diversos protocolos de comunicación entre diversos dispositivos. Es de fácil programación y versatilidad de comunicación, además de su gran capacidad de memoria; pero su costo de adquisición elevado (TOSHIBA, 2016).

1.11.3 Display LCD

Es una pantalla plana y delgada utilizada en dispositivos electrónicos de bajo consumo de energía, tiene poca resolución, no permite la visualización de gráficos, además su tiempo de respuesta suelen ser más lentos que otros dispositivos; aunque tiene un bajo costo de adquisición y es de fácil programación (TOSHIBA, 2016).

CAPÍTULO II

2. PROPUESTA Y DISEÑO DEL PROTOTIPO

En este capítulo se detalla la selección de diferentes alternativas y requerimientos de diseño e implementación de un sistema automatizado de empaquetado de huevos de gallina, en el cual lo llamaremos ACEPS, sus siglas significa (Sistema automatizado de empaquetadora de huevos de gallina), se selecciona los requerimientos en la parte mecánica, se eligen los equipos eléctricos, electrónicos y neumáticos, considerando diferentes conceptos disponibles para la construcción del mecanismo de empaquetado, se selecciona los elementos de *hardware* y *software*.

2.1 Fase de investigación

Compuesta de los siguientes apartados como se ha mencionado en el capítulo anterior.

2.1.1 Consolidación general del ACEPS

El sistema del ACEPS tiene la capaz de contar, empaquetar de manera eficaz sin afectar la calidad de estos, los datos obtenidos en el proceso de conteo y empaquetado de huevos son almacenados en una base de datos y enviados a la nube donde se podrá manipular. En la figura 1-2, se observa la consolación general del prototipo.



Figura 1-2: Arquitectura de *Hardware* del ACEPS

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

2.1.2 *Requerimientos para el diseño del ACEPS*

En base al estudio que se realizó en el capítulo I, se detalla los requerimientos necesarios para implementar el sistema de empaquetado de huevos de gallina, estos son:

- La estructura debe ser sólida para adaptación de los dispositivos y equipos.
- Contar con un sistema de traslado de los huevos hacia la cubeta de 12 huevos.
- Capacidad de levantar un peso máximo de 240 gramos a una altura mínima de 10 cm.
- Se requiere que los huevos estén orientados correctamente de pie para su aplicación
- Tener una tarjeta de desarrollo que sea capaz controlar los dispositivos del ACEPS.
- Establecer un sistema de comunicación, en el que se permita enviar y recibir datos a través del internet.
- Contar con una plataforma web como medio de visualización y control del ACEPS
- La plataforma debe ser capaz de realizar pedidos por cantidad de cubetas.
- Fuente de alimentación con voltaje de salida de 12VDC, 5VDC y 3.3VDC.
- Bajo costo, fácil manipulación.

2.2 Selección de los componentes de *hardware* para la construcción del ACEPS

Tras investigar los requisitos de hardware y cada una de las etapas que componen el sistema, procedemos a elegir los componentes apropiados para el funcionamiento del ACEPS.

2.2.1 *Dispositivo de traslación*

En esta etapa consta de sensores de presencia, motores con caja reductoras que permite la movilidad de las bandas transportadoras y los motores Paso a Paso que son usados para movilidad de la CNC permitiendo transportas los huevos a su destino.

A continuación, en la tabla 1-2, se especifica los dispositivos de traslación.

Tabla 1-2: Selección de los dispositivos de traslación

Sensores	Características
<p>Sensores de proximidad fotoeléctrico</p>  <p>Módulo TCRT 5000</p>	<p>Distancia de detección: 25mm Distancia focal: 2,5mm Voltaje de operación: 3,5 a 5V DC Tipo de salida: Señal digital Corriente: 60mA</p>
<p>Sensores de proximidad mecánicos</p> 	<p>De gran utilidad como sensor de proximidad de contacto en robots o como limitador de movimiento de cualquier dispositivo mecánico móvil, como una impresora en 3D o un CNC. Capacidad de carga: 5 A / 125 VCA</p>
Motores	Características
<p>Motores con caja reductoras</p> 	<p>Tamaño: 37D × 57L mm Relación de engranajes: 131.25:1 Voltaje de operación: 6 a 12 V DC Eficiencia máxima: 45 % Velocidad a máxima eficiencia: 66 rpm Par de parada a 12V: 45 kg-cm</p>
<p>Micro servo.</p>  <p>SG90 TOWER PRO</p>	<p>Voltaje de funcionamiento: 3,0V a 7,2 V Torque: 1,8 kg-cm Velocidad de funcionamiento: 0,1 s/60 grados Angulo de rotación: 180°</p>
<p>Motor paso a paso</p>  <p>17HS16-2004S1</p>	<p>Tamaño: Nema 17 Voltaje de funcionamiento: 2.2V DC Corriente: 2A Angulo por pasos: 1,8 ° Pasos por vuelta: 200 Torque: 4,5kg-cm</p>

Fuente: Propia

Realizado por: Córdoba, Davis, 2022.

2.2.2 Dispositivo de sujeción

La etapa de sujeción se implementa un generador de vacío, con electroválvulas, cilindro neumáticos y ventosas, que permite que el huevo sea sujeto y levantado desde la banda transportadora hasta la cubeta. A continuación, en la tabla 2-2, se especifica los dispositivos de traslación.

Tabla 2-2: Selección de los dispositivos de sujeción

Sensores	Características
<p>Sensores de proximidad Magnético</p>  <p>CS1-G</p>	<p>Principio de medición: Magnético Reed Voltaje de operación: 5 - 240V DC/AC Corriente: 100mA Selección de interruptor: NA Frecuencia de conmutación: 200Hz</p>
Cilindro neumático	Características
<p>Cilindro neumático doble efecto</p>  <p>JELPC https://rodavigo.net/es/fabricantes/e-mc Ma120x100-s</p>	<p>Operación: Doble actuación El tamaño de puerto: G1/4 Medio de trabajo: Aire Rango de presión: 0,1-1,0 MPa Rango de temperatura: -20-80 ° C</p>
Electroválvulas	Características
<p>Electroválvula 5/2 monoestable</p>  <p>JELPC 4V210-08</p>	<p>Voltaje de alimentación: 10,8V-13,2V DC Tipo de válvulas: 5 de 2 vías de puerto Medio de trabajo: Aire Tamaño de puerto: G1/4 Presión de trabajo: 0,15-0,8MPa Potencia de consumo: 2,5W</p>
<p>Electroválvula 3/2 monoestable</p>  <p>E.MC https://rodavigo.net/es/fabricantes/emc V3221-08T</p>	<p>Voltaje de alimentación: 12V DC Tipo de válvulas: 3 de 2 vías de puerto Medio de trabajo: Aire Tamaño de puerto: G1/4 Tipo de protección: IP65 Potencia de consumo: 4,8W</p>
Generador de vacío	Características
<p>Generador de vacío neumática VN</p>  <p>FESTO https://rodavigo.net/es/fabricantes/e-mc VN-14-H-T4-PI4-VI5-RO2</p>	<p>Tipo de silenciador: Abierto Tamaño de puerto: G1/4 Construcción establecida: En forma de T Flujo de volumen de succión máx.: 51,6 [l/min] Presión de funcionamiento: 1-8 bar Máx. vacío: 88% Presión de vacío máximo: 5,0 bar</p>
Ventosa de succión	Características
<p>Ventosa de succión</p>  <p>VENTOSA DE FUELLE</p>	<p>La ventosa de succión de fuelle es particularmente adecuada para su instalación en el área de empaque para superficies irregulares como son los huevos. Fuerza: 0,78 Kg Carrera de Fuelle: 11mm Diámetro: 20mm. Tamaño: 30mm</p>

Fuente: Propia

Realizado por: Córdoba, Davis, 2022.




2.2.3 Dispositivo de control

Las señales receptadas por los sensores son procesadas por el microcontrolador que a su vez generan señales de salida, encargadas de proporcionar la activación de cada uno de los dispositivos que conforma el ACEPS. En esta etapa se genera señales PWM a las salidas para la

activación de los módulos de controladores de los motores de las bandas transportadoras y los motores de la CNC.

A continuación, en la tabla 3-2, se especifica los dispositivos de control.

Tabla 3-2: Selección de los dispositivos de control

Dispositivo de control	Características
 <p>Tarjeta Arduino Mega 2560</p>	<p>Microcontrolador: ATMEGA 2560 Voltaje de operación: 5 VDC Pines de E/S digitales: 57 de los cuales 15 son salidas PWM Pines de entrada analógica: 16 Memoria Flash: 256KB, 8KB son de gestión de arranque</p>
 <p>Módulos TB6612FNG</p>	<p>Chip: TB6612FNG Canales de motor: 2 Voltaje de alimentación: 2,7- 5,5 VDC Voltaje máximo de alimentación del Motor: 15V DC Corriente de salida por canal: 1,2 – 3,2 Amp Frecuencia PWM máxima: 100KHz</p>
 <p>Módulos DRV8825</p>	<p>Modelo: POLOLU Voltaje de operación: 8,5 a 45V DC Voltaje de control: 2,5 a 5 V DC Max corriente por bobina: 2,2 Amp Corriente ajustable: Potenciometro en el modulo</p>

Fuente: Propia

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

2.2.4 Dispositivo de transmisión

Para la transferencia de los datos y conectividad Wi-fi, se logra con un microcontrolador ESP32 como se indica en la figura 2-2, que tiene soporte para la gama de encriptación de redes actuales y además cuenta con una memoria EPROM para los datos y configuración de la red. Con esta placa se puede controlar todo tipo de sensores, módulos y actuadores vía Wi-fi y Bluetooth.



Figura 2-2: ESP32 de 38 pines

Fuente: (UELECTRONICS, 2020)

A continuación, en la tabla 4-2, se muestra las características técnicas principales del ESP32.

Tabla 4-2: Características técnicas principales del ESP32

Características	
Tipo	Módulo Wifi + Bluetooth
Modelo	ESP32 38 Pines
Voltaje de Alimentación	5V DC
Voltaje de E/S	3,3V DC
Consumo de energía	5µA en modo de suspensión
CPU principal	Tensilica Xtensa 32-bit LX6
Frecuencia de Reloj	hasta 240Mhz

Wi-fi	802.11n @ 2.4 GHz hasta 150 Mbit/s
Bluetooth	4,2 BR/EDR BLE Modo de control dual
Memoria	448 KByte ROM, 520 KByte SRAM, 6 KByte SRAM
Chip USB-Serial	CP2102
Pines Digitales GPIO	24
Seguridad	IEEE 802.11, incluyendo WFA, WPA/WPA2 y WAPI

Fuente: (UELECTRONICS, 2020)

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

2.2.5 Dispositivos de alimentación

Como se indica en la figura 3-2, esta unidad de suministro de energía permite transformar la corriente alterna en corrientes continuas, proporcionando el tipo de voltajes requeridos por los componentes electrónicos. Esta fuente de alimentación generalmente incluye protección contra molestias, como sobretensión.



Figura 3-2: Fuente de alimentación

Fuente: (COMPUTECH, 2020)

A continuación, en la tabla 5-2, se muestra las características técnicas principales de la fuente de alimentación.

Tabla 5-2: Características técnicas principales de la fuente de alimentación

Fuente de Alimentación	
Marca	ATX 750 W
Voltaje de entrada	110V/220V AC
Conector principal	20 +4 pines
Frecuencia de entrada	50/60HZ
Salida	+3,3V a 13A, +5V a 13A, +12V a 16A, -12V a 0,8A, -5V a 0,5A y +5V a 2,5A
Protección al sobre voltaje	Si

Fuente: (UELECTRONICS, 2020)

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

2.3 Fase de implementación ACEPS

La figura 4-2, se muestra el diagrama de la conexión eléctrica del ACEPS y sus componentes conectados a los terminales de cada dispositivo. Los detalles de las conexiones eléctricas del ACEPS se presentan a continuación.

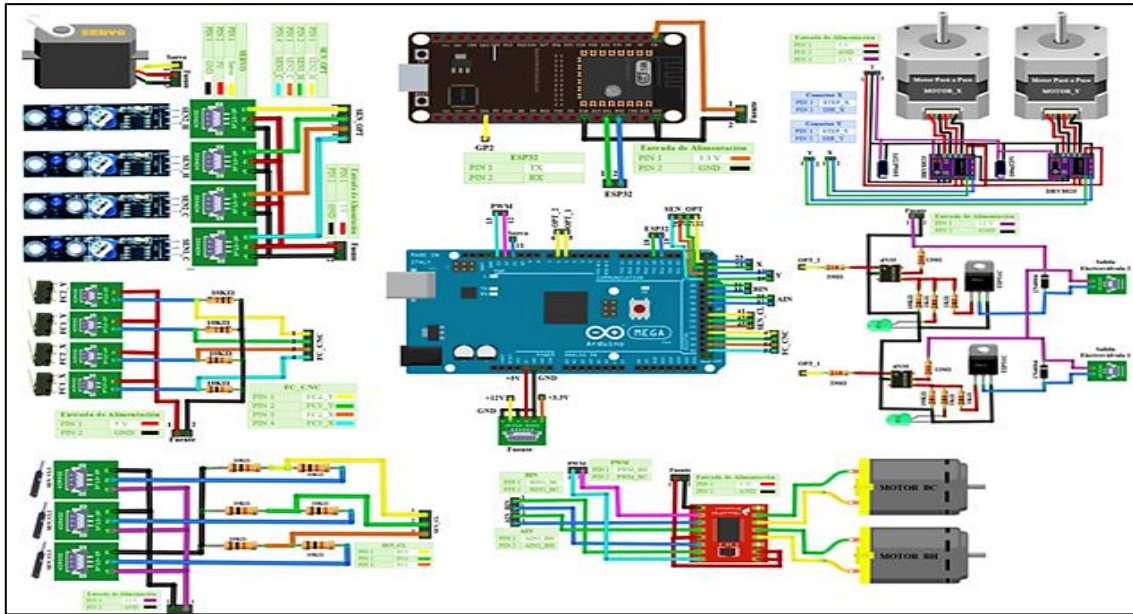


Figura 4-2: Diagrama de conexión eléctrica del ACEPS

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

2.3.1 Diagrama de conexión del Arduino Mega

En la figura 5-2, se detalla las conexiones del Arduino Mega que es el procesador central del ACEPS, permite controlar las señales de entrada y salida de los equipos que se encuentra interconectados como son: sensores, actuadores y el módulo de comunicación ESP32.

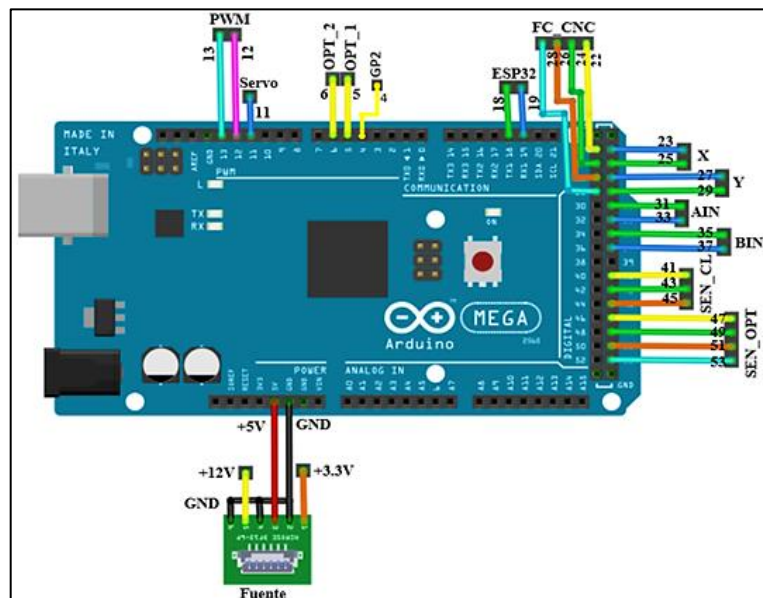


Figura 5-2: Diagrama de conexión del Arduino Mega

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

A continuación, en la tabla 6-2, se especifica las conexiones de los elementos de entrada que integran el Arduino Mega.

Tabla 6-2: Especificación de las conexiones de los terminales de entrada del Arduino Mega

Arduino Mega		Conector		Descripción
Entrada	PIN 22	FC_CNC	FC1_X	Señales de entrada de los sensores finales de carrera empleados en la CNC.
	PIN 24		FC2_X	
	PIN 26		FC1_Y	
	PIN 28		FC2_Y	
	PIN 41	SEN_CL	FC1	Señales de entrada de los sensores Magnéticos empleados en el cilindro Neumático
	PIN 43		FC2	
	PIN 45		FC3	
	PIN 47	SEN_OPT	SEN1_C	Señales de entrada de los sensores TCRT5000 empleados en las bandas trasportadoras.
	PIN 49		SEN2_C	
	PIN 51		SEN1_H	
PIN 53	SEN2_H			

Fuente: Propia

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

A continuación, en la siguiente tabla 7-2, se especifica las conexiones de los elementos de salida que integran el Arduino Mega.

Tabla 7-2: Especificación de las conexiones de los terminales de salida del Arduino Mega

Arduino Mega		Conector		Descripción
Salida	PIN 4	GP2		Señal de control de las Electroválvulas
	PIN 5	OPT_1		
	PIN 6	OPT_2		
	PIN 11	Servo		Señal de control del mini servo
	PIN 12	PWM	PWM_BC	Señal PWM de los motores con caja reductor
	PIN 13		PWM_BH	
	PIN 18	ESP32	RX_ESP32	Señales de transmisión de datos TX y RX al módulo ESP32.
	PIN 19		TX_ESP32	
	PIN 23	X	DIR_X	Señal de control del motor paso a paso (Motor_X)
	PIN 25		STEP_X	
	PIN 27	Y	DIR_Y	Señal de control del motor paso a paso (Motor_Y)
	PIN 29		STEP_Y	
	PIN 31	AIN	AIN2_BH	Señal de control de los motores con caja reductor (Motor BC)
	PIN 33		AIN1_BH	
	PIN 35	BIN	BIN2_BC	Señal de control de los motores con caja reductor (Motor BH)
PIN 37	BIN1_BC			

Fuente: Propia

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

2.3.2 Diagrama de conexión de las electroválvulas

En la figura 6-2, se muestra un esquema eléctrico del sistema de control de las electroválvulas. Este sistema cuenta con dos etapas que actúa de forma separada. La primera etapa permite la activación de la electroválvula 5/2 que controla al cilindro neumático y la segunda etapa activa la electroválvula 3/2 que controla al generador de vacío.

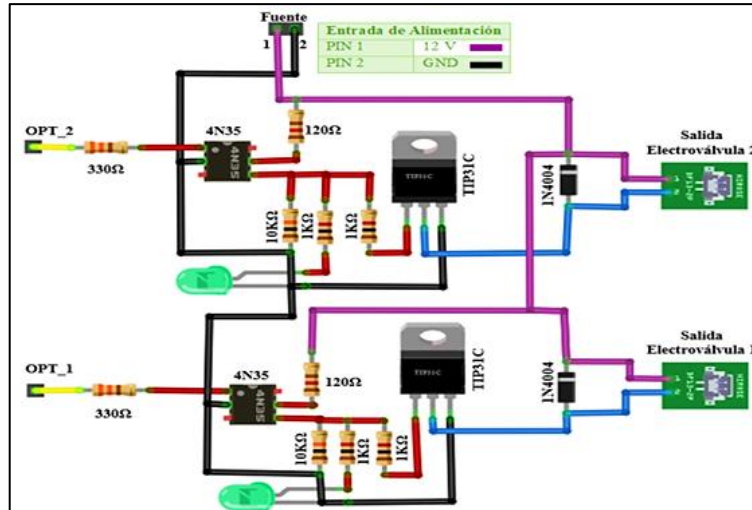


Figura 6-2: Diagrama de conexiones de las electroválvulas

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

A continuación, en la tabla 8-2, se especifica las conexiones de los elementos que conforma el sistema de control de las electroválvulas.

Tabla 8-2: Especificación de las conexiones del sistema de control de las electroválvulas

Elementos	Descripción
Fuente	Entrada de alimentación de las electroválvulas 12V y GND
OPT_2	Señal de activación de la electroválvula 3/2
OPT_1	Señal de activación de la electroválvula 5/2
4N35	Optoacoplador de 6 pines incorporado un fototransistor NPN
TIP31C	Transistor de potencia tipo NPN
Resistencia	10KΩ, 1KΩ, 330Ω, 120Ω
1N4004	Diodo rectificador 1 ^a

Fuente: Propia

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

2.3.3 Diagrama de conexión de los motores paso a paso

En la figura 7-2, se muestra un esquema eléctrico del sistema de control de los motores Paso a Paso. Este sistema cuenta con dos módulos DRV8825 que actúa de forma separada. El primer módulo permite la activación del MOTOR_X que controla el movimiento de la CNC en el eje X y el segundo módulo, activa el MOTOR_Y que controla el movimiento de la CNC en el eje Y.

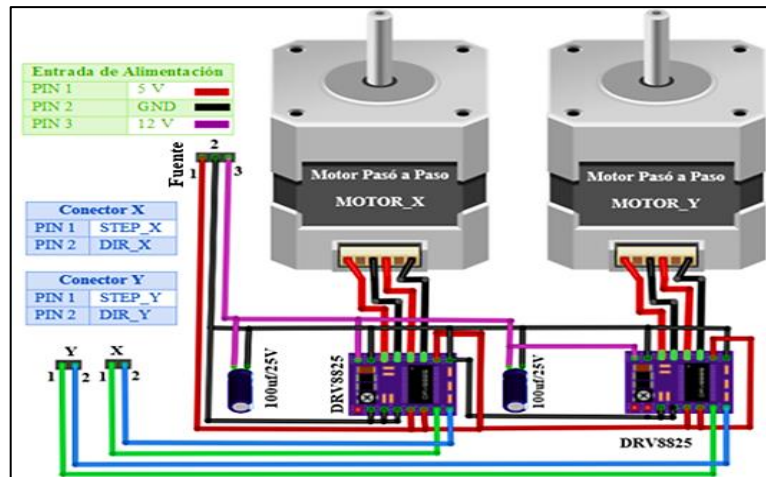


Figura 7-2: Diagrama de conexión de los motores paso a paso

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

A continuación, en la siguiente tabla 9-2, se especifica las conexiones de los elementos que conforma el sistema de control de los motores paso a paso.

Tabla 9-2: Especificación de las conexiones del motor paso a paso

Elementos		Descripción
Fuente	PIN 1	Alimentación de 5V en los pines RST, SLT y FLT del DRV8825
	PIN 2	GND, en los pines M0, M1, M2, GND_MOT del DRV8825
	PIN 3	Alimentación de 12V en el pin VMOT del DRV8825
X	PIN 1	Señal de control STEP_X en el pin STEP del DRV8825
	PIN 2	Señal de control DIR_X en el pin DIR del DRV8825
Y	PIN 1	Señal de control STEP_Y en el pin STEP del DRV8825
	PIN 2	Señal de control DIR_Y en el pin DIR del DRV8825
MOTOR_X		Conectado en el pin A1, A2 y B1, B2 del DRV8825
MOTOR_Y		Conectado en el pin A1, A2 y B1, B2 del DRV8825

Fuente: Propia

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

2.3.4 Diagrama de conexión de los motores con caja reductora

En la figura 8-2, se muestra un esquema eléctrico del sistema de control de los motores con caja reductora. Este sistema cuenta con módulo de control TB6612FNG que controlar a dos motores de forma separada. El primer MOTOR BC controla el movimiento de la banda transportadora de cubetas y el segundo MOTOR BH controla el movimiento de la banda transportadora de huevos.

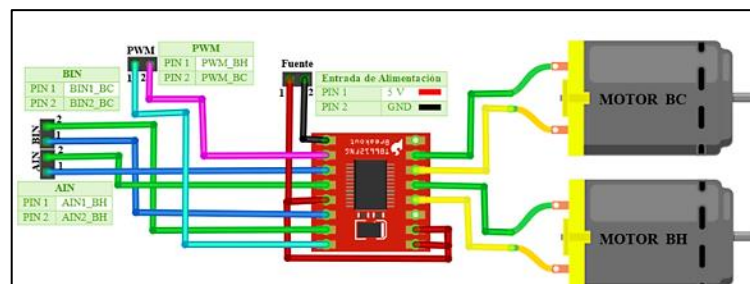


Figura 8-2: Diagrama de conexión de los motores con caja reductora

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

A continuación, en la siguiente Tabla 10-2, se especifica las conexiones de los elementos que conforma el sistema de control de los motores con caja reductora.

Tabla 10-2: Especificación de las conexiones de los motores con caja reductora

Elementos		Descripción
Fuente		Alimentación de 5V en los pines STBY, VM y VCC del TB6612FNG
PWM	PIN 1	Señal de control del MOTOR BC en el pin PWMA del TB6612FNG
	PIN 2	Señal de control del MOTOR BH en el pin PWMB del TB6612FNG
AIN	PIN 1	Controla el canal A, se conecta en los pines AIN1 y AIN2 del TB6612FNG
	PIN 2	
BIN	PIN 1	Controla el canal B, se conecta en los pines BIN1 y BIN2 del TB6612FNG
	PIN 2	
MOTOR BC		Se conecta en los pines B01 y B02 del TB6612FNG
MOTOR BH		Se conecta en los pines A01 y A02 del TB6612FNG

Fuente: Propia

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

2.3.5 Diagrama de conexión de los sensores finales de carrera

En la figura 9-2, se muestra un esquema eléctrico de los sensores finales de carrera. Estos sensores se encuentran ubicados en la estructura de la CNC permitiendo así controlar el desplazamiento de los actuadores (MOTOR_X y MOTOR_Y) en los ejes X y Y.

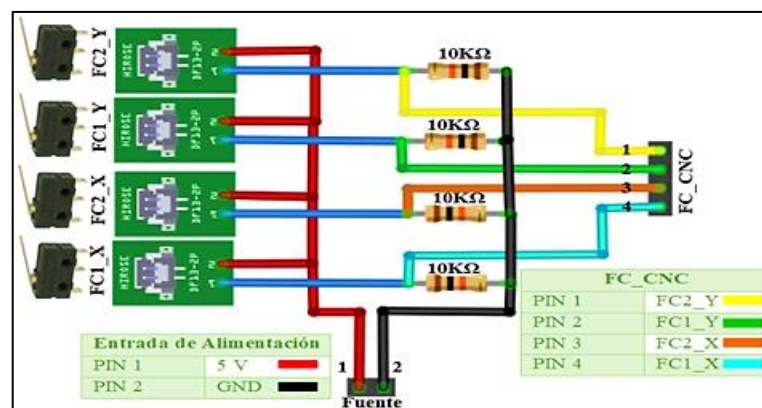


Figura 9-2: Diagrama de conexión de los finales de carrera

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

2.3.6 Diagrama de conexión de los sensores magnéticos

En la figura 10-2, se muestra un esquema eléctrico de los sensores Magnéticos. Estos sensores se encuentran situados en el cilindro de doble efecto, permitiendo así controlar el desplazamiento del pistón en tres posiciones. Funcionan con un voltaje de alimentación de 12V y un voltaje de salida aproximadamente de 11V. Para poder procesar las señales de salida de los sensores, se implementó un divisor de voltaje, que permitiendo minimizar su voltaje de salida en voltajes referenciales de entrada del Arduino Mega.

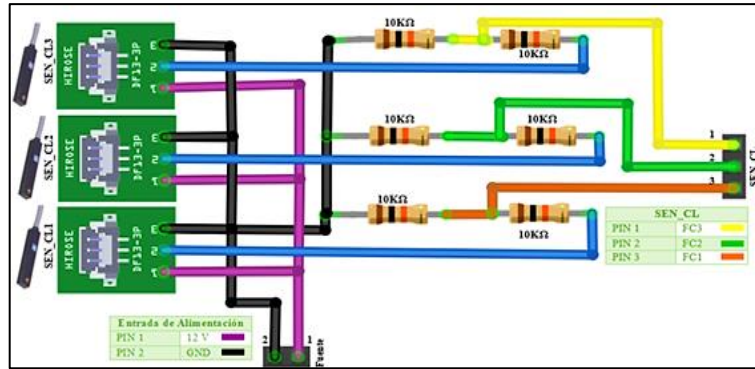


Figura 10-2: Diagrama de conexión de los sensores magnéticos

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

2.3.7 Diagrama de conexión de los sensores ópticos y el servo

En la figura 11-2, se muestra un esquema eléctrico de los sensores Ópticos (TCRT5000). Estos sensores se encuentran situados en las bandas transportadoras, los sensores SEN1_H y SEN2_H detectan los huevos y los sensores SEN1_C y SEN2_C detecta las cubetas. Los sensores funcionan con un voltaje de alimentación de 5V.

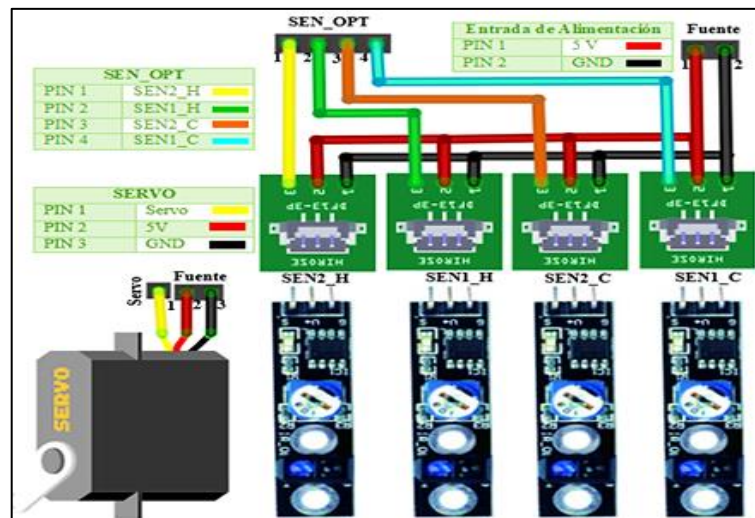


Figura 11-2: Diagrama de conexión del sensor óptico y el servo

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

2.3.8 Diagrama de conexión del ESP32

En la figura 12-2, se muestra un esquema eléctrico del ESP32. Este dispositivo funciona con un voltaje de alimentación de 3.3V, su señal de comunicación se tiene en los pines TX_ESP32 y RX_ESP32 donde se transmitirán los datos desde el Arduino.

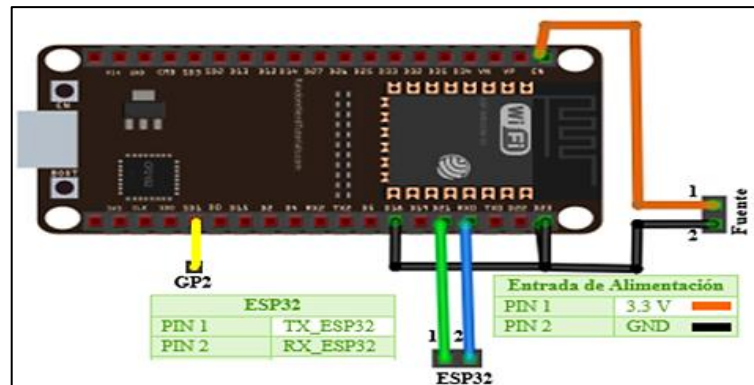


Figura 12-2: Diagrama de conexión del ESP32

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

2.4 Diseño de PCB

Antes de diseñar la placa en PCB, se verificó la simulación y el montaje de cada uno de los dispositivos en una PROTOBOARD con el fin de certificar el funcionamiento del ACEPS. Una vez visto que los dispositivos funcionan correctamente se realizó el diseño de la placa PCB que conforma el controlador del ACEPS. La placa se diseñó en el *software* EAGLE versión 9.5.2.

2.4.1 Placa controladora del ACEPS

En la figura 13-2, se puede observar el diseño de la placa de control del ACEPS. Esta placa está diseñada a dos caras, que facilita llevar las pistas en los dos extremos de la placa, permitiendo minimizar el circuito.

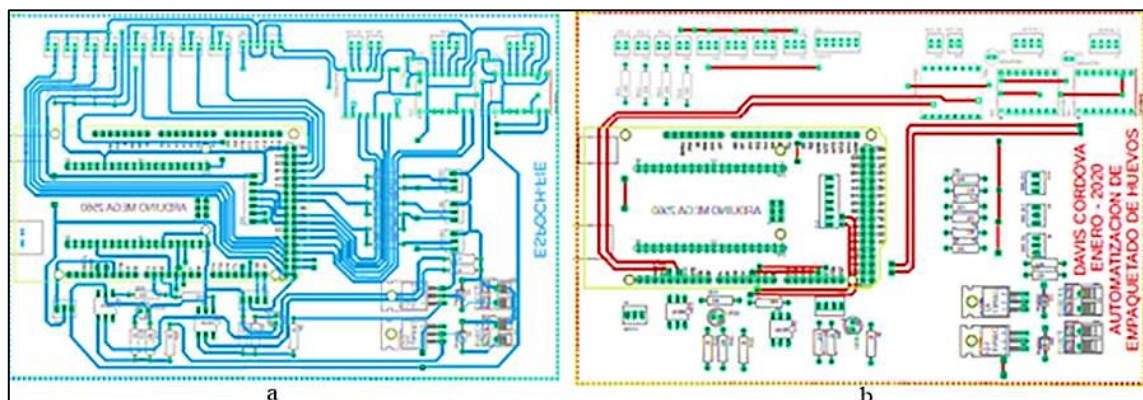


Figura 13-2: Diseño PCB del controlador del ACEPS a) Vista inferior b) Vista superior

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

2.4.2 Fabricación de la placa PCB del controlador ACEPS

Después de certificar el funcionamiento del esquemático electrónico del ACEPS, se procede a la elaboración de la placa PCB. Para ello se empleó una placa de doble cara que ofrece el doble del área para los conductores.

Al obtenido el diseño del circuito impreso a laser en papel fotográfico, se procedió a colocar el papel impreso sobre la superficie del cobre de la placa y aplicar el método de la transferencia térmica, con el fin de implantar las pistas del circuito impreso a la placa. Finalmente se sumerge en cloruro férrico a la placa para disolver el cobre, dejando las pistas y los PADS necesario para soldar los componentes electrónicos, como se indica en la figura 14-2.

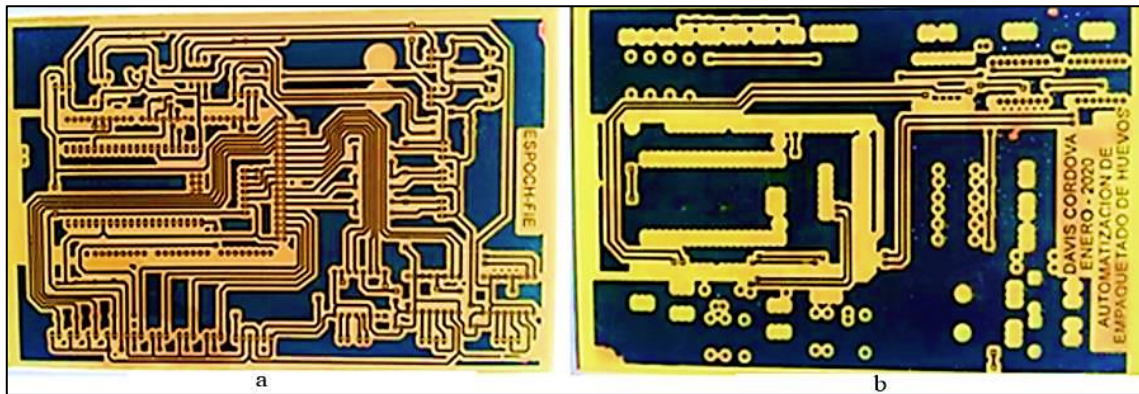


Figura 14-2: Revelado de las pistas a) Vista inferior b) Vista superior

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

Una vez que el proceso de disolución de cobre ha concluido, se procede a la limpieza de la placa con THINNER, quedando solamente las pistas conductoras que permite enlazar los dispositivos electrónicos, como se indica en la siguiente figura 15-2.

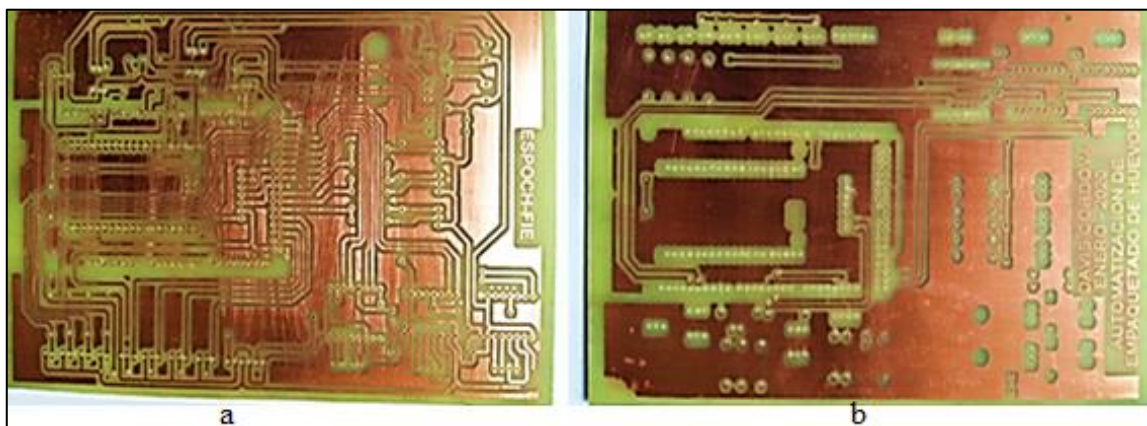


Figura 15-2: Limpieza de las pistas a) Vista inferior b) Vista superior

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

Para evitar que se forme puentes conductores entre los PADS de la placa del circuito y proteger los componentes metálicos del circuito contra la oxidación, se empleó una mascarilla de soldadura en la capa superior e inferior de la placa. Las áreas expuestas de la mascarilla de soldadura se cura con la luz ultravioleta dejando una capa dura, como se indica en la figura 16-2.

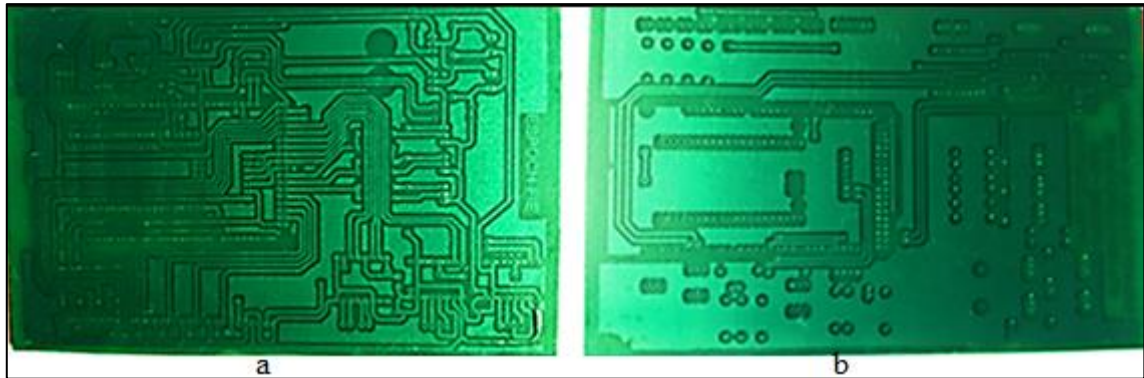


Figura 16-2: Placa con mascarilla de soldadura en las pistas a) Vista inferior b) Vista superior
Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

En el último paso del proceso de la fabricación de la placa PCB, se realizó la comprobación de la pista y las conexiones auxiliar, verificando que no existan circuitos abiertos o cortocircuitos en la placa terminada. Una vez verificada la placa, se realizaron las perforaciones y soldar los elementos electrónicos. En la figura 17-2, se indica la placa terminada del ACEPS.

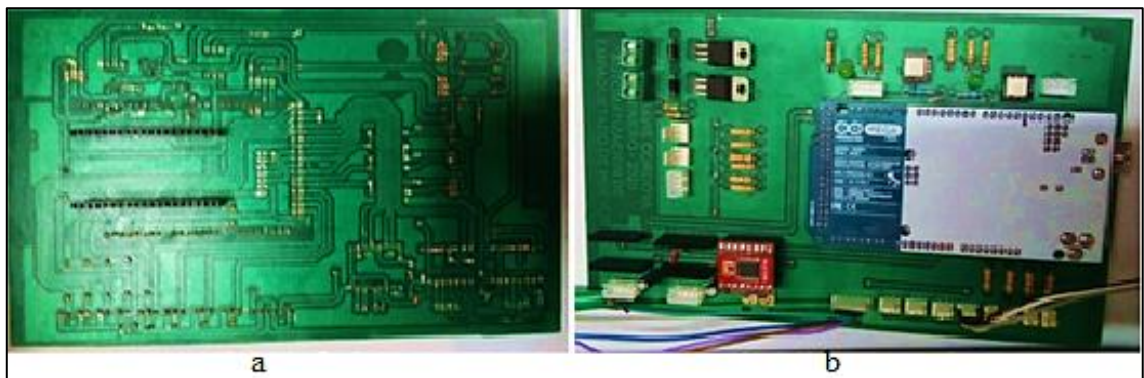


Figura 17-2: Proceso final del desarrollo de la placa a) Vista inferior b) Vista superior
Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

2.5 Diseño estructural del ACEPS

Una vez observado los requerimientos para la construcción de la estructura del ACEPS, se realizó los diseños en SolidWorks con su respectivo detalle de los materiales que se empleó en la construcción del ACEPS, se encuentra ensamblado en 5 partes que son las siguientes:

En la Figura 18-2, se muestra el diseño de la estructura completa del ACEPS.

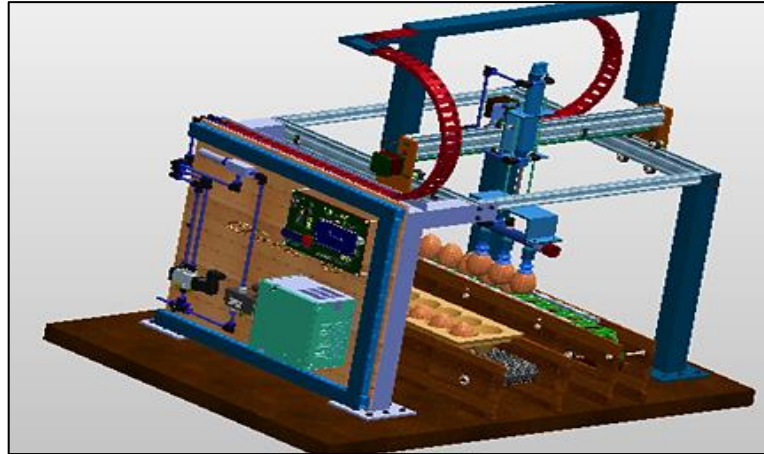


Figura 18-2: Estructura del ACEPS

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

2.5.1 Banda transportadora de huevos

Esta banda transportadora de huevos fue diseñada con los requerimientos establecidos de llevar los huevos en pie, para ello se diseñó la banda y los rodillos de forma específica que permite transportar el producto de forma secuencial y a bajas velocidad, impidiendo que los huevos se desborden, como se muestra en la figura 19-2.



Figura 19-2: Banda transportadora de huevos

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

En la figura 20-2, se observa la banda transportadora de huevos con simétrica separado y sus partes que conforma.

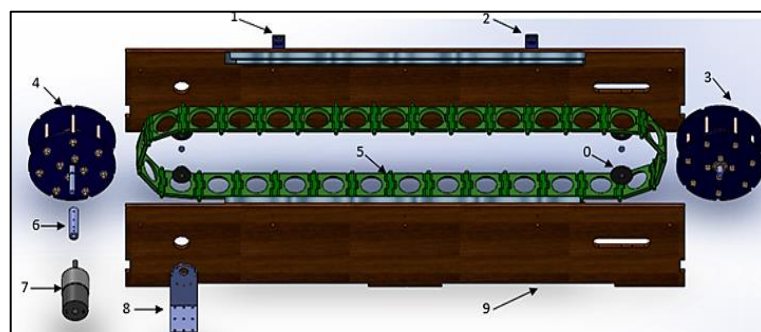


Figura 20-2: Elementos de la banda transportadora de huevos

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

A continuación, en la tabla 11-2, se describe los elementos que conforma la banda transportadora de huevos de la figura 20-2.

Tabla 11-2: Partes que conforma la banda transportadora de huevos

Banda Transportadora de Huevos	
Número	Descripción
0	Cojinete del eje del rodillo
1, 2	Sensor TCRT5000 detección de los huevos
3	Rodillo Terminal
4	Rodillo Motriz
5	Banda de cadena
6	Acople del eje del motor con el eje de rodillo
7	Motor con caja reductora
8	Soporte del motor Paso a Paso
9	Base lateral

Fuente: Propia

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

2.5.2 Banda transportadora de cubetas

Como se muestra en la figura 21-2, fue diseñada con las especificaciones requeridas de llevar cubetas de 12 unidades de huevos, para ello se diseñó la banda y los rodillos -de forma específica que permite transportar el producto de forma secuencial.



Figura 21-2: Banda transportadora de cubeta de huevos

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

En la figura 22-2, se observa la banda transportadora de cubeta con simétrica separado y sus partes que conforma.

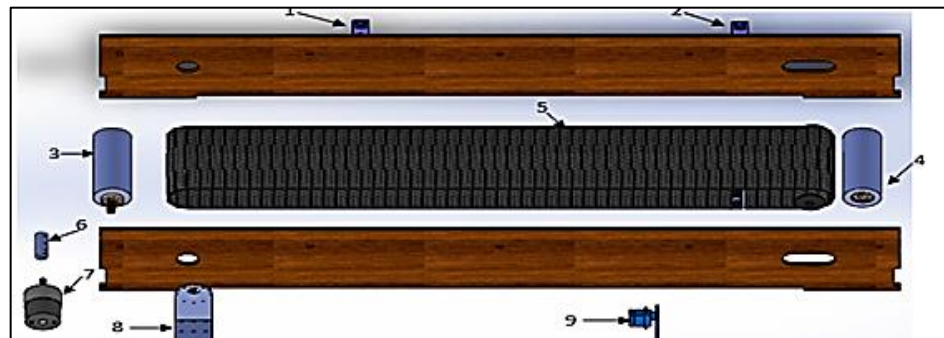


Figura 22-2: Vista explosionada de la banda transportadora de cubeta de huevos

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

A continuación, en la tabla 12-2, se describe los elementos que conforma la banda transportadora de huevos de la figura 22-2.

Tabla 12-2: Partes que conforma la banda transportadora de cubetas de huevos

Banda transportadora de cubetas	
Numero	Descripción
1, 2	Sensor TCRT5000 detección de cubeta
3	Rodillo Motriz
4	Rodillo Terminal
5	Banda transportadora Lisa
6	Acople del eje del motor con el eje de rodillo
7	Motor con caja reductora
8	Soporte del motor Paso a Paso
9	Mini Servo, permite el sellado de la cubeta

Fuente: Propia

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

2.5.3 Estructura de soporte CNC

Como se indica en la figura 23-2, se utilizó materiales de aluminio por su rigidez y por ser liviano. Esta estructura metálica fue diseñada para soportar los pesos de los equipos electrónicos que se encuentra implementado en la CNC y soportar la carga de los huevos al momento de manipularlos.

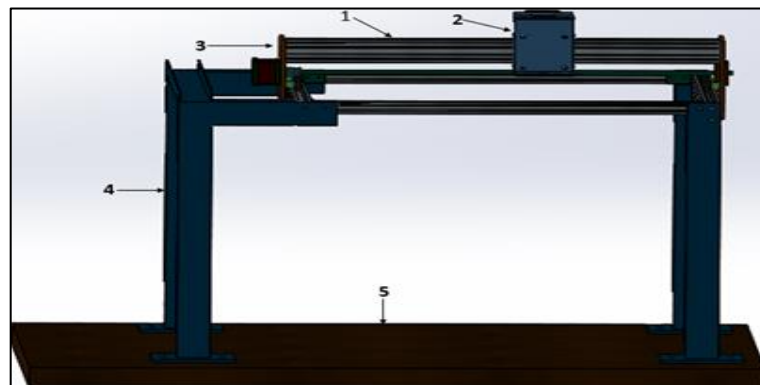


Figura 23-2: Estructura de soporte de la CNC

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

A continuación, en la tabla 13-2, se describe los elementos que conforma la estructura de soporte de la CNC de la figura 23-2.

Tabla 13-2: Partes que conforma la estructura de soporte de la CNC

Estructura de soporte CNC	
Numero	Descripción
1	Perfil de aluminio tipo V
2	Soporte del motor Paso a paso Y
3	Soporte del motor paso a paso X
4	Perfil de aluminio cuadrática
5	Base de la estructura

Fuente: Propia

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

2.5.3.1 Estructura de la CNC

Cuenta con motores paso a paso que permite la movilidad del sistema de sujeción que se encuentra limitado por sensores finales de carrera que se localizan ubicados en los ejes X e Y de la CNC. En la figura 24-2, se observa la estructura de la CNC y sus componentes electrónicos que se encuentra implementado.

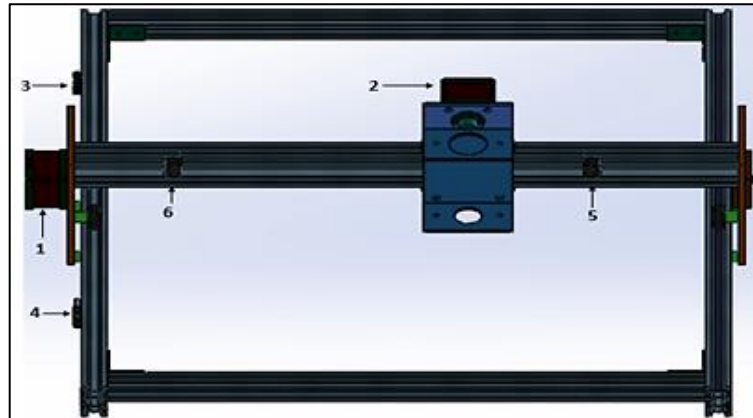


Figura 24-2: Estructura de la CNC

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

En la tabla 14-2, se describe los elementos electrónicos que se encuentra la estructura de la CNC.

Tabla 14-2: Dispositivos electrónicos que conforman la CNC

Estructura CNC	
Número	Descripción
1	Motor Paso a Paso X
2	Motor Paso a Paso Y
3, 4	Sensor final de carrera X
5,6	Sensor final de carrera Y

Fuente: Propia

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

2.5.4 Estructura del sistema de sujeción

Como se indica en la figura 25-2, este sistema cuenta con un cilindro neumático de doble efecto y un generador de vacío que permite la movilidad de los huevos desde la banda transportadora de los huevos hacia la cubeta. Este cilindro cuenta con 3 sensores magnético que permite el desplazamiento del vástago a diferentes alturas.

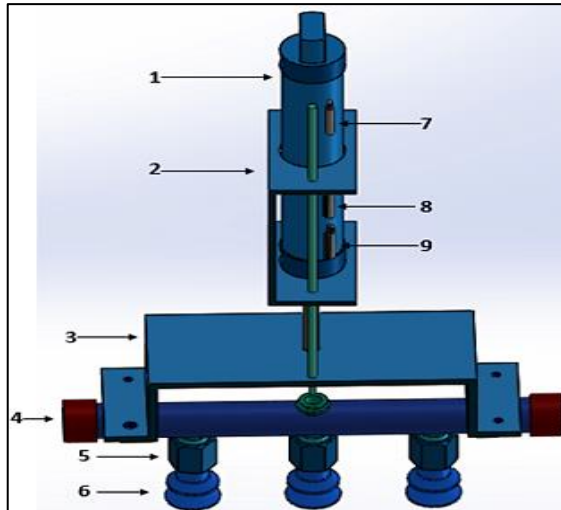


Figura 25-2: Estructura del sistema de sujeción

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

En la tabla 15-2, se describe los elementos que se encuentra la estructura del sistema de sujeción.

Tabla 15-2: Elementos que conforman el sistema de sujeción

Estructura de Sujeción	
Número	Descripción
1	Cilindro Neumático doble efecto
2	Soporte del Cilindro
3	Soporte del conector de distribución
4	Conector de distribución del generador de vacío
5	Conector Rápido Hembra 1/4
6	Ventosa tipo fuelle
7,8,9	Sensor magnético

Fuente: Propia

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

2.5.5 Tablero

La implementación se la realizo mediante el uso de un perfil de madera con el fin de colocar los elementos electrónicos y neumáticos de una forma ordenada. En este se encuentran todos los componentes de control y de alimentación como son: la placa de control del ACEPS que es el encargado de controlar todo el proceso, las electroválvulas y la fuente de alimentación. En la figura 26-2, se observa el tablero de control del ACEPS.

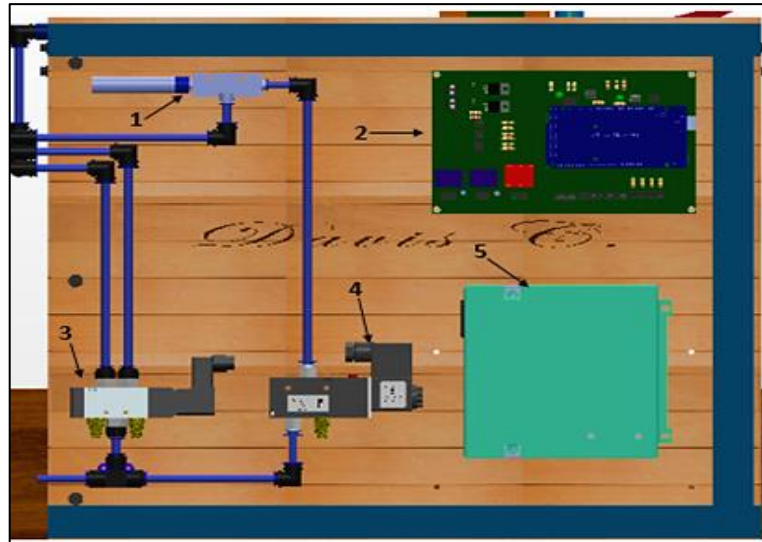


Figura 26-2: Tablero de control del ACEPS

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

En la tabla 16-2, se describe los dispositivos electrónicos que se encuentra en el tablero controla del ACEPS.

Tabla 16-2: Dispositivos electrónicos y electropneumáticos del sistema de control ACEPS

Tablero	
Número	Descripción
1	Generador de Vacío
2	Placa controladora del ACEPS
3	Electroválvula 5/2
4	Electroválvula 3/2
5	Fuente de Alimentación

Fuente: Propia

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

2.5.6 Construcción del ACEPS

Para construir del ACEPS se procedió a seleccionar materiales ligeros, pero a su vez resistentes. Los materiales seleccionados fueron perfiles de aluminio, lámina de acrílico, madera y material ABS que son usados para la impresión en 3D. Una vez obtenido todas las piezas que conforma la estructura del ACEPS se realizaron las pruebas necesarias para verificar el funcionamiento del ACEPS. En la figura 27-2, se observa la estructura final del ACEPS.

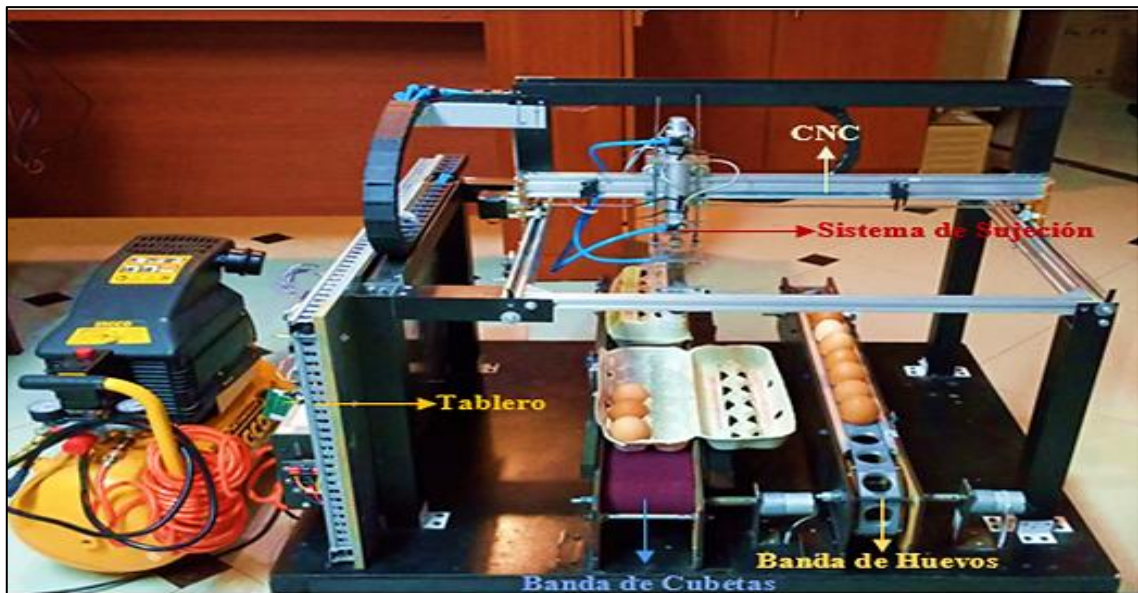


Figura 27-2: Estructura final del ACEPS

Realizado por: Córdoba, Davis, 2022.

2.6 Diagrama neumático del sistema de sujeción

En la figura 28-2, se muestra el diagrama de control del generador de vacío y del cilindro doble efecto, en el mismo que a su vez es controlado con válvulas reguladoras de aire que permite variar la velocidad del vástago, diseño en el *software* FLUIDSIM FESTO.

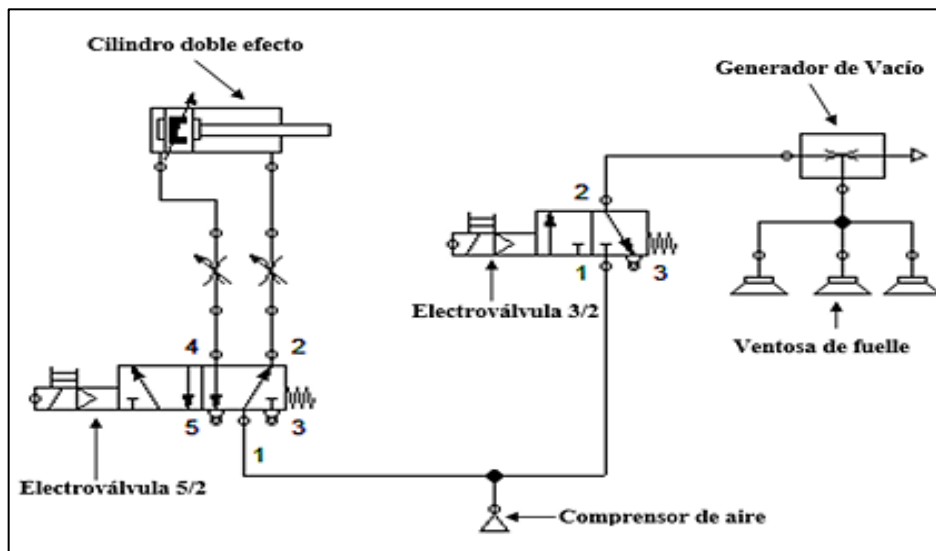


Figura 28-2: Diagrama neumático del sistema de sujeción

Realizado por: Córdoba, Davis, 2022.

Para el sistema de sujeción se emplea una electroválvula distribuidora 3/2 retorno por muelle cuya función es permitir el paso del aire hacia el generador de vacío, con esto se logra generar o interrumpir el vacío o succión; un generador de vacío el cual ayudará a sujetar el huevo mediante una ventosa tipo fuelle para que tenga la función de amortiguamiento para los huevos grandes.

El sistema de sujeción va a estar colocado en el extremo de vástago del cilindro de doble efecto, permitiendo levantar los huevos desde la banda transportadora y colocarlos en la cubeta, impidiendo que exista fracturas en el huevo.

2.7 Requerimiento de diseño para el *software*

Una vez analizado la arquitectura del hardware se procedió a estudiar los requerimientos de software con la finalidad de procesar, transmitir y recibir los datos generados por el sistema de empaquetado de huevos, se emplearon diferentes programas.

2.7.1 *Requerimientos de software del ACEPS*

- Diseñar una interfaz gráfica que visualice la información del ACEPS y que pueda ser controlado a través de una conexión a internet.
- Disponer de una conexión estable que permita llevar la información de número de cubetas empaquetados.
- Uso *software* libre para evitar gastos de licencia que eleva costo al ACEPS

2.7.2 *Arquitectura de software del ACEPS*

Para el desarrollo de *software* se utilizó programas gratuitos, para la programación de los procesadores se empleó la plataforma Arduino IDE basado en C++, un código abierto multipropósito con gran soporte.

2.7.3 *Herramientas de software*

En esta sección describe de los programas correspondientes requeridos para el desarrollo del ACEPS. Estas herramientas de *software* son gratuitamente accesibles y de código abierto con aplicaciones en la ingeniería.

2.7.3.1 *Software Arduino IDE*

Es una plataforma gratuita que posee un entorno propio de desarrollo que facilita la programación de un microcontrolador. Tiene varios ejemplos propios en cada una de las librerías permitiendo entender de mejor manera el funcionamiento del equipo que se esté manipulando.

2.7.4 *Desarrollo del código del controlador*

En la figura 30-2, se encuentra el diagrama de flujo del sistema de empaquetado de los huevos programado en el *software* Arduino IDE. A continuación, se describe las librerías utilizadas en el código del controlador.

- Se utiliza las librerías "BasicStepperDriver.h", "MultiDriver.h" y "SyncDriver.h" que permite controlar los motores paso a paso para generar el movimiento en los ejes X e Y de la CNC, como se muestra en la figura 29-2.

```

//// CONFIGURACION DE MOTORES PASO A PASO
/// MOTOR Y
#define STEPY 29      // pin STEP de A8825 a pin 29
#define DIRY 27      // pin DIR de A8825 a pin 27
/// MOTOR X
#define STEPX 25      // pin STEP de A8825 a pin 25
#define DIRX 23      // pin DIR de A8825 a pin 23
/// PASOS Y VELOCIDAD DE LOS MOTORES
#define MOTOR_STEPSX 200 //100
#define MOTOR_STEPSY 200
#define X RPM 120//500
#define Y RPM 120///120
#define MICROSTEPSX 10 //13
#define MICROSTEPSY 10
// 2-wire basic config, microstepping is hardwired on the driver
BasicStepperDriver stepperX(MOTOR_STEPSX, DIRX, STEPX);
BasicStepperDriver stepperY(MOTOR_STEPSY, DIRY, STEPY);
SyncDriver controller(stepperX, stepperY);
//////////

```

Figura 29-2: Código de la configuración de motores paso a paso

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

- Se utiliza la librería <Servo.h> para el cierre de la cubeta.

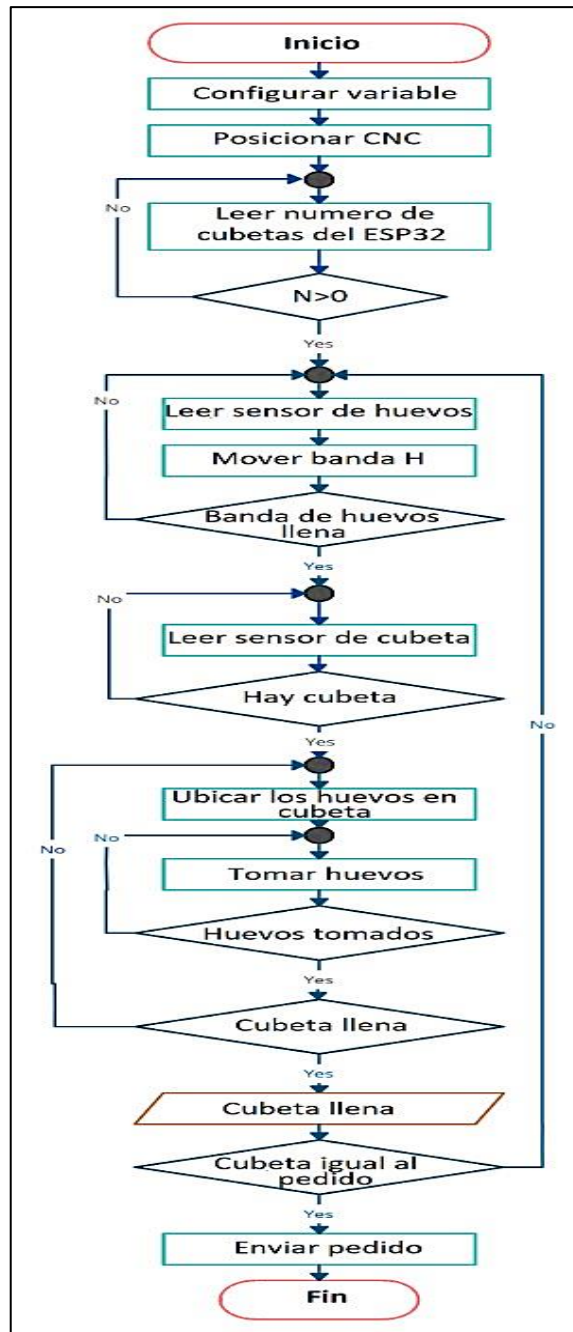


Gráfico 1-2: Diagrama de flujo del sistema de control

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

A continuación, se describe el algoritmo del sistema de control:

- Como inicio del programa, se realizó las importaciones de las librerías y las declaraciones de las variables globales e inicialización de valores.
- Se realiza el posicionamiento de los motores paso a paso de la CNC en un punto de inicio.
- Se leen el número de cubetas que se empaquetara por el puerto serial del ESP32.
- Luego de obtener el número de orden de cubetas, se procede la lectura de los sensores de la banda transportadora en forma de huevera individuales, que transporta los huevos hacia la

zona de traslado hasta que el sensor de inicio de traslado detecte el huevo, permitiendo el llenado de forma ordenada y secuencial de los huevos.

- Se realiza la lectura del sensor de la banda transportadora de las cubetas de 12 unidades, cuando el sensor se encuentre activo, el sistema de sujeción situado en la estructura de la CNC se mueve hacia abajo para recoger los huevos y los traslada hacia la cubeta de 12 unidades situado en la banda de transportar de salida, este proceso se repite hasta completar el llenado de la cubeta.
- Una vez que ha terminado el llenado de la cubeta, los datos del número de cubetas procesadas son comparadas con el numero orden de cubetas. Si el número de cubetas comparadas son iguales se finaliza el proceso.

2.7.5 *Desarrollo del código de comunicación Wi-fi*

Para programar el módulo ESP32 como servidor, se utilizó el software Arduino IDE, se emplea un algoritmo que publica en el puerto 80 del código HTML y CSS de la página Web manteniendo la conectividad, siempre cuando estén conectados a la misma red o en la misma dirección IP del módulo.

Cuando se coloca la dirección IP en el navegador que se encuentra conectado a la misma red, se envía una petición HTTP, en donde el ESP32 lea esta petición y enviara el código HTML para que se visualice la página creada en el navegador. En la figura 30-2, se muestra el funcionamiento del sistema de comunicación utilizado en el módulo.

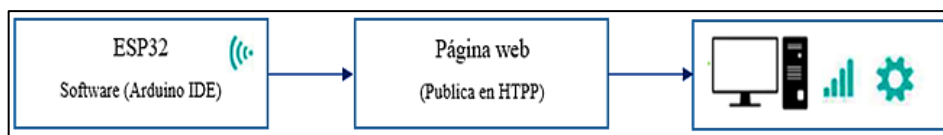


Figura 30-2: Sistema de comunicación Wi-fi

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

Para la comunicación Wi-fi con el ESP32 se utiliza la librería WiFi.h que son el encargado de la conectividad a internet, para asignar un puerto se emplea la función WiFiServer server (80), la función WiFi.begin(ssid, password), inicia la configuración de la red y la función WiFi.localIP(), obtiene la dirección IP de la red. En la figura 31-2, se muestra el código de la creación de la página web programado en el ESP32.

```

////////////////////////////////////
// Página WEB. //////////////////////////////////////
client.println("HTTP/1.1 200 OK");
client.println("Content-Type: text/html");
client.println(""); // Importante.
client.println("<!DOCTYPE HTML>");
client.println("<html>");
client.println("<link rel='icon' href='data:;base64,iVBORw0KGgo='>");
client.println("<body style=background-color:Azure>"); //configurar color de fondo general
client.println("<head><meta charset=utf-8></head>");
// client.println("<META HTTP-EQUIV='Refresh' CONTENT='3'>"); // para actualizar la pagina automaticamente
client.println("<body><center><font face='impact' SIZE=6>");
client.println("<h1 style='background-color:Aqua;'>EMPAQUETADORA ACEPS.</h1>");
client.println("<body><center><font face='Arial' SIZE=4>");
client.println("<h2><font color='#009900'>EMPAQUETADO DE HUEVOS DE GALLINA AUTOMATIZADO</font></h2>");
client.println("<h3>Página web Elaborada por: DAVIS MOISES CORDOVA.</h3>");
// client.println("<br>");
client.println("<img src='https://i.ibb.co/fx97qJV/2.jpg' alt='2' border='0' width='800' height='600'><br>");
client.println("<br>");
client.println("<p> Ingrese la cantidad de cubetas que desea ordenar <br>"); // </p>
client.println("<form method='get'>");
client.println("<label for='fname'>Número de cubetas:</label>");
client.println("<input type='number' id='fname' name='fname'><br>");
client.println("<input type='submit' value='ORDENAR'>");
//client.println("<br>");
client.println("<p>");

```

Figura 31-2: Código de la creación de la página Web

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

A continuación, en la figura 32-2, se muestra la creación de la interfaz gráfica para el usuario en la página Web de un ordenador.

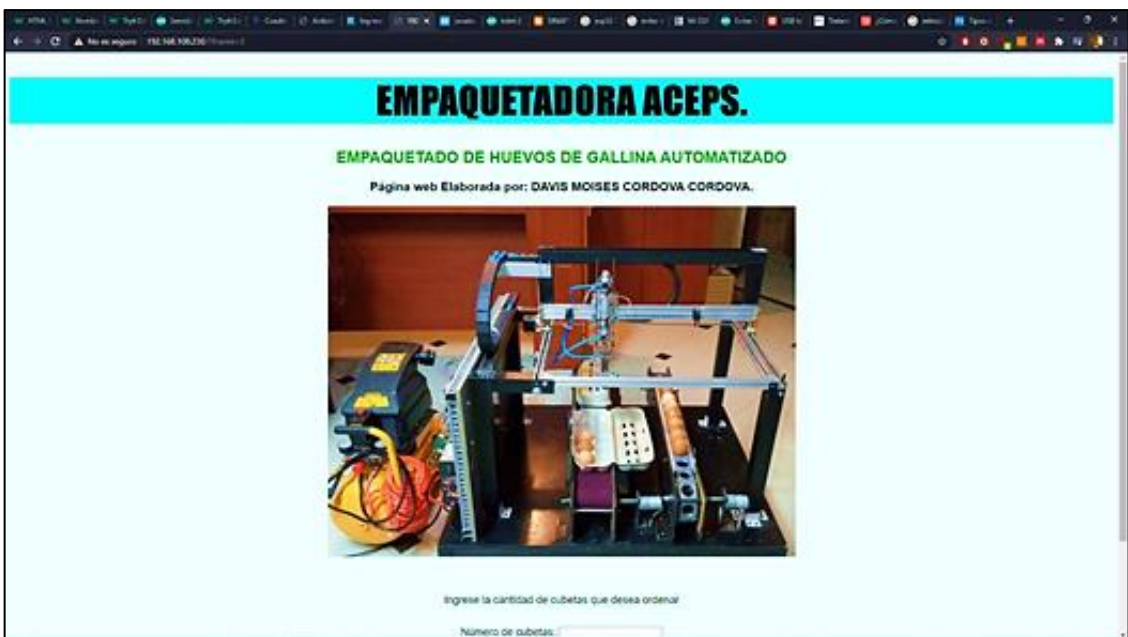


Figura 32-2: Página Web

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

En el gráfico 2-2, se muestra el diagrama de flujo del sistema de comunicación Wi-fi empleando un módulo ESP32, programado en el software Arduino IDE.

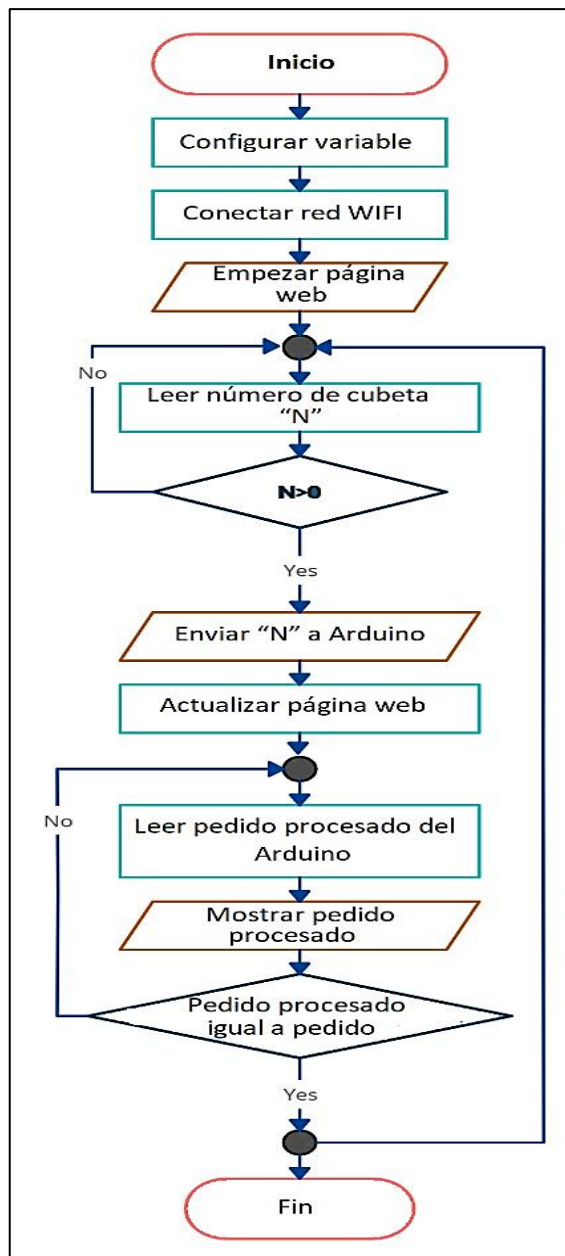


Gráfico 2-2: Diagrama de flujo del ESP32

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

CAPÍTULO III

3. VALIDACIÓN DEL PROTOTIPO

En el presente capítulo se analizan las pruebas y análisis de los resultados obtenidos del sistema de empaquetado de huevos ACEPS para garantizar el cumplimiento de los requerimientos propuestos, se realizaron las pruebas de colocación de los huevos en la cubeta de 12 unidades, pruebas del tiempo de funcionamiento en el sistema de sujeción, pruebas de tiempo de empaquetado y pruebas de consumo de energía del ACEPS.

3.1 Prueba de colocación de los huevos en la cubeta

Para establecer la eficiencia del sistema de colocación de los huevos en cubetas de 12 unidades, se tomó 10 muestras, cada cubeta está distribuida en 4 posiciones que permite la CNC colocar en la cubeta 3 huevos en cada posición, que da una totalidad de 12 huevos por cubeta, donde se evidencia la efectividad del sistema en la colocación de los huevos en las cubetas. A continuación, en la figura 1-3, se muestra el desarrollo de esta prueba.

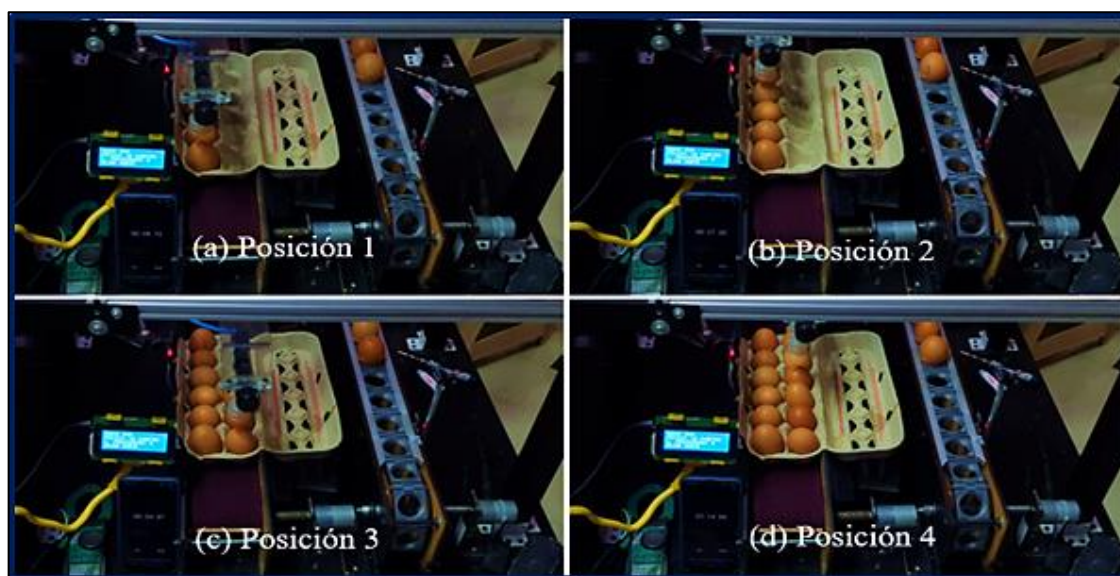


Figura 1-3: Sistema de colocación de los huevos

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

Para la evaluación de las pruebas realizadas en el sistema de colocación de los huevos en cubetas de 12 unidades, se asignó un valor del 25% a cada posición de la CNC está ubicado por 3 huevos, que da un total del 100% de eficiencia por cubeta. En caso de tener huevos colocados fuera de la cubeta tendrá una penalización 1/3 del valor asignado por cada huevo.

Con los resultados obtenidos en la tabla 1-3, se determinó que la eficiencia de la CNC en la colocación de los huevos en 10 cubetas de 12 unidades tiene el 100% de efectividad. Se concluyó

que la CNC es eficaz en el proceso de colocación de huevos en las cubetas en diferentes posiciones.

Tabla 1-3: Análisis de colocación de los huevos en la cubeta de 12 unidades

Prueba	Posición de la CNC				Eficiencia
	Posición 1	Posición 2	Posición 3	Posición 4	
Cubeta 1	25%	25%	25%	25%	100%
Cubeta 2	25%	25%	25%	25%	100%
Cubeta 3	25%	25%	25%	25%	100%
Cubeta 4	25%	25%	25%	25%	100%
Cubeta 5	25%	25%	25%	25%	100%
Cubeta 6	25%	25%	25%	25%	100%
Cubeta 7	25%	25%	25%	25%	100%
Cubeta 8	25%	25%	25%	25%	100%
Cubeta 9	25%	25%	25%	25%	100%
Cubeta 10	25%	25%	25%	25%	100%
Total, eficiencia %					100%

Fuente: Propia

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

3.2 Prueba del tiempo de funcionamiento en el sistema de sujeción

El objetivo de esta prueba se realizó para determinar el tiempo promedio del funcionamiento en el sistema de sujeción, desde la activación del generador de vacío que permite coger los huevos de la banda transportadora, hasta la desactivación del generador de vacío que transfiriere los huevos suavemente a la cubeta con una toma 10 muestra mediante el uso de un cronometro. En la figura 2-3, se muestra el desarrollo de esta prueba.

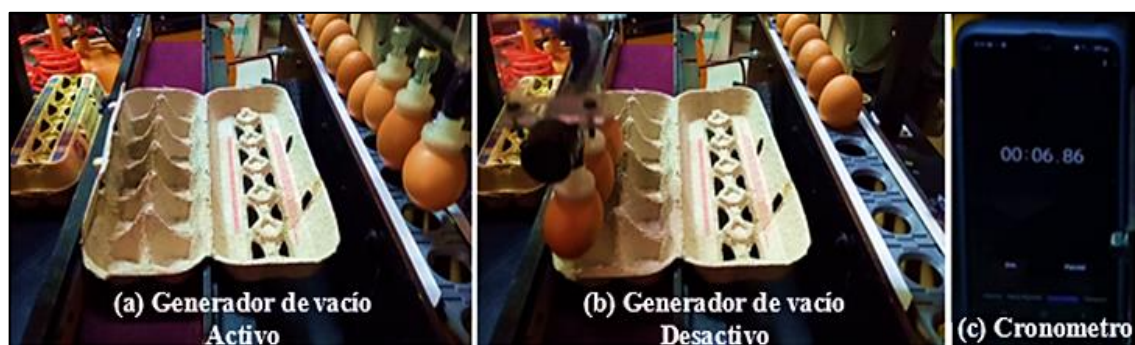


Figura 2-3: Prueba del sistema de sujeción

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

Para esta prueba se consideró que el tiempo y el generador de vacío sean apropiado, es decir, que la fuerza de succión no sea demasiado débil y el tiempo de traslado sea demasiado rápido, puede ocasionar que el huevo se caerá en el trayecto y no se podrá completar el proceso de empaquetado.

Con los resultados obtenidos en la tabla 2-3, se determinó que el tiempo promedio de mayor eficiencia del funcionamiento en el sistema de sujeción es de 10,27 segundo que tarda en trasladar

los huevos tomados desde la banda transportadora hacia la cubeta sin la existencia de tener huevos caídos.

Tabla 2-3: Prueba del tiempo de la activación del generador de vacío

Sistema de Sujeción		
Prueba	Tiempo [s]	Huevos caídos
1	06,86	Ninguno
2	07,76	Ninguno
3	16,58	Ninguno
4	08,68	Ninguno
5	06,98	Ninguno
6	13,91	Ninguno
7	07,06	Ninguno
8	14,43	Ninguno
9	06,72	Ninguno
10	13,71	Ninguno
Promedio	10,27	

Fuente: Propia

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

3.3 Prueba de tiempo de empaquetado

Para establecer la eficiencia del sistema del empaquetado de los huevos en cubetas de 12 unidades, se tomó 10 muestras a partir de los tiempos obtenidos mediante la utilización de un cronometro, el tiempo de empaquetado de forma automatizado se realizó desde que se ejecuta la orden del pedido a través del servidor Web hasta recibir la notificación de la finalización del proceso de empaquetado y el tiempo de empaquetado de forma manual se realizó desde la bandeja de recolección de los huevos hasta la el llenado de la cubeta. En la figura 3-3 se muestra el desarrollo de esta prueba.

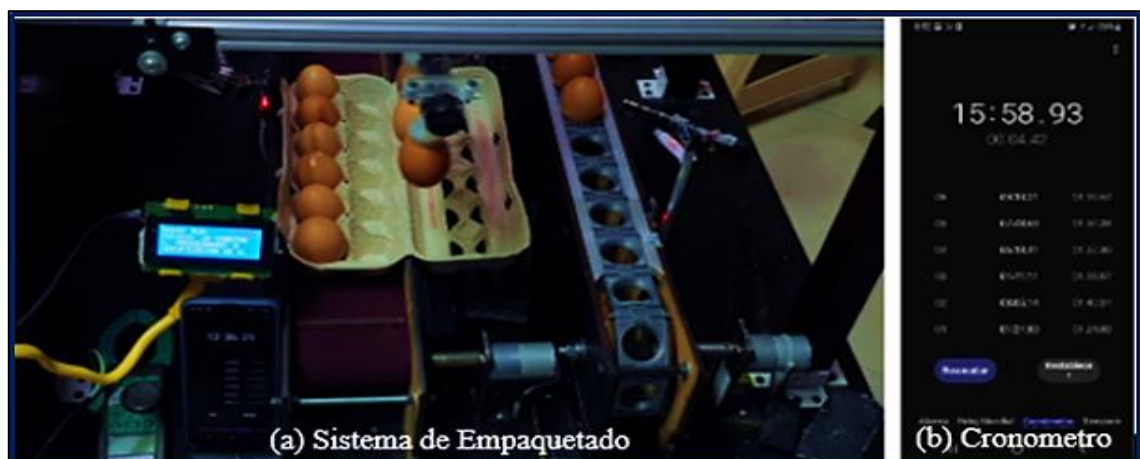


Figura 3-3: Prueba del sistema de empaquetado de huevos

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

Con los resultados obtenidos en la tabla 3-3, se determinó que el tiempo promedio de mayor eficiencia del sistema de empaquetado de huevos (de 50 a 70 gramos) en cubeta de 12 unidades de forma automática es de 1,35 minutos, teniendo una capacidad de producción de 45 cubetas por

hora y un total de 540 huevos por hora, en la forma manual es de 0,42 con una capacidad de producción de 143 cubetas por hora y un total de 1716 huevos por hora.

Tabla 3-3: Tiempo de empaquetado de huevos

Tiempo de empaquetado de huevos en cubeta 12 unidades [min]		
Prueba	Huevos de 50 a 70 gramos	
	Automático	Manual
Cubeta 1	1,24	0,40
Cubeta 2	1,40	0,38
Cubeta 3	1,35	0,38
Cubeta 4	1,37	0,50
Cubeta 5	1,30	0,43
Cubeta 6	1,29	0,39
Cubeta 7	1,36	0,38
Cubeta 8	1,34	0,42
Cubeta 9	1,40	0,47
Cubeta 10	1,45	0,39
Promedio	1,35	0,42

Fuente: Propia

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

Con los resultados obtenidos en la tabla 3-3, se determinó que el tiempo promedio de mayor eficiencia del sistema de empaquetado de huevos (de 50 a 70 gramos) en cubeta de 12 unidades es de forma manual con un tiempo promedio de 0.42 min, superando al sistema de empaquetado de forma automática, con una diferencia de 0.93 min, sin embargo, el empleo del sistema de empaquetado de forma manual tiende a cometer errores ya sea por agotamiento del personal, aumentando su tiempo y ocasionando la perturbación del proceso de producción, mientras que el sistema de empaquetado huevos de forma automática permite seguir la producción sin aumentar el tiempo de producción en todo momento.

3.4 Prueba de comunicación del ACEPS

Para determinar la eficiencia del sistema de comunicación, se realizó el envío de la información (Estado del equipo, Pedido de cubetas, Proceso del equipo, cubetas procesadas y pedido concluido), a través de la página Web y del Display. En la figura 4-3, se muestra el desarrollo de esta prueba.



Figura 4-3: Prueba comunicación del ACEPS a) Página Web b) Visualización de Display

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

Para la evaluación de las pruebas realizadas en el sistema de comunicación ACEPS, se asignó un valor del 50% a cada información visualizada en la página Web y el Display, que da un total del 100% de eficiencia. Con los resultados obtenidos en la tabla 4-3, se determinó que la eficiencia del sistema de comunicación ACEPS es de 100% de efectividad.

Tabla 4-3: Comunicación del ACEPS

Comunicación del ACEPS			
Prueba	Página Web	Display	Eficiencia
Estado del equipo	50%	50%	100%
Pedido de cubetas	50%	50%	100%
Proceso del equipo	50%	50%	100%
Cubetas procesadas	50%	50%	100%
Pedido concluido	50%	50%	100%
Promedio			100%

Fuente: Propia

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

3.5 Análisis de consumo energético del ACEPS

Para determinar el consumo de energía del ACEPS, se empleó la prueba de energético en corriente alterna durante el funcionamiento del equipo, la medición se realizó con un amperímetro de pinzas y se tomó la lectura del dato entre la línea de distribución de la red y la fuente que alimenta al ACEPS. En la figura 5-3 se muestra el desarrollo de esta prueba.



Figura 5-3: Prueba del consumo energético del ACEPS

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

Con los resultados obtenidos en la tabla 5-3, se determinó el consumo energético del ACEPS, con una potencia activa 18.0 Watt. en estado de reposo y 26,4 Watt. estado de funcionamiento, que tiene una alimentación de 120 V AC. Se tiene que el consumo energético es de 26,4 Watt. por hora.

Tabla 5-3: Consumo energético del ACEPS

Equipo ACEPS	Voltaje AC	Corriente AC [A]	Potencia [W]
En reposo	120 V	0,150 Amp	18,0 W
En funcionamiento	120 V	0,220 Amp	26,4 W

Fuente: Propia

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

CAPÍTULO IV

4. EVALUACIÓN ECONÓMICA

En este capítulo se describe el análisis económico realizado, el cual tiene como finalidad estipular el precio final del ACEPS.

4.1 Análisis de costos

En la tabla 1-4, se realiza un estudio de costos de los componentes que conforman el prototipo, y gracias a los cuales se asegura el correcto funcionamiento de este.

Tabla 1-4: Estudio de costos de componentes del ACEPS

Cant.	Componente	V. Unitario	Total
Elementos de la CNC			
1	Cadena de arrastre 2 metros	30	30
4	Sensor final de carrera	1	4
1	Kits CNC área de trabajo 50x60 cm	500	500
Sub total			534
Elementos de las bandas trasportadoras			
2	Motor con caja reductora 12v DC	20	40
1	Banda de cadena impresión 3D	120	120
2	Eje central del rodillo Impresión 3D	10	20
4	Pieza de madera para los rodillos	5	20
2	Elaboración del rodillo de nylon	20	40
1	Banda lisa	10	10
2	Soporte metálico para los motores paso a paso	10	20
4	Sensores TCRT 5000	2.5	10
2	Acople para los ejes de los motores con el rodillo	15	30
4	Pieza de madera para los laterales de la banda trasportadora	8	32
Sub total			342
Elementos del sistema neumático			
1	Electroválvula 5/2 JELPC 4v210-08	55	55
1	Electroválvula 3/2	35	35
1	Cilindro doble efecto JELPC mal20x100s	40	40
1	Generador de vacío FESTO	120	120
3	Sensores magnéticos para el cilindro neumático	9	18
3	Ventosas de fuelle	20	60
	Accesorios neumáticos	50	50
Sub total			378
Elementos del sistema de control			
1	Baquelita de 20x30 cm doble cara	10.5	10.5
1	Arduino mega 2560 ATMEGA	23	23
2	Driver Drv8825	3,25	6,50
1	Driver Tb6612	4,00	4,00
1	Módulo esp32 de 38pines	20	20
	Elementos de desarrollo de la placa	60	60
Sub total			124
Elementos de alimentación			
1	Fuente de alimentación PC	20	20

1	Compresor de aire	120	120
		Sub total	140

Descripción	Total
Costo de fabricación de la CNC	534
Costo de fabricación de las bandas transportadoras	342
Costo de fabricación del sistema neumático	378
Costo de fabricación del sistema de control	124
Elementos de alimentación	140
Costo total del ACEPS	1518

Realizado por: Córdova, Davis, 2022.

4.2 Relación de costo

ACEPS es un maquina diseñada particularmente para cumplir el objetivo de empaquetar huevos de gallina de 12 unidades enfocado en la industria avícola a través de la tecnología de las industrias 4.0 mediante la comunicación IoT. A diferencia de algunas empaquetadoras comerciales, cuenta con una plataforma web que permite realizar los pedidos de cubetas de huevos en tiempo real, gracias a la comunicación internet.

El sistema de transferencia de huevos del ACEPS se empleó sobre una arquitectura con software libre y pagina webs gratuitas. La incorporación de este sistema a una empaquetadora comercial conlleva a una inversión económica, ya que este tipo de empaquetadoras cuenta con software del fabricante. En el apartado anterior se puede observar que el costo del prototipo ACEPS es de 1518 dólares americanos. Cabe destacar que una de las empaquetadoras de huevos de marca WINWORLD modelo PM de origen China tiene un costo comercial de 28000 dólares americanos.

De la comparación realizada se puede determinar que ACEPS que alcanza un valor que representa el 54,21 % del valor comercial de la empaquetadora WINWORLD modelo PM significando un ahorro considerable, demuestra que el prototipo implementado es de bajo costo.

Los beneficios que ofrece ACEPS son los siguientes:

- ACEPS es una herramienta de ayuda para la industria avícola de bajo recurso y de producción continuo, que puede estar en funcionamiento las 24 horas.
- Tiene la facilidad de control ya que cuenta con una plataforma web que permite controlar el pedido de cubetas que se desea realizar.
- Su consumo energético es bajo, gracias a los actuadores que se encuentra instalados de bajo consumo y de alta fuerza, permitiendo ejecutar con normalidad el proceso.

CONCLUSIONES

- En el proceso de desarrollo del ACEPS fueron realizadas investigaciones sobre las técnicas y los equipos disponibles para el empaquetado de huevos. Entre los mecanismos investigados se optó por el sistema neumático debido a que acopla una matriz de sujeción que es la encargada de levantar y colocar los huevos en las cubetas de acuerdo al formato establecido.
- En base a las pruebas de funcionamiento realizadas el ACEPS, se evidenció que el prototipo cumple con los requisitos establecidos en los objetivos, posee una estructura sólida, un sistema de traslado de huevos en que puede levantar hasta pesos individuales de 240 gr a una altura mínima de 10 cm y permite establecer una conexión remota vía internet.
- El sistema de sujeción conformado por un generador de vacío y un cilindro neumático, como elementos de tracción y transporte desde la banda transportadora hacia la cubeta, se demostró adecuados y confiables. Este sistema se reveló eficiente, no perjudica la manipulación delicada de los huevos y hace combinación vacío-ventos flexible apta para la manipulación de los huevos sin maltrato o estropeo.
- En la prueba de colocación de los huevos en cubetas, la CNC es eficaz en el proceso de colocación con un porcentaje del 100% de efectividad, en diferentes posiciones. En la prueba del tiempo de funcionamiento en el sistema sujeción se determinó que el tiempo promedio es de 10,27 segundos sin la existencia de tener huevos caídos y en el análisis de consumo de energía del ACEPS reveló un consumo energético de 26,4 Watt por hora.
- El sistema de empaquetado manual tiende a cometer errores, ser más lento, en comparación con el sistema automático ACEPS diseñado que permite incrementar la producción sin aumentar el tiempo necesario para empaquetar el producto.

RECOMENDACIONES

- Aumentar la capacidad de la banda transportadora de cubetas para obtener el empaquetado de huevos en diferentes tamaños de acuerdo e investigar algoritmos de visión artificial que identifique la posición, las dimensiones y el llenado de las mismas.
- Modificar el algoritmo del sistema de empaquetado de huevos, implementando un sistema de control más robusto para optimizar el desplazamiento de los huevos, obteniendo así, una reducción del tiempo de empaquetado.
- Aumentar una base de datos para llevar un registro de la información obtenida del ACEPS, esto es número de cubetas pedidas, número de cubetas procesadas, número de huevos empaquetados, tiempo de empaquetado y poner a disposición a través de la plataforma web.
- Como una alternativa de continuación para este proyecto, podría ser el desarrollo de un prototipo desapilador automático para cubetas de 12 huevos, que permita el ingreso de las cubetas en la cinta transportadora de forma automatizada.

BIBLIOGRAFÍA

AFABA. Revista AFABA. *Issuu*. [En línea] 2015. [Citado el: 03 de Enero de 2022.] https://issuu.com/maizysoya/docs/afaba_marzo_2015.

ALIMENTACIÓN. Conoce lo que comes. [En línea] Programa del Gobierno de España-Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, 2019. [Citado el: 04 de Enero de 2020.] http://www.alimentacion.es/es/conoce_lo_que_comes/bloc/huevo/el-huevo-por-dentro/estructura/.

ARANCIBIA, Isabel; & GARZÓN, Diana. Control y monitoreo de un criadero avícola controlado por microcontroladores desde un sitio web dinámico. *Universidad Politécnica Salesiana*. [En línea] Febrero de 2011. [Citado el: 30 de Noviembre de 2019.] <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1664/12/UPS-GT000235.pdf>.

ASKIX. Guía completa de motor para la robótica. *Askix*. [En línea] 2020. [Citado el: 03 de Enero de 2022.] <https://www.askix.com/guia-completa-de-motor-para-la-robotica.html>.

AUTOMAQ. Sensores de proximidad fotoeléctricos. *Automaq*. [En línea] 2021. [Citado el: 13 de Enero de 2022.] https://www.automaq.pe/w_files/otros/producto/t_productos_ben_b27f31.pdf.

AVENDAÑO, Javier. Medicina Ocupacional en Ecuador, Normativa legal vigente en Ecuador actualizado al 2013. *Medicina ocupacional*. [En línea] 13 de Mayo de 2013. [Citado el: 24 de Julio de 2019.] <https://medicinaocupacionalecuador.wordpress.com/>.

AVICOL GENÉTICA ANIMAL. Calcio calidad del huevo. *Avicol*. [En línea] 12 de Junio de 2019. [Citado el: 02 de Diciembre de 2019.] <http://avicol.co/descargas2/CalidadHuevo.pdf>.

BARAJA, Edison. Gestión por procesos en la línea de producción de huevos de la avícola Sierra Fértil de la provincia de Cotopaxi. *Uta*. [En línea] 2017. [Citado el: 28 de Enero de 2021.] repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25183/3/Tesis_t1219id.pdf.

BENINGO, Jacob. Los Módulos Inalámbricos ESP32 Simplifican El Diseño IoT. *Digikey*. [En línea] 2020. [Citado el: 16 de Febrero de 2022.] <https://www.digikey.com/es/articles/how-to-select-and-use-the-right-esp32-wi-fi-bluetooth-module>.

BLADESHARK, Yuseff. Sensores. *Slideshare*. [En línea] 2015. [Citado el: 18 de Enero de 2022.] <https://es.slideshare.net/ybladeshark/unidad-1-sensores>.

BOON, Gerard; & MERCADO, Alfonso. Automatización Flexible en la Industria. *Abebooks*. [En línea] 1991. [Citado el: 02 de Febrero de 2022.] <https://www.abebooks.com/9789681833206/Automatizacio%CC%81n-flexible-industria-Difusio%CC%81n-produccio%CC%81n-9681833201/plp.9681833201>.

COMPUTECH. Fuente de alimentación. *Computech*. [En línea] 2020. [Citado el: 17 de Marzo de 2022.] <https://www.computech.ec/producto/fuente-poder-750w-xcase/>.

CONTRERAS, Natalia. Determinación de vida útil en yema líquida pasteurizada. *Usm*. [En línea] 2019. [Citado el: 25 de Junio de 2021.] <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/47897/3560901064622UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

CORONA, Leonel; et al. Sensores y actuadores. *Books Google*. [En línea] 2014. [Citado el: 15 de Febrero de 2022.] <https://books.google.com.co/books?id=wMm3BgAAQBAJ&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false.978-607-438-936-4>.

DEL VAL, José Luis. La transformación digital de la industria 4.0. *Coddii*. [En línea] 2015a. [Citado el: 01 de Septiembre de 2021.] <http://coddii.org/wp-content/uploads/2016/10/Informe-CODDII-Industria-4.0.pdf>.

DEL VAL, José Luis. Transformación digital. *Revista ingeniería*. [En línea] 2016b. [Citado el: 03 de Enero de 2022.] <https://revistaingenieria.deusto.es/industria-4-0-la-transformacion-digital-de-la-industria/>.

DUQUE, Jovanny. Componentes de los sistemas electroneumáticos y electrohidráulicos. *Researchgate*. [En línea] 2021. [Citado el: 16 de Enero de 2022.] <https://www.researchgate.net/lab/Jovanny-Rafael-Duque-Lab>.

DYNAMOELECTRÓNICS. Motores con caja reductor. *Dynamoelectronics*. [En línea] 2020. [Citado el: 01 de Marzo de 2022.] <https://dynamoelectronics.com/como-seleccionar-un-motor-dc/>.

ECURED. Transportador de rodillos. *Ecured*. [En línea] 2015. [Citado el: 11 de Diciembre de 2019.] http://www.ecured.cu/index.php/Transportador_de_rodillos.

EL TELÉGRAFO. El 70% de la producción nacional de huevos sale de granjas de Tungurahua. *El Telégrafo*. [En línea] 2018. [Citado el: 12 de Enero de 2022.] <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/desde/1/el-70-de-la-produccion-nacional-de-huevos-sale-de-granjas-de-tungurahua>.

ELECTRÓNICA LIBRE. Tipos de sensores. *Electrónica libre*. [En línea] 2018. [Citado el: 12 de Febrero de 2022.] <https://electronicalibrexc.blogspot.com/2018/10/teoria-de-sensores-y-transductores.html?m=0>.

EMPRESAS SMART. Tipos o Componentes de La Automatización Industrial – Smart Engineering. *Smart engineering*. [En línea] 2020. [Citado el: 10 de Enero de 2022.] <https://www.smartengineering.cl/tipos-de-automatizacion-industrial/>.

FAO. Código de prácticas de higiene para los huevos y los productos del huevo. *Fao*. [En línea] 2007. [Citado el: 18 de Enero de 2022.] <http://www.fao.org/3/i1111s/i1111s01.pdf>.

FESTO. Detectores de posición. *Festo*. [En línea] 2020. [Citado el: 07 de Enero de 2022.] https://www.festo.com/cat/en-gb_gb/data/doc_ES/PDF/ES/SMX10_ES.PDF.

GALLEGOS, Cristhian; & JARRÍN, Jorge. Diseño e implementación de un módulo didáctico para clasificación, empaquetado e inspección de huevos aplicando PLC”. *Esppoch*. [En línea] 2013. [Citado el: 27 de Enero de 2021.] <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2852>.

GOBIERNO DE ARAGÓN. Guía para la inspección y control de centros de envasado y almacenamiento de huevos. *Usal*. [En línea] 14 de Febrero de 2006. [Citado el: 04 de Enero de 2020.] http://coli.usal.es/web/Guias/pdf/Guia_practica_inspeccion_control_centro_envasado_almacen_huevos_Aragon.PDF.

GRANDA, José. Industria 4.0 en Ecuador. *Mi región*. [En línea] 2020. [Citado el: 10 de Septiembre de 2021.] <http://www.miregion.ec/opinion/industria-4-0-en-ecuador>.

GUERRA, José. Conferencia de máquinas transportadoras. *Cloud*. [En línea] 1993. [Citado el: 29 de Enero de 2022.] <https://isbn.cloud/9789590700361/conferencia-de-maquinas-transportadoras/.978-959-07-0036-1>.

HETPRO-STORE. Arduino Uno. *Hetpro-store*. [En línea] 2020. [Citado el: 11 de Enero de 2022.] <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/que-es-arduino/>.

INCAE. Curso de actualización modalidad a distancia - Avicultura II. *Incae*. [En línea] Julio de 1997. [Citado el: 17 de Agosto de 2019.] <http://x.incae.edu/ES/clacds/publicaciones/pdf/cen723.pdf>.

INEC. Encuesta de superficie y producción agropecuaria. *Inec*. [En línea] 2018. [Citado el: 14 de Diciembre de 2019.] <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/banco-de-informacion/>.

ING MECAFENIX. Arduino Uno con microcontrolador en formato DIP. *Ingmecafenix*. [En línea] 2020. [Citado el: 17 de Febrero de 2022.] <https://www.ingmecafenix.com/electronica/arduino/>.

INGENIERÍA MECA FENIX. Sensor de proximidad capacitivo. *Ingmecafenix*. [En línea] 2017. [Citado el: 10 de Febrero de 2022.] <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/sensor-proximidad-capacitivo/>.

INTECHLLC. Selladoras de huevos. *Intechllc*. [En línea] 2020. [Citado el: 10 de Enero de 2022.] <http://www.intechllc.net/ES/stampingn-es.html>.

INTEREMPRESAS. Automatización en la industria 4.0. *Inter empresas*. [En línea] 2018. [Citado el: 10 de Septiembre de 2021.] <https://www.interempresas.net/Robotica/Articulos/216603-Automatizacion-en-la-industria-alimentaria.html>.

IRIS GALCANO, Lissia Barrios. Interfaces Hombres - Máquina. *Fdocuments*. [En línea] 2014. [Citado el: 11 de Enero de 2022.] <https://fdocuments.ec/document/interfaces-hombres-m-aquina-resumen-la-interfaz-de-usuario-es-el-medio-de.html?page=1>.

KOMMURI, Suneel; et al. Sliding mode based incipient sensor fault-tolerant control for DC servomotor drives. *Researchgate*. [En línea] 2017. [Citado el: 13 de Enero de 2022.] https://www.researchgate.net/publication/320885016_Sliding_mode_based_incipient_sensor_fault-tolerant_control_for_DC_servomotor_drives.

LLAMAS, Luis. Actuadores neumáticos. *Luis LLamas*. [En línea] 2017. [Citado el: 05 de Marzo de 2022.] <https://www.luisllamas.es/tipos-actuadores-lineales-proyectos-arduino/>.

MAIN PRODUCTS. Arduino Uno. *Main products*. [En línea] 2016. [Citado el: 16 de Febrero de 2022.] <https://www.arduino.cc/en/Main/Products>.

MANOBANDA MANOBANDA, Edison Kleber; & PAREDES PAREDES, Denis André. Diseño y construcción de un banco de pruebas para cilindros de doble efecto con presión hasta 3000 PSI. *Ups*. [En línea] 2012. [Citado el: 07 de Marzo de 2022.] <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/3793>.

MANUTI. La Raspberry Pi Pico. *Raspberry*. [En línea] 2021. [Citado el: 16 de Marzo de 2022.] <https://raspberryparatorpes.net/hardware/sobre-la-raspberry-pi-pico>.

MAÑAY VIQUE, Nelly Guillermina. Auditoría financiera por el periodo comprendido entre el 01 de enero del 2013 al 31 de diciembre del 2014, de la Granja Avícola San Bernardo, ubicada

en la parroquia San Joaquín del cantón El Triunfo, provincia del Guayas. *Epoch*. [En línea] 2015. [Citado el: 16 de Junio de 2021.] <http://dspace.epoch.edu.ec/handle/123456789/11176>.

MARTÍNEZ, Alex; & QUICHIMBA, Edwin. Diseño, construcción e implementación de un sistema automatizado para el empaquetado de huevos en la empresa GRANPIAVE Cía. Ltda. *Espe*. [En línea] 2016. [Citado el: 27 de Enero de 2022.] <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/12084/T-ESPE-053379.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

MARTÍNEZ MEZA, Alex Santiago; & QUINCHIMBA CÓNDOR, Edwin Javier. Diseño, construcción e implementación de un sistema automatizado para el empaquetado de huevos en la empresa GRANPIAVE Cía. Ltda. *Espe*. [En línea] 2016. [Citado el: 10 de Enero de 2022.] <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/12084>.

MARTINO, Rocco. *Sistemas integrados de fabricación*. México : LIMUSA, 1979. 968-18-0148-2.

MGAP. Guía de buenas prácticas avícolas resolución técnica N° 0017. *Agrocalidad*. [En línea] 2013. [Citado el: 10 de Septiembre de 2021.] <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/pecu4.pdf>.

MICROCHIP. PIC microcontroladores. *Microchip*. [En línea] 2016. [Citado el: 10 de Marzo de 2022.] <http://www.microchip.com/design-centers/32-bit>.

MONTIEL, Eduardo. Mejorando la producción de huevos. *Producción*. [En línea] 2015. [Citado el: 20 de Junio de 2021.] http://www.produccion.com.ar/96jul_10.htm.

MOTOREX. El uso de la faja transportadora en las industrias. *Motorex*. [En línea] 2020. [Citado el: 16 de Enero de 2022.] <http://www.motorex.com.pe/blog/el-uso-de-la-faja-transportadora-en-las-industrias/>.

MOYA, Samuel. Sensores En La Industria de La Manufactura . *Isamex*. [En línea] 2018. [Citado el: 10 de Septiembre de 2021.] <https://www.isamex.org/intechmx/index.php/2018/11/29/sensores-en-la-industria-de-la-manufactura/>.

NORTON, Robert. Diseño de maquinaria. *Todos tus libros*. [En línea] 2000. [Citado el: 25 de Enero de 2021.] https://www.todostuslibros.com/libros/diseno-de-maquinaria-segunda-edicion_978-970-10-2655-7.978-970-10-2655-7.

PASREFORM. Sistema de carga de huevos. *Pasreform*. [En línea] 2020. [Citado el: 11 de Enero de 2022.] <https://www.pasreform.com/en/solutions/1/egg-handling/19/egg-loading-system>.

PASTOR, Javier. Raspberry Pi 3 B+, Análisis: Mas Potencia y Mejor Wifi Para Un MiniPC. *Xataka*. [En línea] 2018. [Citado el: 17 de Marzo de 2022.] <https://www.xataka.com/ordenadores/raspberry-pi-3-model-b-analisis-mas-potencia-y-mejor-wifi-para-un-minipc-que-sigue-asombra-ndo>.

PERALTA, Karla. Sistema de Control Neumático: Concepto y Elementos Que Lo Componen | PCS Pneumatic. *Pcspneumatic*. [En línea] 2020. [Citado el: 15 de Enero de 2022.] <https://pcspneumatic.com/2020/11/05/sistema-de-control-neumatico-concepto-y-elementos-que-lo-componen/>.

PIEDRAFITA, Ramón. Ingeniería de la Automatización Industrial. *Books*. [En línea] 2004. [Citado el: 25 de Enero de 2021.] https://books.google.com.ec/books/about/Ingenier%C3%ADa_de_la_Automatizaci%C3%B3n_Indust.html?id=-g9KOGAACAAJ&redir_esc=y. 978-84-7897-604-1.

POLOLU. Motores DC con caja reductora. *Pololu*. [En línea] 2020. [Citado el: 02 de Marzo de 2022.] <https://www.pololu.com/category/116/37d-metal-gearmotors>.

PROGRAMAR FACIL. Módulo ESP8266. *Programar facil*. [En línea] 2020. [Citado el: 18 de Enero de 2022.] <http://programarfacil.com>.

RESEARCHGATE. Electroválvula de 3/2 vías monoestable. *Researchgate*. [En línea] 2020. [Citado el: 15 de Enero de 2022.] <http://researchgate.net>.

ROCKWELL AUTOMATION. Sensores e interruptores. *Rockwell*. [En línea] 2021. [Citado el: 11 de Febrero de 2022.] <https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/hardware/allen-bradley/sensors-and-switches.html>.

RODAVIGO. Generador de vacío. *Rodavigo*. [En línea] 2020. [Citado el: 08 de Marzo de 2022.] <https://rodavigo.net/es>.

RODRÍGUEZ, Diego. La industria avícola Ecuatoriana - Engormix. *Engormix*. [En línea] 2009. [Citado el: 16 de Junio de 2021.] <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/industria-avicola-ecuatoriana-t28083.htm>.

RUIZ, Lino. El Control Numérico Computarizado en el Desarrollo de la Industria. *Universidad Tecnológica de Panamá*. [En línea] 2010a. [Citado el: 11 de Diciembre de 2019.] <https://es.slideshare.net/humberto7/el-control-numericocomputarizadoeneldesarrolloindustrial>.

RUIZ, Lino. El control numérico computarizado en el desarrollo industrial. *Slideshare*. [En línea] 2011b. [Citado el: 09 de Septiembre de 2021.] <https://es.slideshare.net/humberto7/el-control-numericocomputarizadoeneldesarrolloindustrial>.

SASTRE GALLEGO, Rosa María; et al. Lecciones sobre el huevo. *Instituto de estudios del huevo*. [En línea] 2002. [Citado el: 24 de Junio de 2021.] <http://institutohuevo.com/wp-content/uploads/2017/07/Lecciones-del-huevo-completo.pdf>. 84-607-5343-3.

SCPM. Principales provincias productoras de huevos. *Superintendencia de Control del Poder del Mercado*. [En línea] 2020. [Citado el: 18 de Junio de 2021.] <https://www.scpm.gob.ec/sitio/>.

SERRANO, Antonio. *Neumática práctica*. Madrid : Parainfo, 2015. 978-84-283-3033-6.

SPOTTS, M.F. Proyectos de elementos de máquinas. *Books*. [En línea] 2003. [Citado el: 16 de Enero de 2022.] https://books.google.com.ec/books/about/Proyecto_de_elementos_de_maquinas_2aed.html?id=U2GfRce_uGcC&redir_esc=y.

TAPIA, Salomé. Estudio de Mercado Avícola enfocado a la Comercialización del Pollo en Pie, año 2012 - 2014. *Scpm*. [En línea] 2017. [Citado el: 17 de Junio de 2021.] <https://www.scpm.gob.ec/sitio/wp-content/uploads/2019/03/ESTUDIO-AVICOLA-VERSION-PUBLICA.pdf>.

TIRADO, Jonathan. Revolución 4.0 en Ecuador. *Ecoinforma*. [En línea] 2021. [Citado el: 01 de Febrero de 2022.] <https://ecoinforma.org/2021/03/29/revolucion-4-0-en-ecuador/>.

TORRES, José. La automatización y sus aplicaciones en la industria. *Milenio Diario*. [En línea] 2015. [Citado el: 10 de Septiembre de 2021.] <https://www.milenio.com/opinion/varios-autores/universidad-tecnologica-del-valle-del-mezquital/la-automatizacion-y-sus-aplicaciones-en-la-industria>.

TOSCANA. ¿Cuáles son las galinas ponedoras? *Toscana Sociedad Avícola*. [En línea] 2019. [Citado el: 21 de Junio de 2021.] <http://www.avicolatoscana.com/cuales-son-las-gallinas-ponedoras/>.

TOSHIBA. Computadora Toshiba. *Toshiba*. [En línea] 2016. [Citado el: 19 de Enero de 2022.] <http://www.toshiba.es/laptops/productfilter/?sFamily=satellite>.

UELECTRONICS. ESP32 de 38 pines . *Uelectronics*. [En línea] 2020. [Citado el: 19 de Marzo de 2022.] <https://uelectronics.com/producto/esp32-38-pines-esp-wroom-32/>.

VARGAS, José; et al. Sinergia mecatrónica. *Mecamex*. [En línea] 2019. [Citado el: 17 de Marzo de 2022.] <http://www.mecamex.net/Libros/2019-Libro-SinergiaMecatronica.pdf>. 978-607-9394-17-2.

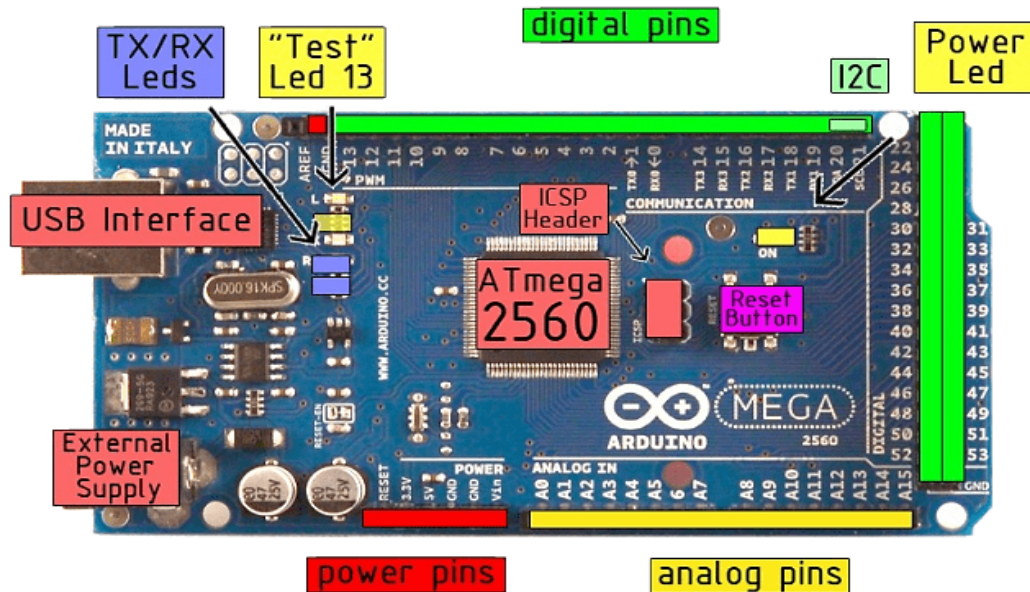
VERTERTRAINING. Sistema HMI. *Vertertraining*. [En línea] 2020. [Citado el: 05 de Enero de 2022.] <https://vestertraining.com/blog/diferencias-scada-hmi/>.

VIRLÁN, Petru. Direct and reverse start of the servomotor with LabView. *IEEE*. [En línea] 2017. [Citado el: 05 de Febrero de 2022.] <https://ieeexplore.ieee.org/document/8123350>.

ZAMBRANO, A. Control de enfermedades y buena nutrición: claves en avicultura. *El agro*. [En línea] 2015. [Citado el: 10 de Septiembre de 2021.] <https://agroempresario.com/publicacion/4019/las-10-claves-del-exito-en-el-negocio-avicola/>.

ANEXOS

ANEXO A: DATOS TÉCNICOS DE TARJETA ARDUINO MEGA 2560



Technical Specification



Summary

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

the board

ANEXO B: CÓDIGO DE LA CONFIGURACIÓN DE LOS MOTORES PASO A PASO

```
//// CONFIGURACION DE MOTORES PASO A PASO
/// MOTOR Y
#define STEPY 29      // pin STEP de A8825 a pin 29
#define DIRY 27      // pin DIR de A8825 a pin 27
/// MOTOR X
#define STEPX 25      // pin STEP de A8825 a pin 25
#define DIRX 23      // pin DIR de A8825 a pin 23
/// PASOS Y VELOCIDAD DE LOS MOTORES
#define MOTOR_STEPSX 200 //100
#define MOTOR_STEPSY 200
#define XRPM 120//500
#define YRPM 120///120
#define MICROSTEPSX 10 //13
#define MICROSTEPSY 10
// 2-wire basic config, microstepping is hardwired on the driver
BasicStepperDriver stepperX(MOTOR_STEPSX, DIRX, STEPX);
BasicStepperDriver stepperY(MOTOR_STEPSY, DIRY, STEPY);
SyncDriver controller(stepperX, stepperY);
.....
```

ANEXO C: CÓDIGO UTILIZADO EN LA CREACIÓN DE LA PÁGINA WEB

```
.ient.println("HTTP/1.1 200 OK");
.ient.println("Content-Type: text/html");
.ient.println(""); // Importante.
.ient.println("<!DOCTYPE HTML>");
.ient.println("<html>");
.ient.println("<link rel='icon' href='data:;base64,iVBORw0KGgo='>");
.ient.println("<body style=background-color:Azure>"); //configurar color de fondo general
.ient.println("<head><meta charset=utf-0></head>");
client.println("<META HTTP-EQUIV='Refresh' CONTENT='3'>"); // para actualizar la pagina automaticamente
.ient.println("<body><center><font face='impact' SIZE=6>");
.ient.println("<h1 style='background-color:Aqua;'>EMPAQUETADORA ACEPS.</h1>");
.ient.println("<body><center><font face='Arial' SIZE=4>");
.ient.println("<h2><font color='009900'>EMPAQUETADO DE HUEVOS DE GALLINA AUTOMATIZADO</font></h2>");
.ient.println("<h3>Página web Elaborada por: DAVIS MOISES CORDOVA CORDOVA.</h3>");
client.println("<br>");
.ient.println("<img src='https://i.ibb.co/fx97qJV/2.jpg' alt='2' border='0' width='000' height='000'><br>");
.ient.println("<br>");
.ient.println("<p> Ingrese la cantidad de cubetas que desea ordenar <br>"); // </p>
.ient.println("<form method='get'>");
.ient.println("<label for='fname'>Número de cubetas:</label>");
.ient.println("<input type='number' id='fname' name='fname'><br>");
.ient.println("<input type='submit' value='ORDENAR'>");
client.println("<br>");
.....
```