

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
CONTROL POR LAZO CERRADO PARA EL PROCESO DE  
SELECCIÓN Y EMPAQUETADO DE LIMONES  
UTILIZANDO COMUNICACIÓN LI-FI**

**TESIS**  
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO MECATRÓNICO**

**PRESENTADA POR**

**Bach. CUSTODIO FLORES, ENRIQUE MIGUEL**

**Bach. VALDIVIA SALDAÑA, MIGUEL ALONSO**

**Asesor: Ing. RIVAS LEÓN JAVIER HIPÓLITO**

**LIMA-PERÚ**

**2020**

## DEDICATORIA

A mi madre y mis hermanas, por brindarme el apoyo y respaldo día a día para salir adelante y lograr mis objetivos.

Enrique Custodio

A mis padres, mi hermano y demás familiares, que serán mi mayor motivación y motor en esta vida.

Miguel Valdivia

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestros familiares directos, los cuales nos brindaron el aliento y el apoyo emocional necesario para poder culminar exitosamente este proyecto.

A nuestro asesor Javier Rivas León, por brindarnos su apoyo y guía durante el trabajo de tesis, así como algunas recomendaciones en la redacción.

INDICE GENERAL	
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
INDICE GENERAL .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
INDICE DE FIGURAS .....	x
INDICE DE ANEXOS .....	xiv
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT .....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	1
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>2</b>
1.1. Presentación de la Problemática.....	2
1.2. Formulación del problema .....	3
1.2.1. Problema General .....	3
1.2.2. Problemas Específicos .....	3
1.3. Objetivos .....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos .....	4
1.4. Alcances y Límites de la investigación .....	4
1.5. Justificación de la investigación .....	5
1.5.1. Justificación económica .....	5
1.5.2. Justificación técnica .....	5
1.6. Estructura de la tesis .....	7
<b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>8</b>
2.1. Antecedentes de la Investigación .....	8
2.1.1. Antecedentes Internacionales .....	8

2.1.2.	Antecedentes Nacionales .....	9
2.2.	Selección de variables .....	9
2.3.	Bases Teóricas .....	10
2.3.1.	Características de un sistema automatizado .....	10
2.3.1.1.	Concepto de un sistema automatizado .....	10
2.3.1.2.	Proceso de lavado de limones .....	11
2.3.1.3.	Proceso de secado .....	13
2.3.1.4.	Proceso de Cepillado de limones .....	14
2.3.1.5.	Proceso de encerado de limones .....	17
2.3.1.6.	Proceso de selección de limones .....	18
2.3.1.7.	Proceso de pesado y envasado de limones .....	20
2.3.1.8.	Limón Sutil .....	21
2.3.1.9.	Limón Tahití .....	22
2.3.2.	Diseño del control por lazo cerrado de las variables .....	23
2.3.2.1.	Variables de flujo .....	23
2.3.2.2.	Variable coloración de los limones .....	24
2.3.2.3.	Variable peso limones .....	25
2.3.2.4.	Control por lazo cerrado .....	25
2.3.2.5.	Control por lazo cerrado aplicado al Arduino.....	26
2.3.2.6.	Controlador Arduino.....	27
2.3.2.7.	Controlador Arduino Mega 2560 R3 .....	28
2.3.3.	Características de los sensores y actuadores elegidos .....	29
2.3.3.1.	Definición de sensor .....	29
a)	Sensor que inicia o detiene el proceso.....	30
b)	Sensor para seleccionar limones por color .....	31
c)	Sensor para definir el pesaje de los limones .....	32
2.3.3.2.	Definición de actuador .....	33
2.3.3.3.	Actuadores utilizados en el proyecto .....	34
2.3.4.	Sistemas de comunicación .....	37
2.3.4.1.	Comunicación alámbrica .....	37
2.3.4.2.	Comunicación inalámbrica .....	38
2.3.4.3.	Comunicación Li-Fi .....	39

2.3.4.3.1. Definición .....	40
2.3.4.3.2. Principio de funcionamiento .....	40
2.3.4.3.3. Áreas de aplicación .....	41
2.3.4.3.4. Beneficios .....	44
2.3.4.3.5. Ventajas y desventajas .....	46
2.3.4.3.6. Tipos de Li-Fi .....	48
2.3.4.3.7. Comunicación Li-Fi por luz visible .....	48
2.3.4.3.8. Comunicación Li-Fi por luz no visible .....	50
2.3.4.3.9. Elementos utilizados en la etapa de comunicación .....	51
<b>CAPITULO III: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA .....</b>	<b>54</b>
3.1. Requerimientos generales .....	54
3.2. Respuesta del requerimiento.....	55
3.3. Diseño Mecánico .....	56
3.3.1. Diseño de la tolva y dispensadora de limones.....	57
3.3.1.1. Características de la estructura .....	57
3.3.1.2. Partes y dimensiones de la estructura .....	57
3.3.2. Diseño de la faja transportadora .....	61
3.3.2.1. Características de la estructura .....	62
3.3.2.2. Dimensiones de la faja transportadora .....	63
3.3.2.3. Ubicación de los sensores y actuadores de la faja transportadora .....	63
3.3.3. Diseño de la caja de control de mandos .....	64
3.3.3.1. Características de la caja de control de mandos .....	64
3.3.3.2. Dimensiones de la caja de control de mandos .....	65
3.3.3.3. Ubicación de los sensores y actuadores en la caja de control de mandos ..	65
3.3.4. Balanza y jaba .....	66
3.3.4.1. Características de la balanza .....	66
3.3.4.2. Dimensiones de la balanza .....	67
3.3.4.3. Dimensiones de la jaba .....	67
3.3.5. Lámpara Li-Fi .....	68
3.3.5.1. Características de la lámpara Li-Fi .....	68
3.3.5.2. Dimensiones de la lámpara Li-Fi .....	68

3.4.	Diseño Electrónico .....	69
3.4.1.	Elementos a emplear .....	70
3.4.2.	Requerimientos eléctricos y electrónicos de los sensores .....	72
3.4.3.	Requerimientos eléctricos y electrónicos de los actuadores .....	72
3.4.4.	Requerimientos para la etapa de comunicación Li-Fi .....	72
3.4.5.	Conexión de los componentes al microcontrolador .....	72
3.4.6.	Circuito electrónico para las fuentes y tierras .....	74
3.5.	Diseño Informático .....	75
3.6.	Implementación del sistema .....	77
3.6.1.	Etapa de flujo de limones .....	77
3.6.1.1.	Ubicación de los componentes .....	78
3.6.1.2.	Conexiones electrónicas .....	79
3.6.2.	Etapa de detección de limones y activación de la faja. ....	81
3.6.2.1.	Ubicación de los componentes .....	82
3.6.2.2.	Conexiones electrónicas .....	82
3.6.2.3.	Programación del sensor HC-SR04 .....	84
3.6.3.	Etapa de selección de limones .....	86
3.6.3.1.	Ubicación de los componentes .....	87
3.6.3.2.	Conexiones electrónicas .....	88
3.6.3.3.	Programación del sensor TCS230 .....	89
3.6.4.	Etapa de pesaje y empaquetado .....	90
3.6.4.1.	Ubicación de los componentes .....	91
3.6.4.2.	Conexiones electrónicas .....	91
3.6.4.3.	Programación del módulo HX711 .....	92
3.6.5.	Etapa del control por caja de mando .....	93
3.6.5.1.	Ubicación de los componentes .....	93
3.6.5.2.	Conexiones electrónicas .....	93
3.6.6.	Etapa de comunicación Li-Fi .....	94
3.6.6.1.	Ubicación de los componentes .....	95
3.6.6.2.	Conexiones electrónicas .....	96
3.6.7.	Cálculo de potencia en el sistema .....	96

<b>CAPITULO IV: PRUEBAS Y RESULTADOS .....</b>	<b>99</b>
4.1. Pruebas.....	99
4.1.1. Prueba 1 – Dispensado de limones.....	99
4.1.2. Prueba 2 – Faja Transportadora .....	99
4.1.3. Prueba 3 – Comunicación Li-Fi .....	100
4.2. Resultados .....	100
4.2.1. Resultados – Prueba 1 .....	100
4.2.2. Resultados – Prueba 2 .....	102
4.2.3. Resultados – Prueba 3 .....	104
4.3. Costos .....	108
4.3.1. Costos del equipamiento.....	108
4.3.2. Costo del diseño .....	110
4.3.3. Costo energético .....	110

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Variable Independiente.....	10
Tabla 2 Variables Dependientes.....	10
Tabla 3 Tipos de Cepillo.....	15
Tabla 4 Calibres y cantidad por kilos del limón Sutil.....	22
Tabla 5 Calibres y cantidad por kilos del limón Tahití.....	23
Tabla 6 Características del sensor HC-SR04.....	30
Tabla 7 Características del sensor TCS-3200.....	31
Tabla 8 Descripción de los actuadores utilizados en el proyecto.....	35
Tabla 9 Tipos de comunicación alámbrica.....	38
Tabla 10 Tipos de comunicación inalámbrica.....	39
Tabla 11 Elementos utilizados en la etapa de comunicación.....	51
Tabla 12 Tamaño promedio del limón.....	61
Tabla 13 Dispensado en grupo de 20 limones.....	101
Tabla 14 Dispensado en grupo de 30 limones.....	101
Tabla 15 Dispensado en grupo de 40 limones.....	102
Tabla 16 Detección en grupo de 20 limones.....	103
Tabla 17 Detección en grupo de 30 limones.....	103
Tabla 18 Detección en grupo de 40 limones.....	104
Tabla 19 Comparación de velocidades entre las redes: Ethernet / Wi-Fi / Li-Fi.....	105
Tabla 20 Costo de los materiales empleados en el Proyecto.....	108
Tabla 21 Costo del diseño.....	110

## INDICE DE FIGURAS

Figura N°1 Limones exportados entre 2002 al 2016.....	2
Figura N°2 Principales zonas productoras del limón en el Perú.....	6
Figura N°3 Estructura de la tesis.....	7
Figura N°4 Sistema industrial automatizado.....	11
Figura N°5 Lavado Industrial de limones.....	12
Figura N°6 Tolva con limones.....	13
Figura N°7 Proceso de secado de limones del proyecto.....	14
Figura N°8 Proceso de cepillado de limones del proyecto.....	17
Figura N°9 Encerado de limones por aspersión.....	18
Figura N°10 Clasificadora industrial de limones.....	19
Figura N°11 Sensor TCS230 conectado a Arduino.....	19
Figura N°12 Limones pesados con Carga de celda 5 kg.....	20
Figura N°13 Limones empaquetados en una jaba con capacidad para 25 Kg.....	21
Figura N°14 Limón Sutil.....	22
Figura N°15 Limón Tahití.....	23
Figura N°16 Cubo dimensional RGB.....	25
Figura N°17 Sistema de Control de lazo cerrado.....	26
Figura N°18 Lazo cerrado de la etapa de Detección de limón.....	26
Figura N°19 Lazo cerrado de la etapa de Detección de limón.....	27
Figura N°20 Lazo cerrado de la etapa de Detección de limón.....	27
Figura N°21 Tipos de Arduino.....	28
Figura N°22 Arduino Mega 2560.....	28
Figura N°23 Tipos de sensores.....	29
Figura N°24 Sensor Ultrasonido HC-SR04.....	31
Figura N°25 Sensor TCS-230.....	32
Figura N°26 Interfaz HX711 con Arduino.....	33
Figura N°27 Tipos de actuadores.....	34
Figura N°28 Comunicación a través de un sistema Li-Fi.....	41
Figura N°29 Li-Fi aplicada en seguridad.....	41
Figura N°30 Li-Fi aplicada en sectores de educación.....	42

Figura N°31 Li-Fi aplicada a sectores de medicina.....	42
Figura N°32 Li-Fi aplicada en sectores industriales.....	43
Figura N°33 Li-Fi aplicado en Smart home.....	43
Figura N°34 Seguridad de datos usando Li-Fi.....	44
Figura N°35 Diferencias de ancho de banda entre comunicación Wi-Fi y Li-Fi.....	44
Figura N°36 Li-Fi aplicado a la geo-localización.....	45
Figura N°37 Puntos de acceso Wi-Fi vs Li-Fi.....	45
Figura N°38 Comunicación Li-Fi mediante luz visible.....	49
Figura N°39 Comunicación Li-Fi mediante Luz infrarrojo.....	51
Figura N°40 Esquema de conexión Li-Fi utilizado por la empresa Oledcomm.....	53
Figura N°41 Esquema del proceso de diseño.....	55
Figura N°42 Diseño general del sistema automatizado de selección y empaquetado de limones.....	56
Figura N°43 Estructura de la tolva y dispensadora de limones.....	57
Figura N°44 Vista isométrica de la tolva para limones.....	58
Figura N°45 Medidas de la tolva para limones.....	58
Figura N°46 Vista isométrico de transportadora de limones.....	59
Figura N°47 Medidas de Transportadora de limones.....	59
Figura N°48 Parte de la estructura de la dispensadora.....	59
Figura N°49 Diseño del soporte de la estructura.....	60
Figura N°50 Medidas del soporte de la estructura.....	60
Figura N°51 Vista isométrica de la faja transportadora.....	63
Figura N°52 Medidas de la faja transportadora.....	63
Figura N°53 Medidas de los componentes a distancia del inicio de la faja.....	64
Figura N°54 Vista isométrica de la caja de control de mandos.....	64
Figura N°55 Medidas de la caja de control de mandos.....	65
Figura N°56 Medidas de los componentes en la caja de control de mandos.....	65
Figura N°57 Vista isométrico de la balanza.....	66
Figura N°58 Dimensiones de la balanza.....	67
Figura N°59 Dimensiones de la jaba.....	67
Figura N°60 Vista isométrica de la lámpara Li-Fi.....	68

Figura N°61 Dimensiones de la base de la lámpara.....	69
Figura N°62 Dimensiones del brazo regulador.....	69
Figura N°63 Conexiones de los componentes al Arduino.....	73
Figura N°64 Diseño del circuito de fuentes y tierras en Proteus.....	74
Figura N°65 Circuito electrónico para fuentes y tierras.....	75
Figura N°66 Diagrama de flujo del funcionamiento del sistema.....	76
Figura N°67 Diagrama del control de flujo de limones.....	78
Figura N°68 Ubicación de los motores para la etapa de flujo de limones.....	79
Figura N°69 Conexiones electrónicas para los motores de la etapa de flujo de limones.....	79
Figura N°70 Diagrama de flujo de la etapa de detección de limones.....	81
Figura N°71 Sensor Ultrasonido conectado a la faja.....	82
Figura N°72 Diagrama de conexión del sensor ultrasónico.....	83
Figura N°73 Programación del sensor HC-SR04.....	85
Figura N°74 Diagrama de flujo del control de selecciones.....	87
Figura N°75 Vista Isométrica de la etapa de selección.....	88
Figura N°76 Diagrama de conexión electrónica de sensor de color y pistón.....	88
Figura N°77 Programación del sensor TCS230.....	89
Figura N°78 Diagrama de flujo de la etapa de pesaje y empaquetado.....	90
Figura N°79 Balanza y jaba con limones.....	91
Figura N°80 Diagrama de conexiones electrónicas de sensor de peso y alarma.....	91
Figura N°81 Programación del sensor de peso.....	92
Figura N°82 Caja de control de mandos.....	93
Figura N°83 Diagrama de conexión electrónica de pulsadores e interruptor.....	94
Figura N°84 Modulo ethernet ENC28J60.....	94
Figura N°85 Operario conectado a la Red Li-Fi.....	95
Figura N°86 Lámpara con kit Li-Fi.....	95
Figura N°87 Diagrama de conexiones.....	96
Figura N°88 Tolva con limones.....	101
Figura N°89 Limones en diversas etapas del sistema.....	102
Figura N°90 Grupo de limones usado para pruebas.....	103
Figura N°91 Comunicación Li-Fi conectado al sistema.....	105

Figura N°92 Pagina web que permite controlar el sistema mediante red Li-Fi.....	105
Figura N°93 Sistema trabajando visto desde la web.....	106
Figura N°94 Peso obtenido mayor a 1Kg, visto desde la página web.....	107
Figura N°95 Supervisión y control desde el dispositivo conectado a la red Li-Fi.....	107

## INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 Consulta para el permiso de Internamiento Kit Li-Fi.....	116
ANEXO 2 Permiso de Internamiento Kit Li-Fi.....	117
ANEXO 3 Ficha técnica limón Sutil.....	118
ANEXO 4 Ficha técnica limón Tahití.....	119
ANEXO 5 Datasheet del Controlador.....	120
ANEXO 6 Características del sensor HC-SR04.....	128
ANEXO 7 Características del sensor TCS230.....	129
ANEXO 8 Características del transmisor HX711.....	130
ANEXO 9 Motor DC Reductor 12V 11RPM S330022.....	131
ANEXO 10 Datasheet del Ventilador.....	133
ANEXO 11 Datasheet del Buzzer.....	134
ANEXO 12 Datasheet de Pantalla LCD 16X2.....	135
ANEXO 13 Datasheet Gateway Arris TG2482.....	137
ANEXO 14 Datasheet Inyectir PoE.....	139
ANEXO 15 Hoja técnica del Cable UTP Categoría 6.....	141
ANEXO 16 Catalogo TOMRA SENTINEL II.....	143
ANEXO 17 Salidas digitales conectadas al Arduino.....	145
ANEXO 18 Salidas analógicas conectadas al Arduino.....	146
ANEXO 19 Programación del sensor HC-SR04.....	147
ANEXO 20 Calibración del sensor TCS230.....	149
ANEXO 21 Calibración del módulo HX711.....	152
ANEXO 22 Datasheet del módulo ENC28J60.....	155
ANEXO 23 Ficha técnica del kit Lifi max.....	157
ANEXO 24 Código del Módulo ESP8266.....	161
ANEXO 25 Código final del programa.....	171

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo diseñar e implementar un sistema de control por lazo cerrado para el proceso de selección y empaquetado de limones, supervisado a través de un sistema de comunicación Li-Fi; puesto que esta tecnología está siendo desarrollada actualmente por grandes empresas del rubro de iluminación y comunicación, ya que apunta a ser el medio comunicativo del futuro, a su vez permitirá trabajar de la mano con las redes 5G y el internet de las cosas(IoT), cuyos campos están relacionados a la cuarta revolución industrial, así como mejorar considerablemente el envío y recepción de datos

Para la elaboración del diseño mecánico del sistema, se ha utilizado el software Solidworks, por otro lado, se utilizó el software Proteus para el diseño de la parte electrónica.

Tras el diseño, se realizaron los cálculos necesarios para ajustar los parámetros, tales como detección de objetos, selección por rango de frecuencia, cálculo de potencias usadas y análisis de materiales. Con estos cálculos se elaboró un prototipo de sistema industrial de selección y empaquetado de limones supervisado a través de comunicación Li-Fi.

Consecuentemente, Los resultados demostraron que fue posible diseñar e implementar un sistema de control de lazo cerrado a bajo costo, y que este prototipo puede trabajar con comunicación Li-Fi, concluyendo que cualquier empresa o sistema industrial puede adaptarse con esta nueva tecnología de comunicación.

Palabras Clave: Li-Fi, Sistema Industrial, Comunicación

## ABSTRACT

The objective of this research was to design and implement a closed-loop control system for the lemon selection and packaging process, supervised through a Li-Fi communication system; Since this technology is currently being developed by large companies in the field of lighting and communication, as it aims to be the communicative medium of the future, it can also work hand in hand with 5G networks and the Internet of Things (IoT). , whose fields are related to the fourth industrial revolution, as well as specifically improving the sending and receiving of data

For the elaboration of the mechanical design of the system, use the Solidworks software, on the other hand, use the Proteus software for the design of the electronic part.

After the design, the necessary calculations are used to adjust the parameters, stories such as detection of objects, selection by frequency range, calculation of used powers and analysis of materials. With these calculations, a prototype of an industrial lemon selection and packaging system supervised through Li-Fi communication was developed.

Consequently, the results demonstrated that it was possible to design and implement a closed-loop control system at low cost, and this prototype can work with Li-Fi communication, concluding that any company or industrial system can protect with this new communication technology.

Keywords: Li-Fi, Industrial System, Communication

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad Perú es uno de los productores más importantes de limones a nivel de Sudamérica, particularmente el departamento de Piura, el cual cuenta con óptimas condiciones geográficas para este tipo de cultivos, por esta razón diversas empresas apuestan por su producción en esta región, siendo limones tipo Sutil y Tahití los más producidos, a tal punto que gran parte de estos son exportados a mercados como: Chile, Panamá, Grecia, etc.

Alcanzar un nivel de exportación para un país con economía emergente, frente a otros países exportadores de limones como: España, México, Turquía -los cuales cuentan con mejor economía, organización y tecnología- requiere de una gran inversión ya que nuestro país en su mayoría realiza el proceso de selección de limones de forma manual, es decir intenta cumplir con los estándares de exportación de limones. Las principales herramientas con las que cuenta el trabajador para realizar este proceso es su experiencia y sentidos (tacto y vista) para clasificarlos. Estas actividades basadas principalmente en la percepción humana sumadas a la realización de una tarea repetitiva tienen consigo diferentes problemas lo que conlleva a una falta de uniformidad y calidad en el producto final.

El Proyecto tiene como finalidad realizar un prototipo de un sistema de selección y empaquetado de limones usando un sistema automatizado, controlado y supervisado a través de comunicación Li-Fi. Esta máquina se encarga de realizar principalmente el proceso de selección de limones según su color, sin la intervención humana, manteniendo un mismo patrón al momento de realizar la selección, posterior al proceso de selección, el producto se dirige a un área de pesaje, el cual se encarga de agrupar una cantidad de limones hasta llegar a 1kg, estos grupos son empaquetados para ser enviados al cliente final. Los limones que no cumplen con los patrones establecidos por el Sistema no son desechados, éstos van a otra área para ser materia prima en la elaboración de zumo de limón, productos de limpieza, etc. Cabe mencionar que nuestro sistema de supervisión será a través de comunicación Li-Fi, ya que gracias a ella nuestro sistema será más seguro, confiable y veloz.



En la figura N°1 se puede observar que la exportación de limones tiende a crecer año tras año, esto gracias a las diversas empresas que se dedican a la producción de estos frutos. A pesar que la tecnología empleada en la producción satisface la demanda del mercado, nuestra propuesta busca mejorar estos procesos a través de un proceso automatizado, el cual sea controlado y supervisado por medio de un sistema de comunicación Li-Fi, esto para mejorar los niveles de producción y demostrar que esta nueva tecnología puede adaptarse a los sistemas industriales actuales.

## **1.2. Formulación del problema**

La pregunta es: ¿Será posible diseñar e implementar un sistema automatizado para el proceso de selección y empaquetado de limones que sea supervisado mediante comunicación Li-Fi?

### 1.2.1. Problema General

¿Cómo demostrar que es posible diseñar e implementar un sistema de selección y empaquetado de limones utilizando comunicación Li-Fi?

### 1.2.2. Problemas Específicos

1. ¿Cómo realizar los procesos de selección y empaquetado de limones siguiendo estándares de calidad que rigen al proceso?
2. ¿Cómo establecer un sistema de comunicación de manera inalámbrica en el proceso?

## **1.3. Objetivos**

### 1.3.1. Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema de selección y empaquetado de limones y que esta se adapte a la comunicación Li-Fi.

### 1.3.2. Objetivos específicos

1. Diseñar e implementar un sistema de control por lazo cerrado que realice la selección y empaquetado de limones.
2. Implementar adecuadamente el sistema de comunicación Li-Fi y que este se adapte de manera eficiente con los diversos procesos industriales.

### 1.4. Alcances y Límites de la investigación

El presente proyecto aborda el diseño e implementación de un sistema de control por lazo cerrado utilizando el microcontrolador Arduino Mega 2560 para la automatización del proceso de selección y empaquetado de limones, además se utilizó un kit Li-Fi Max adquirido a la empresa Oledcomm para la etapa de comunicación, por lo cual su alcance comprende:

- El diseño de los lazos de control de las principales variables que afectan nuestro sistema automatizado.
- La implementación de los lazos de control de las principales variables que afectan nuestro sistema automatizado.

Las limitaciones fueron las siguientes:

- Económica. A pesar que el PLC posee mejores características que el Arduino, se utilizó Arduino ya que para objeto de estudio este controlador es más económico y puede controlar tanto sensores como actuadores los cuales fueron usados en el prototipo para simular el proceso industrial.
- Se optó por el uso de sensores y actuadores de bajo costo, ya que la inversión en la etapa de comunicación es elevada.
- Espacial. Debido a que es un prototipo experimental, el espacio que hemos asignado es reducido, por esta razón nuestra línea de producción es reducida.

## **1.5. Justificación de la investigación**

### **1.5.1. Justificación económica**

La alta demanda de exportación de limones a mercados como los de Norteamérica, Europa y Asia; hacen necesario plantear una mejora en las industrias dedicadas a este rubro, siendo una necesidad mejorar la agilidad que tengan estas máquinas para entregar limones que cumpla los estándares de calidad.

Es por ello que en la investigación presente plantea técnicas de comunicación Li-Fi aplicadas a un prototipo industrial de selección y empaquetado de limones, el cual agiliza los procesos, para tener una producción que cumpla satisfactoriamente con los estándares de calidad y a su vez abaste la alta demanda del producto.

### **1.5.2. Justificación técnica**

Lazo cerrado es un sistema de control el cual tiene un proceso de retroalimentación, es decir es capaz de modificar una señal de entrada en función de la señal de salida. En nuestro caso usamos un control por lazo cerrado ya que los diferentes sensores colocados en las diversas etapas del sistema automatizado toman datos a tiempo real que envían órdenes diferentes a los actuadores, a fin de que puedan cumplir con los objetivos propuestos.

Arduino es un microcontrolador de software libre que permite programar acciones que va a realizar desde simples circuitos hasta complejos proyectos electrónicos. En nuestro caso el microcontrolador se usa para la selección por color de los limones y agruparlos en cantidades de 1Kg, de este modo garantizar que cumpla los estándares definidos.

SolidWorks es un software de diseño asistido por computadora (CAD), el cual permite al diseñador crear piezas u objetos tan simples como complejos ya sea en planos o en 3D; a su vez analizar sus características, esfuerzos y modelarlos de manera rápida e intuitiva.

Proteus es un software que permite diseñar los circuitos electrónicos, asimismo también permite simular proyectos electrónicos, para determinar la eficacia que tengan estos a la hora de ser implementados.

En la actualidad se cultiva y comercia tanto de forma nacional como internacional dos tipos de limones principalmente, los cuales son: limón Sutil y Tahití. Según el Informe de Limón del Ministerio de Agricultura y riego: “La principal zona productora de limón en el 2016 fue Piura con 54,8% de participación (como se observa en el gráfico 1). Le siguieron los departamentos de Lambayeque (19,1%), Tumbes (11%), Loreto (4%) y Ucayali (3,3%).” (p.3) [...]

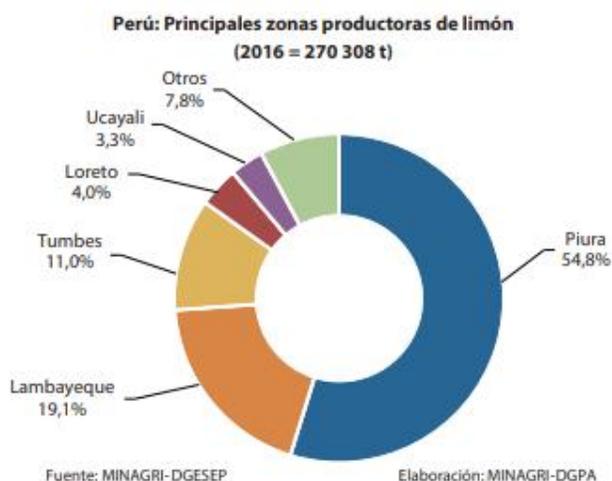


Figura N°2 Principales zonas productoras del limón en el Perú

Fuente: Boletín Informe de Limón 2017

Por lo tanto, se concluye que ambos tipos de fruto son cultivados en su mayoría en la parte norte del país, principalmente en los departamentos de Piura y Lambayeque.

Por esta razón la presente tesis plantea la implementación de un microcontrolador basado en un sistema de control por lazo cerrado el cual va a ser implementado en Arduino, diseñado en SolidWorks, y que tiene como función principal la automatización de un proceso de selección, empaquetado de limones y supervisado mediante comunicación Li-Fi.

El presente proyecto tendrá como objetivo beneficiar a los técnicos operarios como a los empresarios ya que contarán con una herramienta que mejorara sus procesos y estándares de producción.

### 1.6. Estructura de la tesis

La tesis está dividida en Introducción, cuatro (04) capítulos, conclusiones, observaciones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos. Véase figura N°3.



*Figura N°3* Estructura de la tesis

Fuente: Elaboración propia

## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la Investigación

La tecnología Li-Fi, al ser una nueva herramienta de comunicación, no se encontraron productos similares registrados en el mercado peruano, por esta razón para la importación del producto Kit Li-Fi Max el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, nos solicitó hacer una consulta de internamiento para luego tramitar un permiso de internamiento definitivo de equipos y aparatos de telecomunicaciones, los cuales se pueden observar en los Anexos 1 y 2 respectivamente.

A continuación, se presentarán algunos de los antecedentes que sirvieron de apoyo para el presente proyecto de la tesis.

#### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

Se encontró diversos trabajos relacionados al tema, entre ellos mencionamos los siguientes:

(Gómez Sierra, 2016) en su investigación: “Estudio de factibilidad de transmisión de datos a través de luz en la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil” para obtener el título de Ingeniero en Teleinformática de la Universidad de Guayaquil, Ecuador concluye que: Se demostró que esta tecnología (Li-Fi) es aplicable en el país, además que se puede utilizar sola o complementar con el Wi-Fi hasta la adopción total, sin existencia de conflictos de compatibilidad, entre una y otra tecnología mejorando el servicio del internet.(p.99)

(Camargo Rodríguez & Guevara Penagos, 2014) en su investigación titulada: “Alcances del desarrollo de la nueva tecnología Li-Fi para las telecomunicaciones en Colombia” para obtener el título de Ingeniero Electrónico y de Telecomunicaciones de la Universidad Católica de Colombia, llegó a la siguiente conclusión: Es claro definir que el

Li-Fi no llega como remplazo de las tecnologías inalámbricas actuales, sino que por el contrario llega como complemento para subsanar y mejorar desventajas que se presentan en sistemas Wi-Fi: Seguridad, velocidad, implementación, relación costo-beneficio, etc. Son aspectos que marcan la diferencia entre una y otra, y que con el tiempo ocasionarán un fuerte impacto en el mercado, logrando la penetración en muchas aplicaciones de la sociedad moderna. (p.64)

### 2.1.2. Antecedentes Nacionales

(Ramos Tene, 2019) en su investigación titulada: “Diseño de un sistema de clasificación para limón por tamaño y color” para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico-Eléctrico de la Universidad de Piura, Piura concluye que: En la presente tesis se desarrolló la base de un sistema para la clasificación del limón por color y tamaño, los resultados obtenidos muestran que se puede aumentar la producción y mejorar la calidad del proceso de empaque del producto, contribuyendo a obtener mejoras sustanciales en todo el proceso. (p.83)

(Vilcarima Sabroso, 2015) en su investigación titulada: “*Diseño de secador solar de piña y plátano automático*” para optar el título de Ingeniero Mecatrónica de la Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima concluye que: Gracias a la estrategia de control y la lógica de programación se logró diseñar una máquina automática que no requiera de la asistencia perenne de un operario durante todo el proceso de deshidratado. (p.32)

## **2.2. Selección de variables**

Para responder a la pregunta planteada en la sección 1.2.1, se tienen las siguientes Variables, descritas en la tabla 1 y 2.

Tabla 1 Variable Independiente

Variable	Dimensión	Indicador
Automatización del proceso de selección y empaquetado de limones	Diseño del control por lazo cerrado de las variables	Control de Lazo Cerrado
		Flujo, color y peso
		Tiempo de establecimiento
	Características de los sensores y actuadores que se han elegido	Características eléctricas y electrónicas
		Precio
		Tiempo de respuesta

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2 Variables Dependientes

Variable	Dimensión	Indicador
Proceso de dispensado de limones	Dimensiones de los limones para el sistema	Tamaño del limón
Proceso de Selección de limones	Características de los limones para el sistema	Color de los limones
Proceso de pesado de limones	Agrupación de los limones para el sistema	Peso en Kilogramos

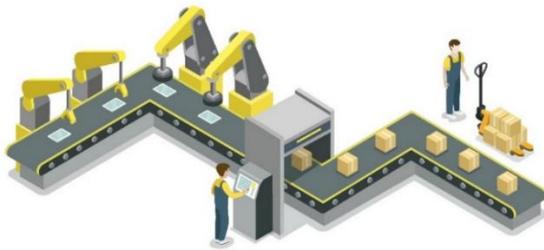
Fuente: Elaboración propia

## 2.3. Bases Teóricas

### 2.3.1. Características de un sistema automatizado

#### 2.3.1.1. Concepto de un sistema automatizado

Un sistema automatizado se puede definir como la aplicación de diversas tecnologías para controlar y monitorear diversos procesos que en conjunto trabajen para la elaboración de un producto final, sin necesidad de una intervención humana constante. En el presente proyecto, se elaboró un sistema automatizado a menor escala que cumpla con sus características de diseño en general. En la Figura N°4 se observa una representación de un sistema automatizado industrial



*Figura N°4* Sistema industrial automatizado

Fuente: <https://www.shutterstock.com/es/image-vector/modern-belt-production-line-isometric-3d-778283878>

#### 2.3.1.2. Proceso de lavado de limones

Actualmente los procesos industriales más comunes que se utilizan para el lavado de limones postcosecha, son los siguientes:

- a) **Aspersión:** Proceso que consiste en circular los productos en una faja transportadora, y que a su vez se le rocíe agua tratada a presión mediante aspersores, para remover las suciedades que presenten los frutos. Véase figura N°5
  
- b) **Inmersión:** Proceso en el cual se sumergen los productos en agua tratada, y así no ocasione daños físicos en los frutos por golpeo, ocasionalmente se utiliza este método como un paso previo a otros procesos de lavado.



*Figura N°5 Lavado Industrial de limones*

Fuente: <https://shutr.bz/394urMW>

Como podemos observar el proceso de lavado de limón a nivel industrial no es tan simple como el lavado básico que le damos comúnmente, si no por el contrario es necesario que pase por distintas etapas como procesos de filtración de pre filtro de malla, filtro de cuarcitas y filtro de carbón activo, esto de forma que se elimine todos los elementos orgánicos y químicos, y así se obtenga limones limpios para el consumo humano, para el presente proyecto nosotros, asumiremos que los limones ya pasaron por los procesos mencionados.



*Figura N°6 Tolva con limones.*

Fuente: Elaboración propia

A manera de representar el proceso de lavado de limones, estos se encuentran inicialmente en la tolva, así como se puede observar en la figura N°6, sin embargo, como nuestro sistema es un prototipo de un sistema automatizado, no tomamos en cuenta este proceso y nuestro sistema comienza como si los frutos hubieran sido previamente lavados y colocados en la tolva que se observa en la figura, Una vez sean dispensados por la tolva dará paso a que comience el proceso de secado.

#### 2.3.1.3. Proceso de secado

Este proceso es de gran importancia ya que busca eliminar las sustancias volátiles, o también conocido como humedad, para evitar el desarrollo de microorganismos, y de esta manera aumentar la vida de los frutos para el consumo humano.

Actualmente en la industria el proceso de secado consta de transportar los frutos a través de una banda transportadora, los cuales pasaran por diversas zonas en las cuales se inyecta aire variando la temperatura, hasta llegar a eliminar los residuos de agua. Véase figura N°7.

En el prototipo elaborado, este proceso se representa con una cabina, la cual se ubica sobre una parte de la faja electrónica, en dicha cabina se encuentra 01 ventilador, el cual se encarga de suministrar aire uniformemente, para hacer representación de este proceso de manera que se pueda eliminar los residuos de agua en los limones, y puedan dar paso al siguiente proceso de cepillado.



*Figura N°7* Proceso de secado de limones del proyecto

Fuente: <https://bit.ly/2WzHgfF>

De igual manera cabe mencionar que este proceso es de gran importancia para los procesos industriales ya que por lo general los sensores con el cual trabajan estos sistemas necesitan que los limones estén sin residuos de agua para evitar márgenes de errores al pasar por la etapa de selección.

#### 2.3.1.4. Proceso de Cepillado de limones

Actualmente en la industria alimentaria, se utilizan comúnmente dos procesos de cepillado los cuales son:

- a) **Cepillado post-lavado:** Este proceso busca remover las impurezas que no fueron retiradas en los procesos de lavado anteriores, y a la vez reducir los excesos de agua

que quedaron en los cítricos. En este proceso por lo general se utilizan cepillos, los cuales tengas cerdas de material Polypro, polietileno y nylon 12

- b) **Cepillado post-encerado:** Proceso que se caracteriza por eliminar los excesos de cera, y a su vez dar uniformidad y brillo a los frutos, para esto se utilizan cerdas de material nylon 6, poliéster y pelo equino. Las cuales son resistentes, pero causan daños en la fruta

Podemos observar de la página web de CEPAMEX, empresa que se dedica a la fabricación y comercialización de productos para máquinas de empaque en el ramo agroindustrial, el uso de diversos cepillos para este proceso. En la tabla 3 se describe los diferentes usos por cada tipo de cepillo fabricado por la empresa mencionada.

Tabla 3 Tipos de Cepillo

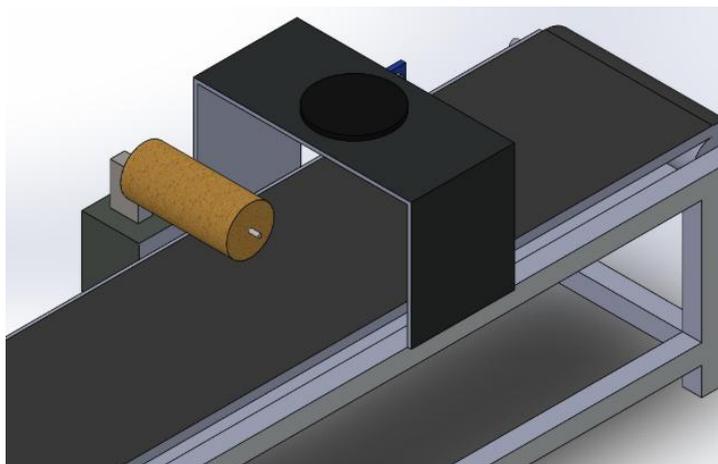
Nombre	Descripción	Imagen
Cepillo azul	Cepillo usado para el lavado y cepillado en seco	
Cepillo Marfil	Cepillo utilizado para lavado, cepillado seco y pre-secado	
Cepillo Mezclado	Cepillo utilizado para aplicación de cera y mayor brillo en el pulido.	

Nombre	Descripción	Imagen
Cepillo verde	Cepillo utilizado para un cepillado más agresivo, que es utilizado generalmente para quitar residuos de tierra.	
Cepillo Rojo	Cepillo utilizado para un cepillado más agresivo, para quitar el exceso de suciedad o partes dañadas de frutas y/o verduras	
Cepillo Beige	Cepillo utilizado para el lavado de frutas y verduras que necesitan un cepillado más severo en el proceso de limpieza	
Cepillo sintético	Fabricado con 100% cerda de caballo sintético, tiene la ventaja de tener mayor durabilidad.	

Fuente: Elaboración propia

Para el presente proyecto, se optó por solo usar un proceso de cepillados post-lavado, debido a que en nuestro prototipo no está implementado una etapa de encerado, cabe destacar que debido al alto costo que tienen este tipo de cepillos industriales, se optó por utilizar un cepillo común para la representación de este proceso, esto debido a que es un

prototipo de un sistema el cual se va representar de esta forma, dicho cepillo se colocó fijado al eje de un motor fijado en la parte inicial de la faja electrónica, véase figura N°8, de modo que cuando pasen los limones, haga una representación de sustracción de impurezas o suciedades que encuentre en este.



*Figura N°8* Proceso de cepillado de limones del proyecto

Fuente: Elaboración propia en la plataforma SolidWorks

#### 2.3.1.5. Proceso de encerado de limones

En este proceso los frutos han pasado por diversas etapas, y han sido manipulados, esto tiene como consecuencia que hayan tenido una pérdida de su brillo natural, es por esto que se aplica un encerado, en el cual se aplica una capa fina de cera a los frutos, mediante distintos métodos tales como: aspersión, inmersión, goteo o espuma.

Según la empresa Jose Bernad la aplicación de cera: “Consigue disminuir la deshidratación y oxidación, protegiendo a la fruta de microorganismos, proporcionando un aspecto más atractivo”.

Este proceso tiene como objetivo aumentar el brillo de la fruta mejorando su apariencia externa, sellar pequeñas heridas que se han podido generar durante la previa manipulación, proteger la superficie de la fruta y ralentizar el proceso de maduración. En la figura N.º 9 se puede observar un encerado por aspersión aplicado en una planta industrial.

En nuestro prototipo, no se consideró una etapa de encerado, ya que esta es una representación de un sistema industrial, y conseguir las herramientas para estos procesos implica costos elevados.



*Figura N°9* Encerado de limones por aspersión

Fuente: [https://www.poscosecha.com/es/empresas/decco-iberica-post-cosecha-sau/\\_id:32468,seccion:noticias,noticia:79615/](https://www.poscosecha.com/es/empresas/decco-iberica-post-cosecha-sau/_id:32468,seccion:noticias,noticia:79615/)

#### 2.3.1.6. Proceso de selección de limones

Actualmente los procesos más comunes que se utilizan para la selección y clasificación de los limones, son los siguientes:

- a) Manual: Este método de selección depende de la experiencia, vista y tacto del personal contratado, lo que implica que la calidad del producto con respecto al tamaño, color y forma se vea afectado por factores como el cansancio, fatiga, ansiedad, etc.
- b) Industrial: Actualmente en el mundo se han desarrollado diversos sistemas de clasificación computarizados; este tipo de sistemas son muy costosos debido a que usan cámaras industriales muy sofisticadas y de alta precisión. En la zona de Piura, en su mayoría la selección es realizada por personal humano; algunos comerciantes y agricultores han adaptado máquinas para realizar el proceso de clasificación solo por tamaño, dejando la clasificación por color a criterio del personal. (Ramos, 2019, p.17)

Una representación de un proceso de tipo industrial de selección de limones, se puede observar en la siguiente figura.



Figura N°10 Clasificadora industrial de limones

Fuente: <https://www.freshplaza.es/articulo/3104865/inauguran-la-primer-clasificadora-de-reemoon-en-sudafrica/>

Como podemos observar el proceso industrial de clasificación de limones, implica el uso de cámaras sofisticadas, los cuales presenta costos elevados, por tal motivo, en el presente proyecto, se simuló esta etapa colocando 01 sensor de color tipo TCS-230, el cual se puede ver en la figura N°11. Dicho sensor será ubicado en una especie de nave en la parte media de la faja transportadora. Este sensor determinará la buena coloración del limón en caso no sea la adecuada accionará un pistón eléctrico que bota el limón de la faja, los cuales pueden usarse para elaboración de otros productos como desinfectantes, lavavajillas, etc. Caso contrario que el sensor detecte que cumple con los estándares permitirá el paso del limón al siguiente proceso de pesaje y empaclado.

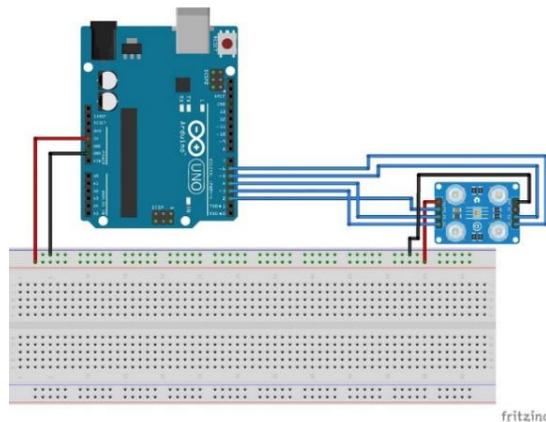


Figura N°11 Sensor TCS230 conectado a Arduino

Fuente: <https://www.taloselectronics.com/blogs/tutoriales/sensor-de-color-tcs230>

### 2.3.1.7. Proceso de pesado y envasado de limones

En la industria el sistema de pesado y empaquetado de limones se realizan en jabas de PVC con capacidad para 25 Kg, sin embargo como nuestro proyecto es un prototipo de un sistema industrial, representamos este proceso haciendo uso de una jaba a escala de 1:25, por lo que su producto final será de agrupar limones hasta llegar a un peso 1 kg, sin embargo sabemos de qué éste no siempre va ser exacto, esto debido a que el peso de cada limón es distinto, por lo tanto nuestro producto tiene un margen de error del  $\pm 5\%$ .

Para el pesaje de los limones utilizaremos una celda de carga de 5kg, el cual va conectado con un módulo amplificador HX711, que transmitirá datos al Arduino, tal como se ve en la figura N°12 el cual determina si el pesado cumple con los requisitos.

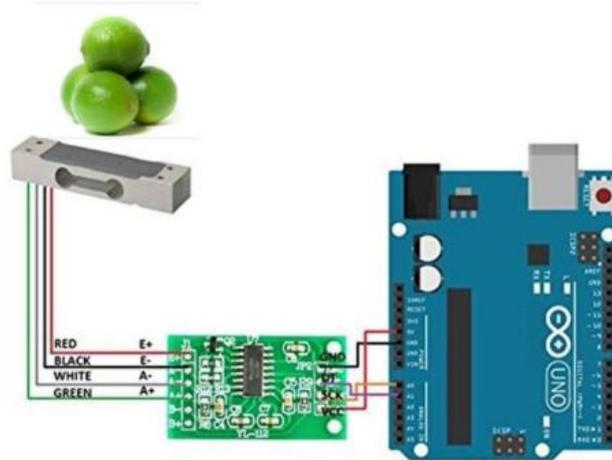


Figura N°12 Limones pesados con Carga de celda 5 kg

Fuente: Elaboración propia

Una vez que la jaba con limones llegue a pesar 1Kg se accionará un zumbador, a la vez se activará un led indicador y se mostrará un mensaje tanto en la pantalla LCD como en el dispositivo móvil conectado a la red Li-Fi. Indicando que el proceso se completó satisfactoriamente. Esto dará paso a que el operario retire manualmente la jaba, coloque una nueva jaba vacía y accione un pulsador para que en caso desee el proceso continúe.

En la figura N°13 se ve una representación de jaba con limones que se utilizan en macro empresas, para nuestro caso nosotros solo lo representaremos con pesos de 1Kg.



Figura N°13 Limones empaquetados en una jaba con capacidad para 25 Kg

Fuente: <https://bit.ly/39ZqDhe>

#### 2.3.1.8. Limón Sutil

Según Agusti (2012):

*Citrus aurantifolia* Swingle; es la lima más conocida en el mundo (Sinónimos: *C. acida*; *C. lima*; *C. medica* var. *ácida* y *limonía aurantifolia*). Esta especie en el mundo hispano se conoce comúnmente como: lima chica; lima boba, limón chiquito, limón criollo, limón Sutil, limón corriente, o limón agrio. Su origen, probablemente sea de las zonas tropicales del archipiélago malayo. Son árboles muy vigorosos, con tendencia a la verticalidad, con muchas espinas. Presentan hojas pequeñas y redondeadas, flores pequeñas con pétalos blancos y curvados hacia su eje; alas de los peciolo acusadas que presentan alrededor de 25 estambres. Sus frutos son redondos, con piel muy fina, vesículas pulpareas muy estrechas y alargadas, tienen 3 de 10 a 15 semillas en promedio, punto chalaza] de la semilla coloreado marrón castaño. La floración se extiende a lo largo de todo el año, de modo que la cosecha es continua. A ello se atribuye que sean las especies de género *Citrus* más sensibles a las bajas temperaturas, por lo que su cultivo está restringido a los trópicos y a las áreas subtropicales húmedas y calurosas. (p.416)

A continuación, en la figura N°14. Se muestra una imagen del limón Sutil.



*Figura N°14 Limón Sutil*

Fuente: Boletín Informe de Limón 2017

Según la empresa Limones Peruanos, en la ficha técnica del limón Sutil elaborada por la misma empresa, ver Anexo 3, se extrajo datos para poder elaborar la tabla 4 donde se detalla cuáles son los calibres y clasificaciones de limones Sutil.

Tabla 4 Calibres y cantidad por kilos del limón Sutil.

<b>Calidad</b>	<b>Calibre</b>	<b>Cantidad</b>
Segunda	35 a 36 mm	36 limones/kg aprox.
Primera	37 a 38 mm	28 limones/kg aprox.
Extra	39 a 42 mm	24 limones/kg aprox.

Fuente: Elaboración propia

#### 2.3.1.9. Limón Tahití

Según el Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (2009):

El limón Tahití fresca tiene un contenido de jugo de 40-60%. Dicho jugo presenta un índice de acidez de 5-6%, sólidos solubles de 7-8% y un contenido de ácido ascórbico de 20-40 mg por 100 ml de jugo. La cáscara del fruto tiene un espesor de 2 a 3 mm. El fruto usualmente luce una papilla o pezón al final del estilo, que puede variar considerablemente en tamaño y forma. El fruto continúa creciendo en el árbol hasta llegar a un largo de 9 cm y un diámetro de 7 cm. Cuando la fruta alcanza el estado de sobre maduración muestra una corteza fina, color amarillo verdoso o completamente amarillo, pobre aroma y bajo rendimiento como fruta fresca. (p.10)

A continuación, en la figura N°15. Se muestra una imagen del limón Tahití.



*Figura N°15 Limón Tahití*

Fuente: <https://agraria.pe/noticias/exportaciones-de-limon-tahiti-alcanzaron-valores-de-us-44-mi-17176>

Según la empresa Limones Peruanos, en la ficha técnica del limón Tahití elaborada por la misma empresa, ver anexo 4, se extrajo datos para poder elaborar la tabla 5 donde se detalla cuáles son los calibres y clasificaciones de limones Tahití.

Tabla 5 Calibres y cantidad por kilos del limón Tahití.

<b>Calidad</b>	<b>Calibre</b>	<b>Cantidad</b>
Segunda	42 a 46 mm	17 limones/kg aprox.
Primera	47 a 50 mm	14 limones/kg aprox.
Extra	51 a 55 mm	11 limones/kg aprox.

Fuente: Elaboración propia

### **2.3.2. Diseño del control por lazo cerrado de las variables**

En el caso de nuestro proyecto, se elaboró el prototipo de un sistema industrial, por lo cual son necesarios diversos sensores para que mida cada variable en cada etapa. Para esto se ha visto factible evaluar el control del flujo de limones, control para la selección del color del limón, el control del peso de los frutos, el control mediante caja de mando, así mismo un sistema de supervisión a través de comunicación Li-Fi.

#### **2.3.2.1. Variables de flujo**

Los procesos industriales que se dedican a la producción, comercialización y/o exportación de frutos, tienen diversos procesos tales como el lavado, cepillado, selección, etc. Estas industrias comercializan y muchas veces exportan gran cantidad de toneladas de

sus productos, esto gracias a que cuentan con máquinas lo necesariamente potentes para poder abastecer la demanda de sus clientes.

No obstante, los costos de estas máquinas son muy elevadas, es por ello que se analizó y se realizó pruebas para determinar cuál es la cantidad de flujo de limones óptimos, para que el prototipo en sus diversas etapas funcione de manera eficiente.

#### 2.3.2.2. Variable coloración de los limones

Según diversas empresas para que cumpla los estándares de calidad el limón debe de ser de color verde, y además este puede presentar decoloraciones de manchas amarillas, hasta un máximo del 30% en su superficie.

En nuestro caso hemos utilizado un Sensor de Color TCS230, el cual va hacer una detección tomando 03 muestras cada 100ms, de modo que, si el limón presenta manchas amarillas superiores al 30% permitido, mandará una señal al microcontrolador para que este rechace dicho limón.

El color es un factor importante para reconocer cualidades de un producto a través de imágenes digitales, generalmente estas utilizan los colores primarios Rojo, Verde y Azul, más conocidos como RGB, que combinados permiten al ojo humano poder ver diversos colores.

Según Torres, Gil y Ortiz (2015):

El espacio RGB se representa como un cubo en el sistema de coordenadas cartesianas, donde los colores son puntos que se definen por vectores. El color negro está en el origen  $[0,0,0]$ , el blanco está ubicado en la esquina opuesta al origen  $[1,1,1]$ , el verde en las coordenadas  $[0,1,0]$ , el rojo  $[1,0,0]$  y el azul  $[0,0,1]$ . En un cubo de tres dimensiones (rojo, verde y azul) el color negro está en el origen y el color blanco en la esquina superior opuesta del cubo. (p.2)

En la Figura N°16, se representa el cubo RGB, con algunos de los vectores más conocidos. .

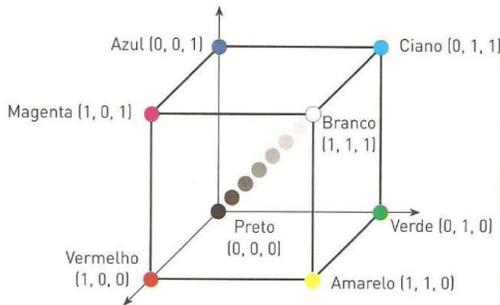


Figura N°16 Cubo dimensional RGB

Fuente: <https://sites.google.com/site/aimciv/modelo-rgb>

En el proyecto se trabajó con el sensor TCS-230, para que este envíe datos al microcontrolador, lo cual permita saber si el color de limón es el adecuado.

#### 2.3.2.3. Variable peso limones

Para el prototipo elaborado se consideró utilizar en la etapa de pesaje, celdas de carga de 5kg, conectadas al módulo HX711, el cual se encargará de determinar el peso de los frutos, cabe mencionar que debido a que los limones tienen un peso variable, se consideró un margen de error del +5%.

#### 2.3.2.4. Control por lazo cerrado

Según: (Pérez Hidalgo, Pérez, & Pérez Berenguer, 2008):

Un sistema de control de lazo cerrado es aquel en el que la señal de salida tiene efecto directo sobre la acción de control. Esto es, los sistemas de control de lazo cerrado son sistemas de control realimentados. La diferencia entre la señal de entrada y la señal de salida se la denomina señal de error del sistema; esta señal es la que actúa sobre el sistema de modo de llevar la salida a un valor deseado. En otras palabras, el término lazo cerrado

implica el uso de acción de retroalimentación negativa para reducir el error del sistema.  
(p.11)

En la siguiente figura se muestra una relación entrada-salida de un sistema de control de lazo cerrado.

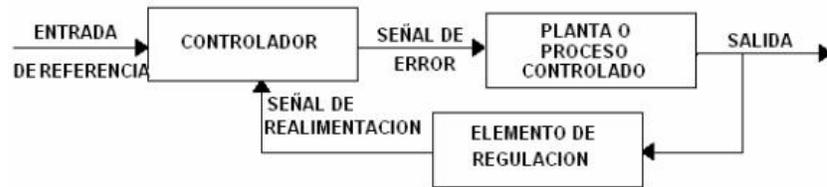


Figura N°17 Sistema de Control de lazo cerrado

Fuente: <http://dea.unsj.edu.ar/control1b/teoria/unidad1y2.pdf>

### 2.3.2.5. Control por lazo cerrado aplicado al Arduino

Nuestro proyecto utiliza en diversas etapas un lazo cerrado, dichas etapas del proyecto son: a) Detección de limón b) Selección de limón por color c) Pesaje de limón mayor igual a 1kg. Para esto se utilizaron diversos sensores en cada etapa los cuales se fijan a un setpoint, y una vez que cumpla con los parámetros establecidos, acciona un actuador el cual de paso a la siguiente etapa del proceso.

A continuación, se muestra una figura que representa el lazo cerrado que trabaja utilizando el microcontrolador Arduino, para los diversos procesos en el proyecto.

#### a) Detección de limón

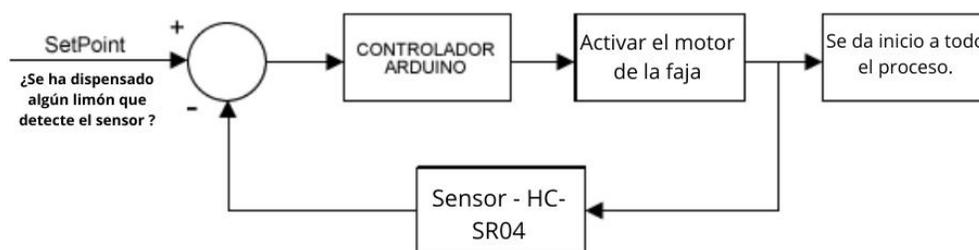


Figura N°18 Lazo cerrado de la etapa de Detección de limón

Fuente: Elaboración propia

b) Selección de limón por color

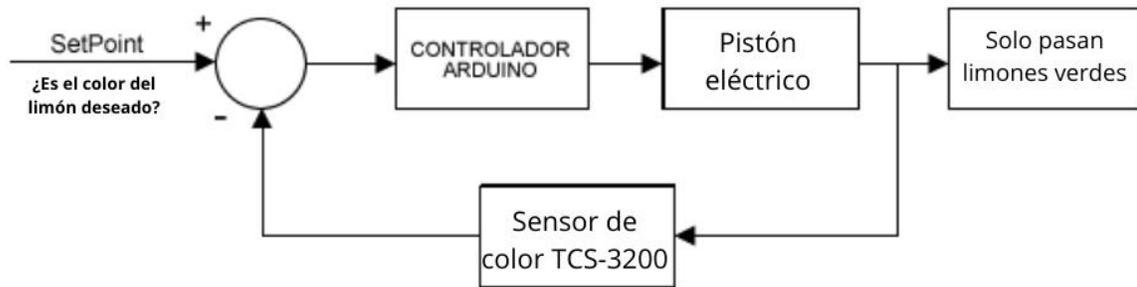


Figura N°19 Lazo cerrado de la etapa de Detección de limón

Fuente: Elaboración propia

c) Pesaje de limón mayor igual a 1kg

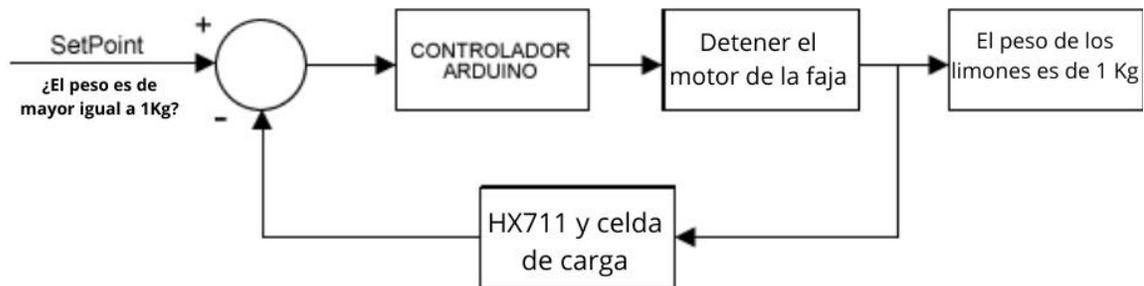


Figura N°20 Lazo cerrado de la etapa de Detección de limón

Fuente: Elaboración propia

### 2.3.2.6. Controlador Arduino

Según la Universidad Tecnología Nacional (2018)

Arduino es una plataforma de prototipos de código abierto basado en hardware y software fácil de usar. Las placas Arduino son capaces de leer entradas (la luz en un sensor, la pulsación de un botón, o un mensaje de Twitter) y convertirla en una salida (la activación de un motor, encender un LED, publicar algo en línea). Todo esto se define por un conjunto de instrucciones programadas a través del Software Arduino (IDE). (p.2)

Se escogió este microcontrolador, debido a la facilidad que es programar en este, y también por la amplia experiencia que se tiene elaborando proyectos con este. En la figura N°21 se puede observar diversos tipos de Arduino.



Figura N°21 Tipos de Arduino

Fuente: <https://www.xataka.com/makers/empezar-con-arduino-genuino-como-elegir-la-placa-modelos-compatibles-y-kits-de-iniciacion>

### 2.3.2.7. Controlador Arduino Mega 2560 R3

Se escogió este tipo de Arduino, debido a que este modelo tiene conexión USB y por Jack, así mismo tiene mayor cantidad de pines de entradas y salidas digitales, siendo estos últimos puntos destacables debido a los diversos sensores que se utilizarán en el presente proyecto. Brindando una amplia ventaja frente a sus distintas versiones tales como: Arduino Uno, Arduino Nano, Arduino Leonardo, Arduino Micro, etc. En la siguiente figura, se muestra el microcontrolador que escogimos para el desarrollo del proyecto. En el Anexo 5 se puede ver un datasheet del microcontrolador escogido.



Figura N°22 Arduino Mega 2560

Fuente: <https://www.shutterstock.com/es/image-photo/buenos-aires-argentina-12-29-2017-783393940>

### 2.3.3. Características de los sensores y actuadores elegidos

#### 2.3.3.1. Definición de sensor

Según la página web de MecatrónicaLATAM:

“El término sensor se refiere a un elemento de medición que detecta la magnitud de un parámetro físico y lo cambia por una señal que puede procesar el sistema.”

Por lo cual concluimos que un sensor es un dispositivo, por lo general electrónico, el cual cuando percibe un cambio de magnitud física externa, lo transforma en un tipo de señal eléctrica, la cual es recibida por un microcontrolador, y por lo general esto acciona un actuador.

A continuación, se muestra un grupo de sensores en la figura N°23

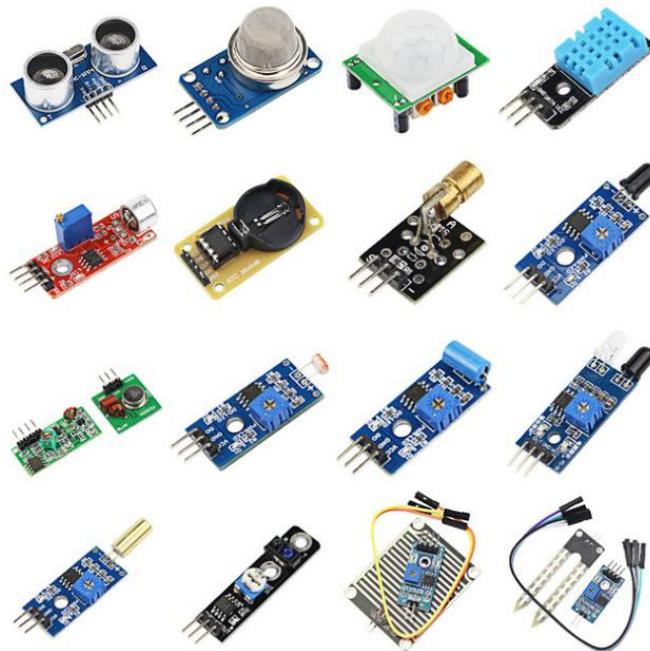


Figura N°23 Tipos de sensores

Fuente: <https://sites.google.com/site/laotracosadeandres2/los-sensores>

a) Sensor que inicia o detiene el proceso

Según la página web de Naylampmechatronics:

“El sensor HC-SR04 es un sensor de distancia de bajo costo, su uso es muy frecuente en la robótica, utiliza transductores de ultrasonido para detectar objetos.

Su funcionamiento consiste en emitir un sonido ultrasónico por uno de sus transductores, y esperar que el sonido rebote de algún objeto presente, el eco es captador por el segundo transductor. La distancia es proporcional al tiempo que demora en llegar el eco.”

Por esta razón, utilizamos el sensor HC-SR04, o también conocido como ultrasónico, cuya ficha técnica se encuentra en el Anexo°6, además este sensor lo utilizamos para dar inicio al accionamiento de la faja, cuando este detecte un limón en el punto de partida de nuestro proceso.

A continuación, se muestra en la tabla 6, las características del sensor mencionado:

Tabla 6 Características del sensor HC-SR04

<b>Sensor HC-SR04</b>	
Voltaje de funcionamiento	5V DC
Rango de medición	2cm a 450 cm
Precisión	+/- 3mm
Angulo de apertura	15°
Frecuencia de ultrasonido	40 kHz
Terminales de conexión	Vcc (+5V)
	TRIG (Disparo de ultrasonido)
	ECHO (Recepción de ultrasonido)
	GND

Fuente: <https://naylampmechatronics.com/sensores-proximidad/10-sensor-ultrasonido-hc-sr04.html>

En la Figura N°24, se muestra una imagen del sensor ultrasónico.



Figura N°24 Sensor Ultrasonido HC-SR04

Fuente: <https://fabricadigital.org/tutoriales/sensor-de-distancia-por-ultrasonidos-hc-sr04/>

b) Sensor para seleccionar limones por color

Según la página web de Robots-Argentina

“Los TCS3200 son sensores que convierten en frecuencia la intensidad de luz medida por una matriz de fotodiodos. La frecuencia entregada por el sensor TCS3200 es mayor cuanto mayor luminosidad se detecte.”

En nuestro proyecto este sensor se encarga de detectar el color de los limones, ubicados frente a ellos, esto nos permitirá separar del proceso los limones que no cumplan con las características mencionadas en el capítulo 2.3.2.2 Variable coloración de los limones.

A continuación, en la tabla 7 se muestra las características del sensor TCS-3200:

Tabla 7 Características del sensor TCS-3200

Sensor TCS 3200	
Voltaje de funcionamiento	2.7V - 5.5V
Rango de error	0.2% a 50 kHz
Coefficiente de Temperatura	200 ppm/°c

Fuente: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/454462/TAOS/TCS3200.html>

En la siguiente figura se muestra el sensor mencionado. También en el Anexo 7 se puede encontrar la ficha técnica del componente.



Figura N°25 Sensor TCS-230

Fuente: <http://robots-argentina.com.ar/didactica/arduino-reconocer-colores-con-el-modulo-tcs230/>

c) Sensor para definir el pesaje de los limones

Según la página web de Naylampmechatronics:

“Las celdas de carga son transductores que soportan cargas de compresión, tensión y flexión y las convierten en una magnitud eléctrica proporcional a la carga. Existen celdas de carga de tipo hidráulico, neumático y con galgas extensiométricas, siendo estas últimas las más utilizadas en la industria por su precisión, durabilidad y precio. La aplicación principal de las celdas de carga es la medición de peso en la industria de alimentos, medicamentos, transporte entre otras.”

Por esta razón es que en el presente proyecto se utilizó una celda de carga de 5kg, ya que se desea obtener grupos finales que contenga 1 kg de limón, sin embargo, para que exista una comunicación entre la celda de carga y el microcontrolador es necesario utilizar un transmisor de celda de carga, para nuestro caso se usó el HX711 el cual funciona de interfaz, permitiendo leer los datos enviados por la celda de carga. Para una mayor información se puede ver el Anexo°8 donde se encuentra la ficha técnica.

En la figura N°26 se muestra el esquema de conexión entre la celda de carga, la interfaz HX711 y el microcontrolador Arduino.

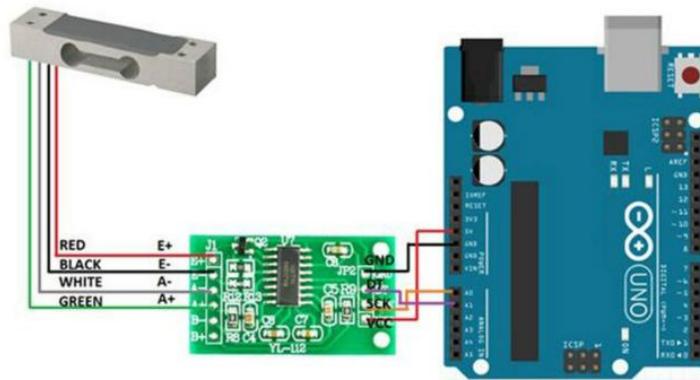


Figura N°26 Interfaz HX711 con Arduino

Fuente: <https://store.prometec.net/producto/celula-de-carga-10-kg/>

### 2.3.3.2. Definición de actuador

Según la página web de Aprendiendo Arduino:

“Un actuador es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre elemento externo. Este recibe la orden de un regulador, controlador o en nuestro caso un Arduino y en función a ella genera la orden para activar un elemento final de control como, por ejemplo, una válvula”.

Actualmente en el mercado, se puede encontrar diversos tipos de actuadores, cada uno para el sector que se desee podemos encontrar hidráulico, neumático, eléctrico, etc. En la figura N°27 se observa diversos tipos de actuadores.



*Figura N°27* Tipos de actuadores

Fuente: <http://actuadoresuni2.blogspot.com/2015/09/unidad-2-actuadores.html>

### 2.3.3.3. Actuadores utilizados en el proyecto

En la Tabla 8 se detallan los diversos actuadores, que fueron necesarios de implementar a lo largo del proyecto, aquí se podrá observar en que parte del proceso se utilizaron, que función cumplieron, así mismo una imagen referencial.

Tabla 8 Descripción de los actuadores utilizados en el proyecto

Actuador	Proceso	Función	Imagen
Moto reductor 12V S330022	Proceso dispensado limones	de de El motor conectado a una paleta gira con la finalidad de dirigir los limones hacia un agujero. Para ver más características de motor ver el Anexo 9	
Motor 24v CC 873410-075	Proceso dispensado limones	de de Motor que se encarga de girar una base circular la cual dejara pasar un limón, siempre y cuando el agujero de esta base coincida con el agujero del recipiente.	
Motor DC24v AX040107 Daiichi Kasei	Proceso dispensado limones	de de Motor que se encarga de girar un eje helicoidal que transporta los limones de inicio al final de la tolva. Dispensando los limones uno por uno a la faja transportadora	
Motor reductor 12v 2A	Faja Transportadora	Motor que se encarga de transportar los frutos por diversas etapas del proceso.	

Actuador	Proceso	Función	Imagen
Ventilador 12v	Proceso de secado de limones	Inyectar aire uniformemente para simular el proceso de secado de limones. Más información el anexo 10	
Motor paso a paso 12v DC 300RPM, que va conectado al cepillo	Proceso de cepillado.	Motor que gira el cepillo y permite hacer una simulación del cepillado de limones	
Pistón Eléctrico	Proceso de selección de limones	Rechazar los limones del proceso que no cumplan con las características establecidas	
Bocina 12v	Proceso de pesaje de limones	Bocina que se activa cuando el peso de la balanza sea de 1Kg o más. Más características del actuador en el Anexo 6. Para mayor información ver Anexo°11	

Actuador	Proceso	Función	Imagen
Pantalla LCD 16x2	Caja de mandos	Mostrar mensajes que indiquen en que proceso se encuentra el sistema. Más características en el Anexo 12	
Botón de inicio y parada	Caja de mandos	Dar inicio al proceso o parar de manera inmediata el proceso, ante algún incidente	

Fuente: Elaboración propia.

### 2.3.4. Sistemas de comunicación

#### 2.3.4.1. Comunicación alámbrica

Es el sistema de comunicación más antiguo, pero que aún se usa recurrentemente en diversos dispositivos electrónicos o control de procesos industriales, esta comunicación se lleva a cabo mediante cables, hilos o fibra óptica, los cuales pueden variar dependiendo de la cantidad de información que se requiere transportar y la resistencia a la interferencia que se necesita.

En la tabla 9 podemos observar las diferencias entre los tres modos de comunicación alámbrica más usados, y algunas pequeñas características como lo son: velocidad, distancia, seguridad y costo.

Tabla 9 Tipos de comunicación alámbrica

	Cable	Par Trenzado			Fibra
	Coaxial	UTP	FTP	STP	óptica
<b>Velocidad</b>	10 Mbps	100Mbps	100Mbps	100Mbps	1Gbps
<b>Distancia</b>	Fino: 200m Grueso:500m	100m	110m	300m	De 2km a 40 km
<b>Seguridad</b>	Media	Baja	Media	Baja	Alta
<b>Costo</b>	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Alto

Fuente: Elaboración propia

#### 2.3.4.2. Comunicación inalámbrica

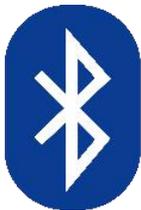
(Mosquera Jeréz, 2010) En su investigación: “Diseño e Implementación de una red inalámbrica WLAN para la microempresa ETIEXPRESS de la escuela de formación de tecnólogos de la escuela Politécnica Nacional de Quito” para obtener el título de tecnólogo, en análisis de sistemas informáticos afirma que: Las redes inalámbricas son aquellas que se comunican por un medio de transmisión no guiado (sin cables) mediante ondas electromagnéticas. La transmisión y la recepción se realizan a través de antenas.

Tienen ventajas como la rápida instalación de la red sin la necesidad de usar cableado, permite la movilidad y tienen menos costo de mantenimiento que una red convencional. (p.14)

Podemos concluir que las redes inalámbricas se usan de forma diaria, ya que la gran mayoría de dispositivos electrónicos actuales pueden conectarse a estas redes, permitiendo que el usuario no dependa de un cable, para que pueda enviar y recibir información.

En la tabla 10 mostramos los diversos sistemas de comunicación inalámbrica.

Tabla 10 Tipos de comunicación inalámbrica

	Bluetooth	Zigbee	Wi-Fi	Lora	Sigfox
<b>Banda de Frecuencia</b>	2.4GHz	868MHz; 915 MHz; 2.4GHz	2.4 GHz- 5GHz	433MHz; 868MHz; 780MHz; 915MHz	868MHz; 902MHz
<b>Rango nominal</b>	10m	10-100m	100m	2-5Km	3-10km
<b>Velocidad de datos</b>	1 Mbps	(0.02-0.25) Mbps	11Mbps;54 Mbps; 600 Mbps	< 10 kbps	<100bps
<b>Seguridad (encriptación)</b>	AES-128	AES-128	SSID	AES-CCM(128-bit) Para encriptación y autenticación	Sin encriptación de red.
<b>Topología</b>	Estrella, Punto a punto	Estrella,Mesh, Cluster tree	Estrella, Punto a punto	Estrella	Estrella
<b>Logo</b>					

Fuente: Elaboración propia

#### 2.3.4.3. Comunicación Li-Fi

Según (Pérez Olivas, 2007) : “El número de dispositivos con capacidades inalámbricas aumenta exponencialmente y, de la misma forma, también aumenta la demanda de capacidad de transmisión. En los últimos cinco años, la demanda de la conexión inalámbrica ha aumentado en razón de veinte veces más. Sin embargo, satisfacer esta demanda implica utilizar un espectro que se encuentra cada vez más saturado; esta saturación de radio afecta a todos los países industriales.”. (p.155)

#### 2.3.4.3.1. Definición

Li-Fi hace referencia al nombre en inglés de Light Fidelity, o lo que sería lo mismo en español Fidelidad de la Luz, el Li-Fi es un sistema de comunicación inalámbrica que emplea la luz como medio de transmisión (visible o no visible), en lugar de ondas de radio como si lo usa el Wi-Fi o el Bluetooth. Permite envío de datos por medios de luz visible o no visible y estos son procesados a través de un receptor o dongle; conectado por ejemplo a un teléfono móvil, tableta, ordenador portátil o maquina industrial que cuente con entradas USB.

Este es un nuevo tipo de tecnología, que apunta a la contribución en el desarrollo de la cuarta revolución industrial que viene de la mano con la tecnología 5G y el IoT o también conocido como internet de las cosas

#### 2.3.4.3.2. Principio de funcionamiento

Según (Pérez Olivas, 2007) en su artículo “Li-Fi además de iluminar, la luz también comunica” en la revista Entre Textos, afirma que:

La tecnología de comunicación por luz visible (VLC) está basada en la teoría y tecnología de las comunicaciones digitales. El emisor de Luz (lámpara LED) es controlado y conmutado entre estados lógicos de “1” y “0” como sucede en los ordenadores u otro tipo de técnicas de modulación por frecuencia. Haciendo uso de este principio se pueden mandar cadenas de información a gran velocidad que para el ojo humano serán indetectables; la visión humana solo percibirá la luz encendida, pero no la conmutación de la lámpara. Sin embargo, los tiempos de respuesta ultrarrápidos de los fotodiodos podrán registrar los cambios de intensidad luminosa y convertirlos en señales eléctricas binarias que podrán ser decodificadas por el aparato de detección (un teléfono celular, una computadora, una tableta). A continuación, en la figura N°28, se detalla de manera práctica y visual, el método de comunicación a través de una red Li-Fi. (p.156)

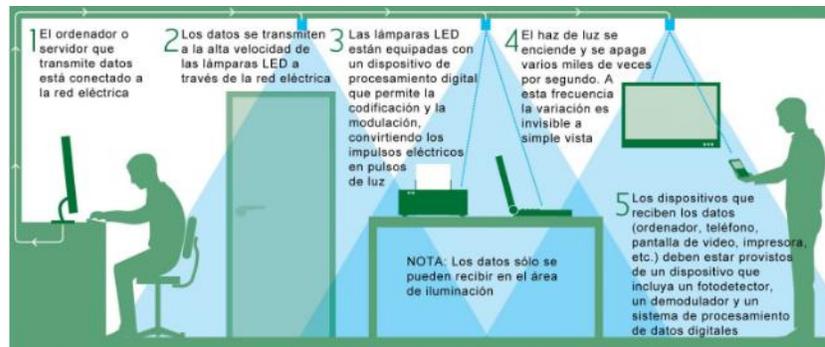


Figura N°28 Comunicación a través de un sistema Li-Fi

Fuente: <https://undersecretblog.wordpress.com/2017/05/08/olvida-el-wi-fi-conoce-el-nuevo-li-fi-internet/>

### 2.3.4.3.3. Áreas de aplicación

(Rosero Torres, 2018) en su investigación “Análisis y estudio del uso de la tecnología Li-Fi en sistemas de reproducción multimedia mediante streaming para la utilización a mediano plazo en el Ecuador” de la facultad de ingeniería de telecomunicaciones de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil para la obtención del título en Ingeniero de Telecomunicaciones. (p.37)

- Defensa y Gobierno: Con la velocidad que trabaja Li-Fi es posible realizar una interconexión entre videocámaras de seguridad ubicadas en distintos sectores de la ciudad para transmitir los datos que se encuentren recopilando y enviarlos hacia las distintas autoridades, para que, en caso de existir algún percance, los servicios de emergencia puedan llegar al sitio requerido. [...]



Figura N°29 Li-Fi aplicada en seguridad

Fuente: Presentación privada de empresa Pure Li-Fi

- **Sistemas educativos:** Dado que Li-Fi puede proporcionar acceso a Internet de mayor velocidad, puede reemplazar a otras tecnologías en instituciones educativas y empresas. Las clases Smart se están convirtiendo en un imperativo para las escuelas y universidades, y Li-Fi proporciona numerosas ventajas para que exista una interconectividad en tiempo real entre varios dispositivos. [...]



*Figura N°30* Li-Fi aplicada en sectores de educación

Fuente: Presentación privada de empresa Pure Li-Fi

- **Medicina:** Li-Fi podría usarse como alternativa en dispositivos médicos y hospitales, específicamente en lugares donde tecnologías de radiofrecuencia estén prohibidas, porque afectarían el equipo médico, siendo éste el caso de ciertos quirófanos donde no debe existir ningún tipo de bloqueo de señal hacia los equipos de monitoreo. A través de una comunicación inalámbrica sin interferencia se podría controlar cierta tecnología médica para utilizarse en cirugías robóticas y otros procedimientos automatizados. [...]



*Figura N°31* Li-Fi aplicada a sectores de medicina

Fuente: Presentación privada de empresa Pure Li-Fi

- Industrias y entornos sensibles: Li-Fi proporciona una comunicación segura en plantas industriales, petroquímicas, de energía, entre otras fábricas ya que no causa interferencias electromagnéticas que puedan afectar el desempeño de las maquinas usadas en sus procesos de producción. Las industrias requieren integridad de la red y monitoreo constante, y Li-Fi podría ofrecer conectividad segura y abundante para todas las áreas de estos lugares sensibles. [...]



*Figura N°32 Li-Fi aplicada en sectores industriales*

Fuente: Presentación privada de empresa Pure Li-Fi

- Smart Home: Li-Fi ofrece velocidades de transmisión efectivas de hasta 10 Gbit/s, pudiendo extenderse a varios 100 Gbit/s en el futuro, implica que se pueda realizar transferencias de archivos multimedia en cuestión de segundos. Resulta más beneficioso al tratarse del servicio de streaming ya que el usuario podría acceder al contenido de distintas plataformas y reproducirlos, sin necesidad de descargarlos, en la mejor calidad de audio y video que ofrezcan. [...]



*Figura N°33 Li-Fi aplicado en Smart home*

Fuente: <https://www.velmenni.com/about-lifi>

#### 2.3.4.3.4. Beneficios

Según la empresa Pure Li-Fi en su presentación a la empresa Comverde SAC, donde uno de los tesisistas estuvo presente, menciona que los beneficios de Li-Fi son:

- a) Seguridad en las redes: La información transmitida a través de ondas de luz es muy segura, ya que sabemos que la luz no es capaz de traspasar paredes, esto permite que la información no sea vulnerable a agentes externos y la información quede confinada dentro de la habitación. [...]

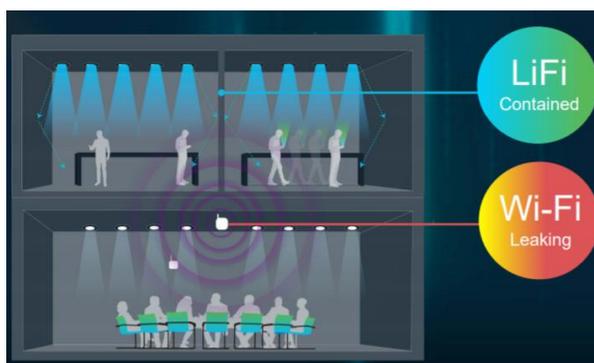


Figura N°34 Seguridad de datos usando Li-Fi

Fuente: Pure Li-Fi

- b) Mayor densidad de datos y ancho de banda: A diferencia de redes inalámbricas como el Wi-Fi, el sistema de comunicación Li-Fi crea un punto de acceso independiente de conexión a cada usuario, permitiendo que cada punto de luz se vuelva un punto de conexión, además que cada usuario conectado mantiene una velocidad estable de conexión, gracias a esto podemos hacer un camino de luz visible o no visible para aumentar nuestro ancho de banda manteniendo una comunicación veloz y estable. [...]

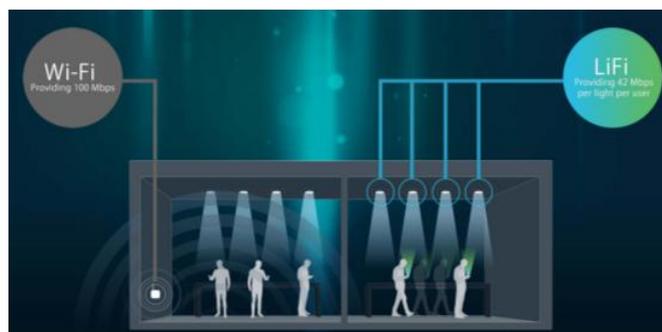


Figura N°35 Diferencias de ancho de banda entre comunicación Wi-Fi y Li-Fi

Fuente: Pure Li-Fi

- c) Servicio de geolocalización: Las luminarias Led habilitadas con emisores Li-Fi presentan una dirección IP independiente, esto permite que se pueda usar para reunir patrones de comportamiento mediante el seguimiento de usuarios dentro de un ambiente en particular, esto permite tener un registro de movimiento a tiempo real de las personas conectadas a una red Li-Fi, registrando su ubicación exacta que puede ser usada para mejorar atracciones, exhibiciones o elaborar estrategias comerciales para incrementar ventas. [...]



Figura N°36 Li-Fi aplicado a la geo-localización

Fuente: Pure Li-Fi

- d) Menor susceptibilidad al factor multiusuario: La necesidad de conectar cada vez más equipos simultáneamente a internet crece constantemente, esto hace que las redes inalámbricas como el Wi-Fi lleguen a un punto de saturación, reduciendo considerablemente la velocidad de conexión de los usuarios conectados. El sistema de comunicación Li-Fi no presenta este problema ya que cada punto de luz trabaja como un punto de acceso, bastaría con agregar más puntos de luz para tener más equipos conectados manteniendo una gran velocidad y fiabilidad en la conexión. [...]

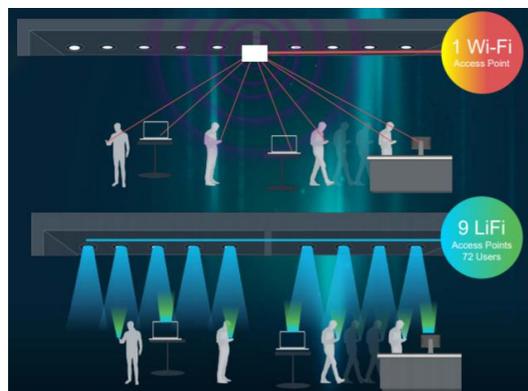


Figura N°37 Puntos de acceso Wi-Fi vs Li-Fi

Fuente: Pure Li-Fi

#### 2.3.4.3.5. Ventajas y desventajas

(Rosero Torres, 2018) en su investigación “Análisis y estudio del uso de la tecnología Li-Fi en sistemas de reproducción multimedia mediante streaming para la utilización a mediano plazo en el Ecuador” de la facultad de ingeniería de telecomunicaciones de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil para la obtención del título en Ingeniero de Telecomunicaciones. (p.35)

Define como ventajas y desventajas lo siguiente:

Ventajas:

- a) El ancho de banda que utiliza es mucho más amplio dado que el espectro de luz visible es 10.000 veces más abundante en comparación con el espectro de RF, que actualmente es el más utilizado. [...]
  
- b) Proporciona mucha seguridad a los usuarios debido a que las señales de Li-Fi no viajan a través de las paredes. Por lo tanto, si la luz no puede ser visualizada, no se podrá tener acceso a los datos. [...]
  
- c) Cuenta con una velocidad de datos muy altas que puede alcanzar hasta 30 GB por minuto debido a la baja interferencia y a una salida óptica de alta intensidad. Esta velocidad de comunicación es más que suficiente para tener acceso a archivos multimedia a través de descargas o vía streaming en muy poco tiempo. [...]
  
- d) Las innumerables bombillas existentes en todo el mundo solo necesitan ser reemplazadas por LED para transmitir datos, así cada dispositivo de iluminación sea luces para automóviles, luces de techo o farolas, sería un punto de acceso gratuito a datos. Esto ayudaría a reducir la arquitectura de costo para un punto de acceso. [...]
  
- e) El sistema cuenta con un bajo costo debido al bajo precio de los LED y componentes digitales. El costo de instalación puede ser alto pero es compensado con un muy económico precio de mantenimiento. [...]

f) La iluminación del LED utilizado en Li-Fi es altamente eficiente porque consume menos energía, y la transmisión de datos no requiere energía adicional porque la mayor parte de la disipación de energía en los LED requiere poca cantidad de energía. [...]

g) Ya que la iluminación es un ámbito frecuente, casi natural, de la vida diaria, no hay problemas de salud asociados con su uso como medio de comunicación, es decir, no causa ningún efecto secundario dañino sobre ningún ser vivo, salvo en casos especiales donde exista intolerancia a la luz. [...]

h) Li-Fi puede ser de gran utilidad en carreteras para aplicaciones de control de tráfico, donde los automóviles pueden tener faros LED para comunicarse entre sí y evitar accidentes. [...]

#### Desventajas:

a) Otras fuentes artificiales y naturales de luz, como la luz solar o bombillas normales, actúan como fuentes no moduladas en el receptor y crean interferencia que aumenta el ruido de disparo y podría causar la saturación del mismo. Para aminorar dicho ruido se puede utilizar la técnica de filtrado. [...]

b) La luz no puede pasar a través de los objetos y paredes, por lo que si el camino de transmisión se bloquea con materiales opacos, habrá interrupción inmediata en la comunicación. [...]

c) Para aplicar la tecnología Li-Fi las luces en distintos entornos deben estar necesariamente encendidas. Se puede lograr una transmisión de baja velocidad de datos haciendo que la luz emitida sea lo suficientemente baja para que no sea percibida por el ojo humano a través de chips LED infrarrojos en luminarias LED. [...]

d) Un enlace ascendente de luz visible (desde fotodiodo a luminaria LED) sería ineficiente para dispositivos portátiles que funcionan con baja potencia. Para esto se ha

propuesto e investigado el uso de otros tipos de comunicación, donde la RF o el infrarrojo pueden usarse para transmitir datos de enlace ascendente. [...]

e) La velocidad de datos del enlace Li-Fi está limitada por el ancho de banda de modulación de los LED utilizados en artefactos de iluminación. Debido a la potencia de los LED que provee gran ancho de banda, las señales moduladas a altas frecuencias se atenúan fuertemente, por lo tanto, el ancho de banda de la modulación se limita a 2,5 MHz. El filtrado azul puede aumentar el ancho de banda de modulación hasta 20 MHz. Para lograr tasas de datos más altas se deben utilizar matrices de LED más pequeños y menos potentes o emplear la Multiplexación por división de longitud de onda (WDM) para transmitir flujos de datos independientes en LED de colores diferentes (Stevanovic, 2017).

f) Para integrar un enlace descendente de Li-Fi, varias industrias deben trabajar juntas, como los fabricantes de iluminación para modificar apropiadamente la iluminaria, y los fabricantes de dispositivos móviles para instalar receptores de fotodiodos de alta velocidad en sus dispositivos. Estas nuevas integraciones suelen generar molestias tanto para las industrias como para los usuarios. [...]

#### 2.3.4.3.6. Tipos de Li-Fi

La tecnología Li-Fi está en constante evoluciones, los fabricantes como Oledcomm, Pure Li-Fi, Signify y organizaciones como Smart Lighting Alliance constantemente analizan las necesidades del mercado y aplicaciones que se le puede otorgar a esta novedosa manera de comunicarnos. Actualmente existen 2 tipos de comunicación Li-Fi las cuales detallamos a continuación.

#### 2.3.4.3.7. Comunicación Li-Fi por luz visible

Empresas como Signify, antes conocida como Philips uno de los líderes en iluminación a nivel mundial incorporo la tecnología Li-Fi a sus luminarias de tipo panel led. Uno de sus primeros prototipos fue Powerbalance LiFi el cual se puede ver en la figura

Nº38, las características de este producto fueron obtenidas de una presentación realizada por la empresa Signify a nuestros tesisistas y se presentan a continuación.

- Velocidad de bajada de 30 Mbps.
- Velocidad de subida IR de 8 Mbps.
- Conexión de hasta 15 usuarios.
- 3400 Lumen
- Temperatura de color: 4000 Kelvin
- Conexión Dali
- Tamaño: 600 mm x 600 mm



*Figura Nº38 Comunicación Li-Fi mediante luz visible*

Fuente: <https://www.signify.com/global/innovation/trulifi>

Este producto presentó grandes desventajas ya que era necesario tener la luminaria encendida para tener conexión a internet, el precio del producto era muy elevado y el radio de cobertura fue muy reducido; no pudo satisfacer las necesidades del mercado. Por este motivo la empresa Signify tuvo que cancelar el desarrollo de este producto.

Actualmente Signify está desarrollando métodos de comunicación Li-Fi duales, es decir comunicación por luz visible y no visible. Este nuevo producto llamado Tru Li-Fi será lanzado al mercado a mediados del 2020.

#### 2.3.4.3.8. Comunicación Li-Fi por luz no visible

La compañía francesa Oledcomm viene desarrollando la tecnología Li-Fi desde el 2011, esto les ha permitido desarrollar varios prototipos y actualmente han identificado que el producto ideal para el mercado mundial es la transmisión de información mediante luz no visible.

Actualmente la empresa Oledcomm ha revelado al mercado mundial el producto Li-Fi Max  
(ver figura N°39).

Las características del producto empleado para la presente tesis se han obtenido de la ficha técnica adquirida por la compra del kit Li-Fi Max enviado por la empresa Oledcomm, véase Anexo 8, cuyas características más resaltantes se detallan a continuación:

- Comunicación altamente segura.
- Libre de ondas de radio.
- Velocidad de descarga hasta 100 Mbps
- Fácil instalación.
- Compatible con Linux, Windows, MacBook con puerto USB tipo A y C
- Permite conectar hasta 16 usuarios simultáneamente por emisor.

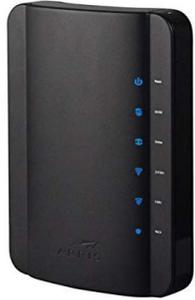


Figura N°39 Comunicación Li-Fi mediante Luz infrarrojo

Fuente: <https://www.oledcomm.net/lifi-max/>

#### 2.3.4.3.9. Elementos utilizados en la etapa de comunicación

Tabla 11 Elementos utilizados en la etapa de comunicación

Item	Etapas	Función	Imagen
Gateway Arris TG2482	Comunicación Li-Fi	Recepción de datos suministrado por la empresa de telecomunicaciones contratada (Claro). Más información en el Anexo 13	
Inyector PoE – Tp-Link	Comunicación Li-Fi	Dispositivo encargado de juntar una entrada de datos y corriente para el correcto uso del emisor Li-Fi. Más información en el Anexo 14	

Item	Etapa	Función	Imagen
Cable UTP categoría 6 marca SATRA	Comunicación Li-Fi	Suministrar datos y energizar el access point o emisor de Li-Fi. Más información en el Anexo 15	
Modulo Wi-Fi ESP8266	Comunicación entre el Arduino y la red Li-Fi	Enviar los datos del Arduino a un servidor, para que estos puedan ser visualizados y controlados por el dispositivo conectado a la red Li-Fi	
Emisor Li-Fi	Comunicación Li-Fi	Retransmitir la información recibida del inyector PoE a través de ondas de luz no visible.	
Receptor Li-Fi	Comunicación Li-Fi	Se encarga de recibir la data enviada por el emisor, procesarlas y conectar tu dispositivo a internet.	

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra el esquema de conexión realizado por la empresa Oledcomm para un correcto funcionamiento del Kit Li-Fi Max.

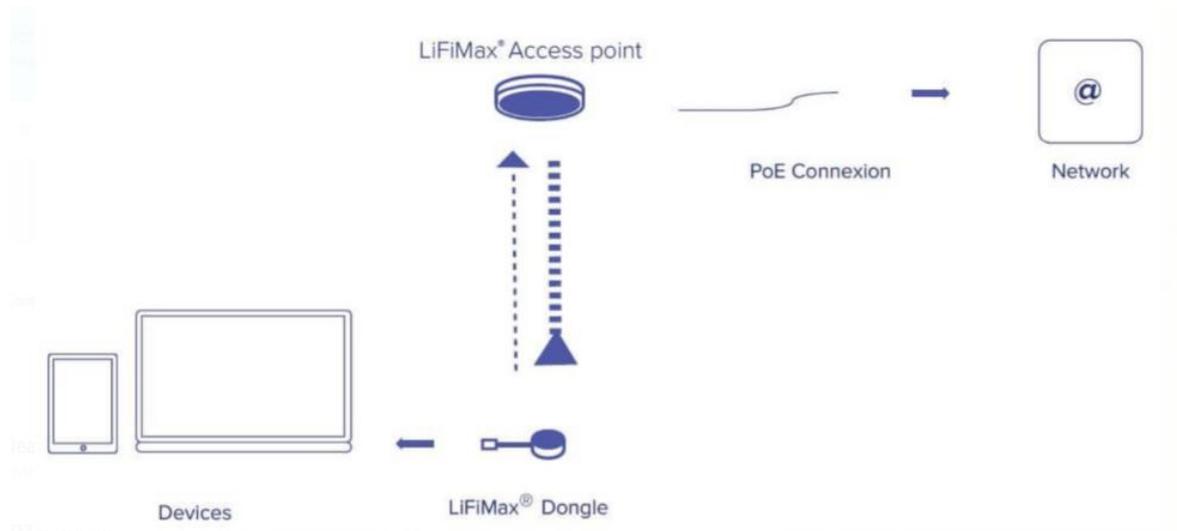


Figura N°40 Esquema de conexión Li-Fi utilizado por la empresa Oledcomm

Fuente: Elaboración propia

## CAPITULO III: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

### 3.1. Requerimientos generales

El sistema cumple con todas las actividades descritas en la tesis presente, además también cumple con las siguientes características:

- El sistema funciona de forma automática y solo necesita de un operario, el cual solo debe colocar limones en la tolva, retirar la jaba con los limones seleccionados y ejercer la función de supervisión mediante la Red Li-Fi.
- El sistema cuenta con una caja de mando, en caso el operario opte por no utilizar las redes inalámbricas, cuenta con un pulsador de “inicio del proceso”, así mismo con un botón que realice la función “parada de emergencia” para que en caso haya un inconveniente, se pueda detener el proceso.
- En el presente proyecto hay cuatro estructuras. La primera que es la tolva, está hecha de tubo PVC y fierros; la segunda que es la faja transportadora, de aluminio y polyester; la tercera que es la balanza de MDF; la cuarta que es una simulación de lámpara para soporte de módulo Li-Fi, hecha de MDF.
- La información de los sensores y actuadores conectado al Arduino, es enviada mediante el módulo ESP8266 a un servidor creado, de modo que se pueda supervisar a través de un dispositivo (Laptop, Tablet, celular) conectado a internet mediante la red Li-Fi.
- La selección del buen o mal estado de limones, se da mediante el sensor de color TCS 230 controlado por el microcontrolador Arduino

### 3.2. Respuesta del requerimiento

Es necesario plantear el problema general que se encontró al desarrollar la presente tesis, para poder diseñar nuestro proceso el cual se detalla en la figura N°41. Una vez planteada, más la información que se ha recopilado con diversas fuentes se definen los requerimientos necesarios para el control de lazo cerrado. Luego se definió una solución y se hicieron pruebas piloto, hasta cumplir satisfactoriamente con los requerimientos y realizar una prueba final, listo para ser implementado en el sistema del presente proyecto.

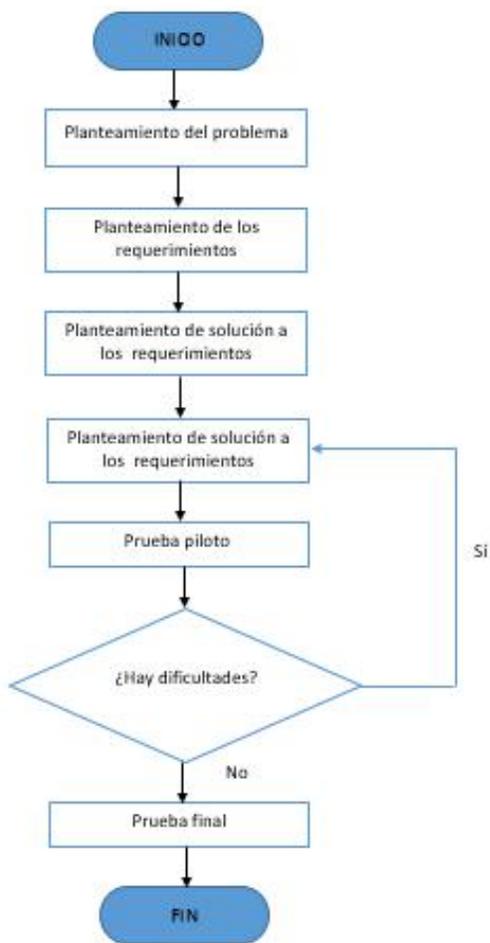


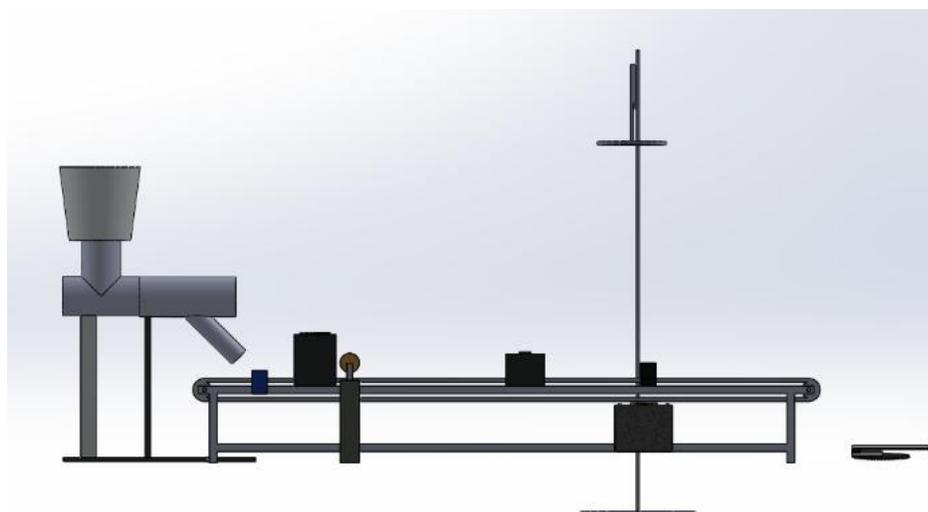
Figura N°41 Esquema del proceso de diseño

Fuente: Elaboración propia

El control de lazo cerrado utiliza una etapa de comparación, la cual, si en alguna de las etapas no funcione adecuadamente, activa su sistema de retroalimentación. De esta manera acciona los actuadores de nuestro sistema de selección de limones.

### 3.3. Diseño Mecánico

En este apartado se detalla que consideraciones mecánicas se tomaron en cuanto a la hora de realizar el sistema planteado en la presente tesis. Estas estructuras ubicadas en San Miguel, Lima, Perú, han sido realizadas en pequeñas dimensiones debido a que el proyecto es un prototipo de un sistema industrial de selección de limones. Asimismo, estas se han realizado en la casa de los tesisistas. En la Figura N°42 se observa el diseño mecánico general de todo el sistema, el cual ha sido elaborado en SolidWorks.



*Figura N°42* Diseño general del sistema automatizado de selección y empaquetado de limones

Fuente: Elaboración propia en la plataforma SolidWorks

El diseño mecánico se ha dividido en 5 etapas, las cuales son las siguientes:

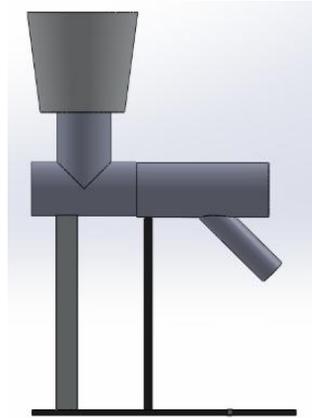
1. Diseño de la tolva y dispensadora de limones
2. Diseño de la faja transportadora
3. Diseño de la caja del control de mandos
4. Balanza y empaquetado
5. Lámpara Li-Fi

Para la elaboración de todo el sistema, se ha optado por utilizar diversos materiales tales como: Tubos PVC, MDF, fierros, aluminio, canaletas, acrílico, entre otros.

### 3.3.1. Diseño de la tolva y dispensadora de limones

#### 3.3.1.1. Características de la estructura

Esta etapa es el inicio de todo nuestro sistema, en la cual se colocarán todos los limones y empezará a dispararlos hacia la faja uno por uno. En la figura N°43 se puede observar una vista isométrica de todo el diseño de esta etapa, cabe destacar que el mecanismo de esta etapa cuenta con 03 motores.



*Figura N°43 Estructura de la tolva y dispensadora de limones*

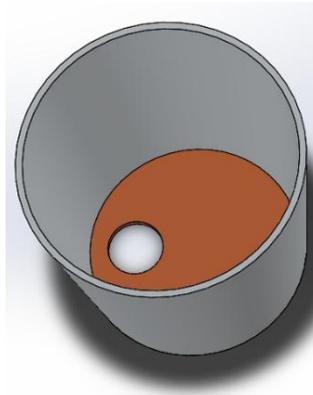
Fuente: Elaboración propia en la plataforma SolidWorks

#### 3.3.1.2. Partes y dimensiones de la estructura

La estructura consta de las siguientes partes: a) Recipiente con capacidad para 50 limones b) Transportadora de limones c) Soporte de la estructura.

##### a) Recipiente para limones

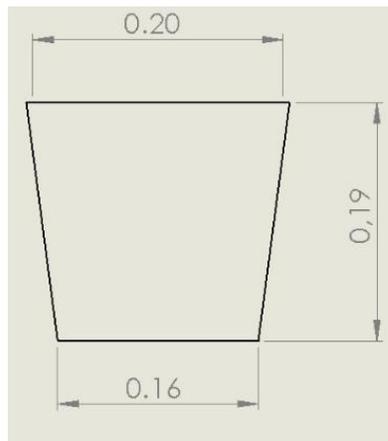
El recipiente se diseñó y elaboró de material de aluminio en sus paredes, esta cuenta con un motor con paletas metálicas adosado a sus paredes, por otro lado, en la base tenemos una tapa elaborada con MDF. Las medidas del recipiente son 0.19m x 0.21m x 0.01m (Alto x Ancho x Espesor); la base es de 0.15m de diámetro, con un agujero de 0.04m de diámetro, ya que el tamaño promedio de limones a usar es de 0.0372m, como se puede observar en la tabla°12. En la figura N°44 se muestran las vistas isométricas acotadas del diseño.



*Figura N°44* Vista isométrica de la tolva para limones

Fuente: Elaboración propia en la plataforma SolidWorks

En la figura N°45 podemos observar las medidas de esta estructura

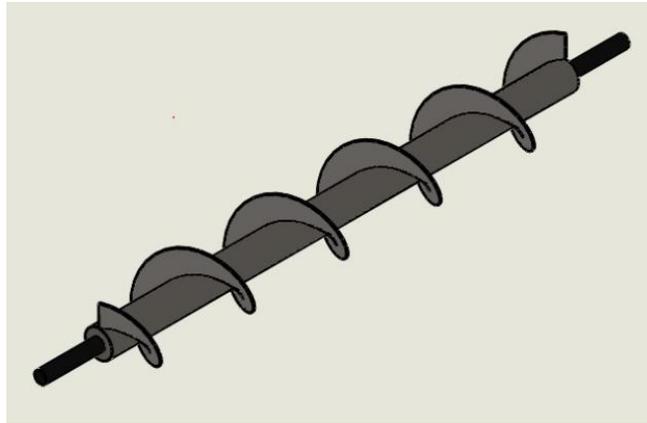


*Figura N°45* Medidas de la tolva para limones

Fuente: Elaboración propia en la plataforma SolidWorks

#### b) Transportadora de limones

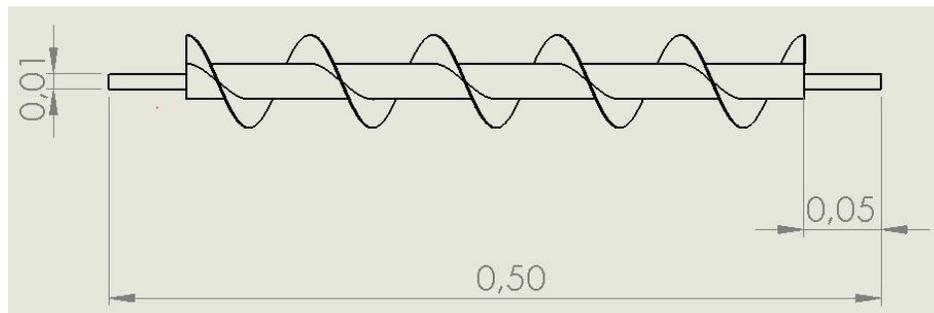
Esta etapa consta de un tubo de PVC tipo T de 04 pulgadas, el cual está unido a otro tubo PVC tipo derivación con reducción de 04 a 02 pulgadas. Por el centro de ambos tubos hay un eje transportador tipo helicoidal, el cual está conectado a un motor encargándose de transportar los limones. Las medidas de la estructura son de 0.18m x 0.45m x 0.10m. (Alto x Largo x Ancho). El eje transportador este hecho de metal y tiene unas medidas de 0.07x0.35m (Largo x Ancho). En la figura N°46 se muestran las vistas isométricas acotadas del diseño.



*Figura N°46* Vista isométrico de transportadora de limones

Fuente: Elaboración propia en la plataforma SolidWorks

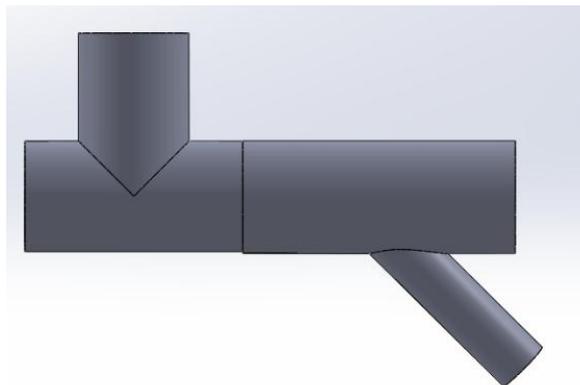
En la figura N°47 podemos observar las medidas de esta estructura



*Figura N°47* Medidas de Transportadora de limones

Fuente: Elaboración propia en la plataforma SolidWorks

En la figura N°48 podemos observar el diseño de la dispensadora.

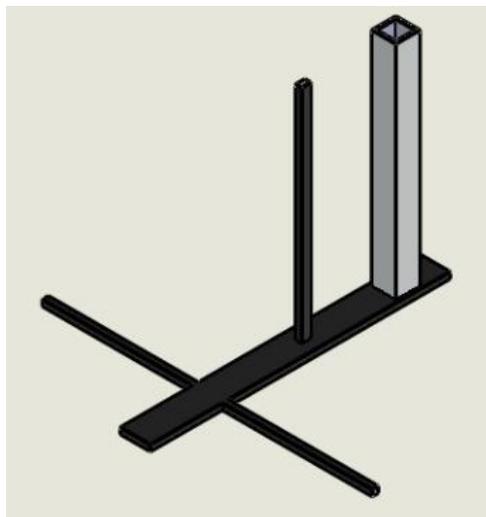


*Figura N°48* Parte de la estructura de la dispensadora

Fuente: Elaboración propia en la plataforma SolidWorks

c) Soporte de la estructura

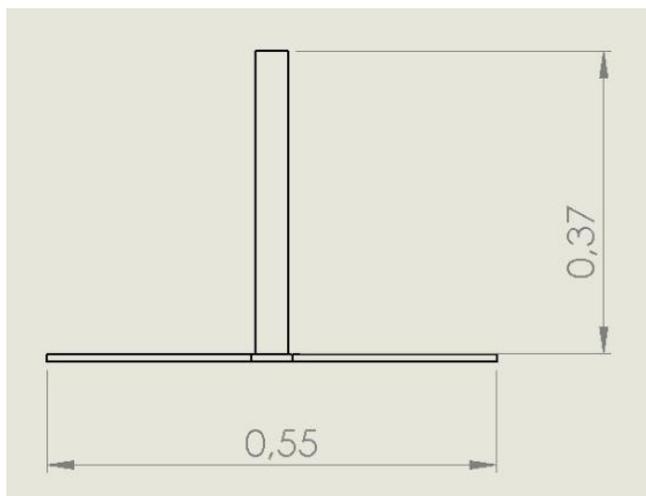
Esta pieza está hecha de fierro, ya que se encarga de sostener las dos estructuras mencionadas. En la figura N°49 se puede observar el diseño realizado en SolidWorks



*Figura N°49* Diseño del soporte de la estructura

Fuente: Elaboración propia en la plataforma SolidWorks

Las medidas de la pieza son de: 0.37m x 0.55m (Alto x Largo). En la figura N°50 se muestran las medidas acotadas del diseño.



*Figura N°50* Medidas del soporte de la estructura

Fuente: Elaboración propia en la plataforma SolidWorks

### 3.3.2. Diseño de la faja transportadora

Para determinar las longitudes que va tener la faja transportadora, fue necesario primero tomar una muestra de 15 limones, para sacar una media aritmética, la cual pueda determinar con mayor precisión el tamaño promedio de un limón empleado en el sistema, de forma que podamos determinar el ancho de la faja.

A continuación, se muestra en la Tabla 12 los limones con su respectivo diámetro.

Tabla 12 Tamaño promedio del limón

Limón N.º	Diámetro (cm)
Limón 1	3.9
Limón 2	3.6
Limón 3	3.8
Limón 4	3.7
Limón 5	3.5
Limón 6	3.8
Limón 7	3.7
Limón 8	3.7
Limón 9	3.6
Limón 10	3.7
Limón 11	3.8
Limón 12	3.9
Limón 13	3.7
Limón 14	3.7
Limón 15	3.8

Fuente: Elaboración Propia

Una vez que hemos sacado muestra de las dimensiones de los limones, sacamos el promedio según la siguiente ecuación.

$$\text{Tamaño promedio del limón} = \frac{\sum \text{Diámetro de Limones}}{15} \dots\dots (1)$$

$$\text{Tamaño promedio del limón} = \frac{55.9}{15} \dots\dots\dots\dots\dots\dots (2)$$

$$\text{Tamaño promedio del limón} = 3.72 \text{ cm} \equiv 0.0372\text{m} \dots (3)$$

El tamaño promedio calculado corresponde a un limón Sutil de calidad primera o segunda, según el Anexo 3. Por ese motivo se ha optado que el agujero de la tolva y la boquilla dispensadora de limones sean de 0.04m, así como se detalla en el punto 3.3.1.2.

#### Partes y dimensiones de la estructura

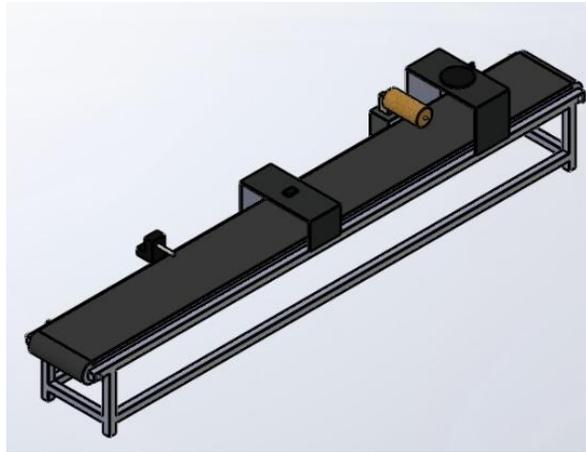
Para determinar el ancho de la faja transportadora será necesario considerar dos veces el ancho del limón promedio, puesto que pueden dispensarse dos limones simultáneos, además se agregó un margen para el correcto uso del sensor HC-SR04. Por lo tanto, el ancho que se optó para el correcto funcionamiento del sistema es de 0.12m.

Por otro lado, para determinar el largo de la faja transportadora, tomamos en cuenta las diversas etapas que tiene nuestro sistema. Por tal motivo para el correcto funcionamiento de cada etapa consideramos un largo de la faja de 1.5m.

Finalmente, que ya se determinó el ancho y la longitud de la faja transportadora que requiere nuestro sistema, se eligió el tipo de material empleado para la construcción de la banda transportadora el cual es Polyester, esto debido a que se consigue fácilmente en el mercado y el costo no es elevado.

#### 3.3.2.1. Características de la estructura

En esta etapa se desarrolla las funciones principales de nuestro sistema, gracias al motor conectado a la faja, los limones serán transportados desde el inicio hasta el final que es la balanza. En la figura N°51 se puede observar una vista isométrica en el diseño de la faja transportadora.

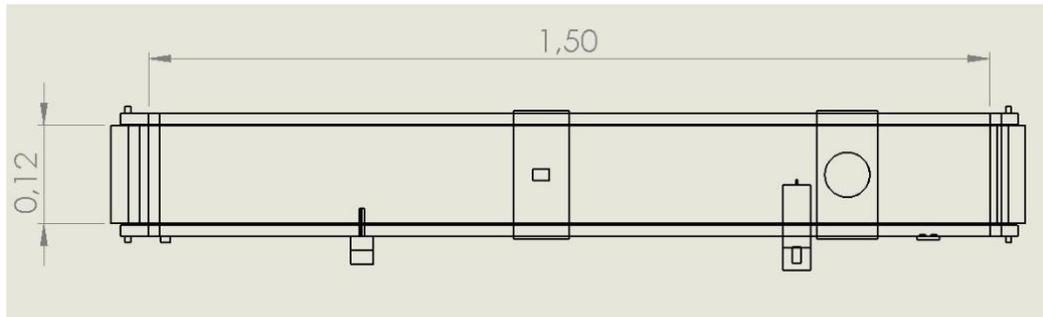


*Figura N°51* Vista isométrica de la faja transportadora

Fuente: Elaboración propia en la plataforma SolidWorks

### 3.3.2.2. Dimensiones de la faja transportadora

La faja transportadora tiene las siguientes dimensiones en general 1.50m x 0.12m (Largo x Alto), éstas se pueden apreciar en la figura N°52.



*Figura N°52* Medidas de la faja transportadora

Fuente: Elaboración propia en la plataforma SolidWorks

### 3.3.2.3. Ubicación de los sensores y actuadores de la faja transportadora

En la faja transportadora se ha ido colocando diversos sensores y actuadores, para que el sistema cumpla con todas las funciones requeridas. Dichos componentes fueron ubicados a tal como se pueden observar en la figura N°53

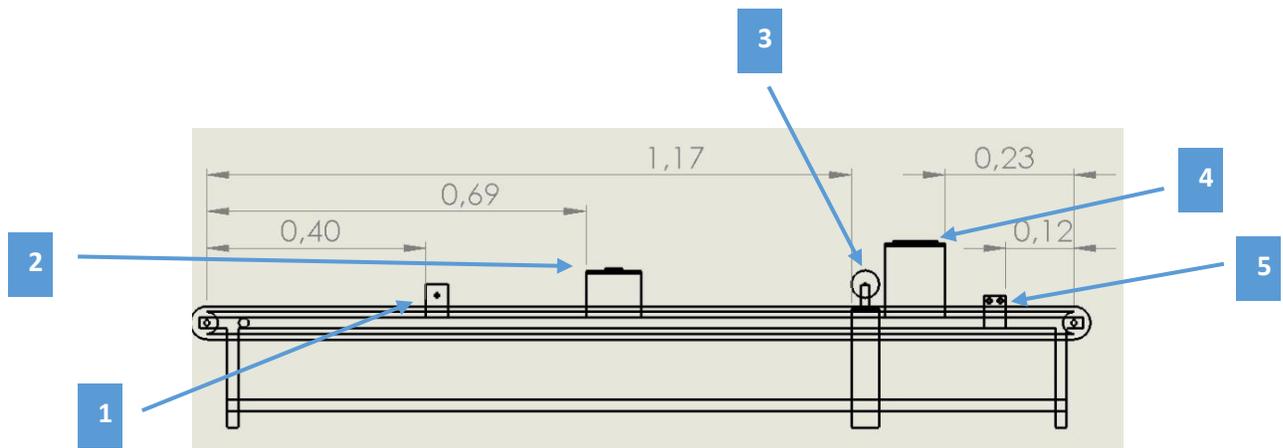


Figura N°53 Medidas de los componentes a distancia del inicio de la faja

Fuente: Elaboración propia en la plataforma SolidWorks

A continuación, se detalla los sensores y actuadores señalados de la figura N°53

1. Pistón eléctrico
2. Sensor de color
3. Motor de cepillo
4. Ventilador
5. Sensor de Ultrasonido

### 3.3.3. Diseño de la caja de control de mandos

#### 3.3.3.1. Características de la caja de control de mandos

Esta estructura fue diseñada a fin de que el operario pueda visualizar y tener un control de todo el sistema, está fue hecha de material MDF, y cuenta con diversos actuadores. En la figura N°54 se puede observar un modelado del diseño elaborado en SolidWorks.

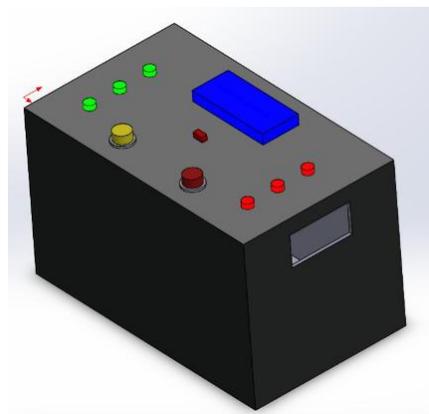


Figura N°54 Vista isométrica de la caja de control de mandos

Fuente: Elaboración propia en la plataforma SolidWorks

### 3.3.3.2. Dimensiones de la caja de control de mandos

La estructura tiene las dimensiones señaladas en la figura N°55, esta fue diseñada en el software SolidWorks.

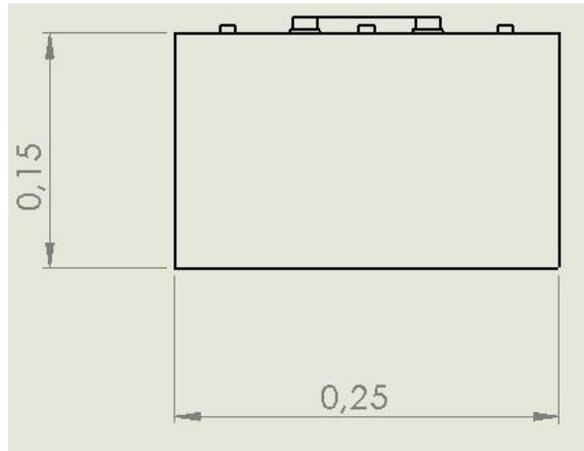


Figura N°55 Medidas de la caja de control de mandos

Fuente: Elaboración propia en la plataforma SolidWorks

### 3.3.3.3. Ubicación de los sensores y actuadores en la caja de control de mandos

En la caja de control de mandos se ha ido colocando diversos actuadores, para que el operario pueda tener una visualización de todo el sistema, y además este lo pueda controlar en caso se presente alguna falla. Dichos componentes fueron ubicados a tal como se pueden observar en la figura N°56.

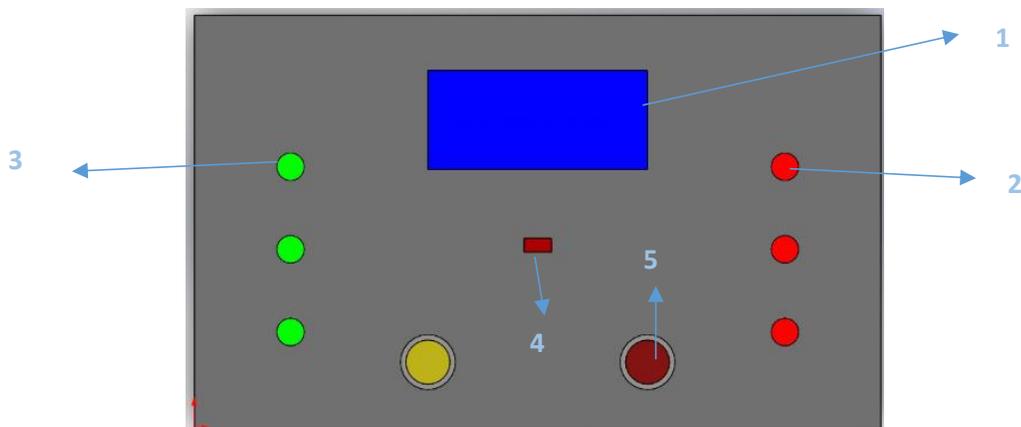


Figura N°56 Medidas de los componentes en la caja de control de mandos

Fuente: Elaboración propia en la plataforma SolidWorks

A continuación, se detalla los elementos señalados de la figura N°56

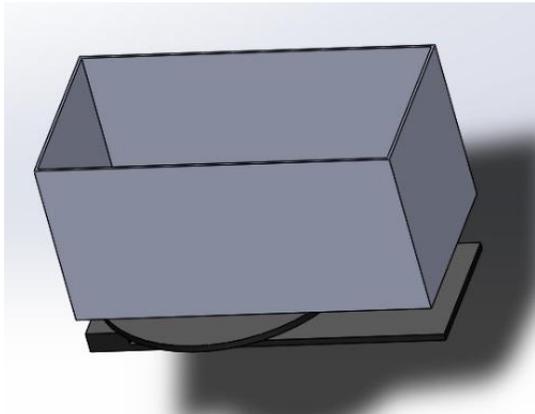
1. Pantalla LCD
2. Led Indicador Rojo
3. Led Indicador Verde
4. Interruptor
5. Pulsador

### 3.3.4. Balanza y jaba

#### 3.3.4.1. Características de la balanza

Estas estructuras fueron elaboradas en material MDF, y tienen como función principal que aquí se depositen los limones buenos, hasta que lleguen a un peso mayor igual que 1 Kg,

En la figura N°57 se puede observar un modelo del diseño elaborado en Solidworks.



*Figura N°57 Vista isométrico de la balanza*

Fuente: Elaboración propia en la plataforma SolidWorks

### 3.3.4.2. Dimensiones de la balanza

La balanza tiene las medidas que se pueden apreciar en las siguientes figuras. Se consideró que la base tenga un diámetro de 0.15m, lo suficientemente necesario para que pueda almacenar el peso de limones que se requiere (1Kg).

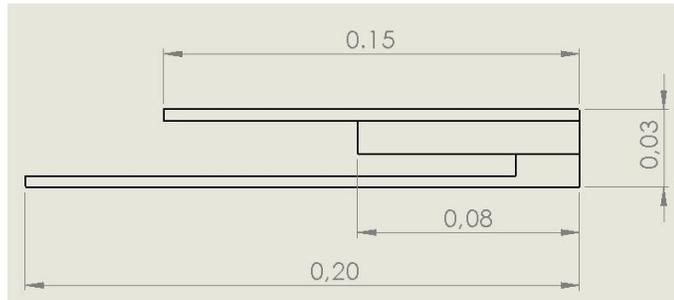


Figura N°58 Dimensiones de la balanza

Fuente: Elaboración propia en la plataforma SolidWorks

### 3.3.4.3. Dimensiones de la jaba

La balanza tiene las medidas que se pueden apreciar en las siguientes figuras. Se consideró que tenga una altura de 0.10m, la cual es suficiente para que pueda almenar 1Kg de limones.

En la figura N°59 Se puede observar las dimensiones.

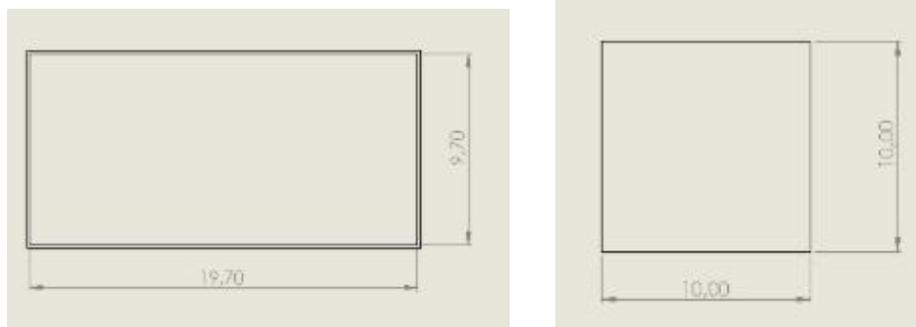


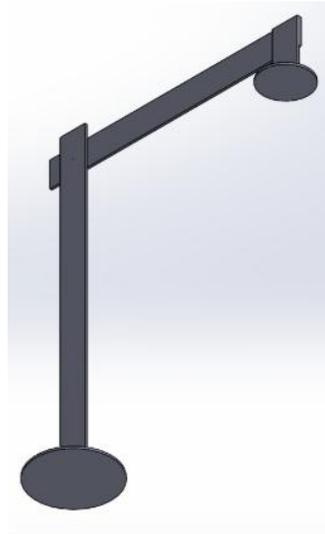
Figura N°59 Dimensiones de la jaba

Fuente: Elaboración propia en la plataforma SolidWorks

### 3.3.5. Lámpara Li-Fi

#### 3.3.5.1. Características de la lámpara Li-Fi

La estructura de la lámpara Li-Fi, fue hecha a base de MDF, está tiene como función tener una lámpara lo suficientemente alta para que se encuentre en la parte superior de todo el sistema, en esta se conectará el módulo Li-Fi, que servirá para retransmitir los datos y cumplir como medio de comunicación. En la figura N°60, se puede observar una vista isométrica elaborada en Solidworks.



*Figura N°60* Vista isométrica de la lámpara Li-Fi

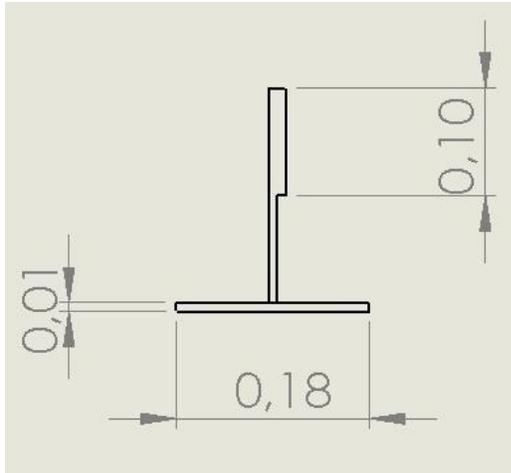
Fuente: Elaboración propia en la plataforma SolidWorks

Cabe mencionar que el diseño y fabricación de la estructura mencionada se realizó en dos partes: a) Base de la lámpara b) Brazo regulador.

#### 3.3.5.2. Dimensiones de la lámpara Li-Fi

a) Base de la lámpara:

A continuación, se muestra en la Figura N°61 las medidas del elemento mencionado.

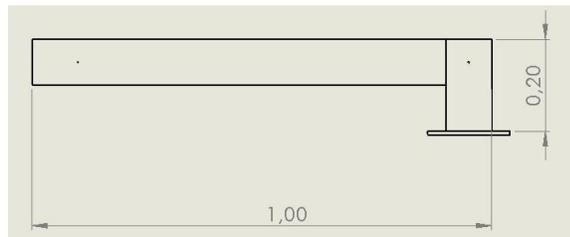


*Figura N°61* Dimensiones de la base de la lámpara

Fuente: Elaboración propia en la plataforma SolidWorks

b) Brazo regulador

A continuación, se muestra en la Figura N°62 de las medidas del elemento mencionado.



*Figura N°62* Dimensiones del brazo regulador

Fuente: Elaboración propia en la plataforma SolidWorks

### 3.4. Diseño Electrónico

En esta etapa se explica el diseño electrónico que se ha optado por usar para la elaboración del sistema automatizado de la presente tesis. Esta se divide en 4 etapas.

1. Elementos a emplear para el diseño electrónico
2. Requerimientos eléctricos y electrónicos de los sensores
3. Requerimientos eléctricos y electrónicos de los actuadores
4. Requerimientos para la etapa de comunicación Li-Fi

5. Conexión de los componentes al microcontrolador
6. Circuito electrónico para las fuentes y tierras

#### 3.4.1. Elementos a emplear

En el presente proyecto se elabora un prototipo de sistema de selección y empaquetado de limones supervisado mediante comunicación Li-Fi.

A continuación, se menciona los componentes usados para el presente proyecto:

- a) Controlador: Arduino Mega 2560
- b) Forma de visualización: Pantalla LCD y dispositivo móvil conectado a la red Li-Fi
- c) Estructura de todo el sistema: Las estructuras se detallan en el subcapítulo anterior  
3.1.3 Requerimientos de la estructura.
- d) Sensores, actuadores y otros elementos:
  - i. Sensores:
    1. Sensor de Ultrasonido HC-SR04
    2. Sensor de Color TCS230
    3. Celda de Carga 5Kg
    4. Módulo HX711
  - ii. Actuadores:
    1. 02 motores de la tolva
    2. 01 motor del dispensador
    3. Ventilador de 12V
    4. 01 motor conectado al cepillo
    5. 01 motor para el movimiento de la faja transportadora
    6. Pistón eléctrico
    7. Zumbador
  - iii. Otros elementos:
    1. 02 pulsadores

2. 06 ledes
3. 01 interruptor
4. 02 módulos L298N
5. Borneras
6. Cables
7. Galleta para circuito electrónico

e) Elementos utilizados para la etapa de comunicación

- Gateway Arris
- Inyector PoE TP-Link
- Cable UTP categoría 6 de la marca SATRA
- Modulo ESP8266
- Access Point Li-Fi max
- Dongle Li-Fi max

f) Limones

Para efecto de pruebas se ha optado por utilizar 100 limones, siendo el 10% de estos defectuosos, a fin de probar la buena selección del fruto realizada por nuestro sistema. Cabe destacar que los limones utilizados son de tipo Sutil de calidad Primera y segunda, cuyas características se pueden ver en el Anexo<sup>o</sup>3

g) Software Proteus

El Software ha sido utilizado para tener un diagrama de las conexiones electrónicas de los sensores y actuadores.

h) Software Arduino

El software se utilizó para poder programar el microcontrolador Arduino Mega 2560, así como para que los actuadores funcionen en base a la respuesta de los sensores.

i) Software Solidworks

El software ha sido utilizado para diseñar las estructuras mecánicas de todo el sistema

j) Software AutoCAD

El software ha sido utilizado para elaborar diseños y poder hacer cortes en MDF.

3.4.2. Requerimientos eléctricos y electrónicos de los sensores

- Voltaje de alimentación: 3.3- 5.5V,
- Corriente: 0.500mA
- Fáciles de implementar con el microcontrolador Arduino
- Temperatura Max.: 30°C
- Porcentaje de error: (0 – 15%)

3.4.3. Requerimientos eléctricos y electrónicos de los actuadores

- Voltaje de alimentación: 3.3 – 15 V,
- Corriente: 0.500mA – 2A
- Manejo de datos: Pin digital y analógico del controlador
- Temperatura Max.: 140°C

3.4.4. Requerimientos para la etapa de comunicación Li-Fi

- Conexión a una altura mínima de 02 metros
- Montaje empotrado o adosado
- Conexión RJ45
- Consumo menor o igual a 7 watts

3.4.5. Requerimientos para un proceso industrial.

Lo mencionado en los puntos: a) 3.4.2. Requerimientos eléctricos y electrónicos de los sensores b) 3.4.3. Requerimientos eléctricos y electrónicos de los actuadores, son requerimientos necesarios para el prototipo elaborado para la presente tesis, sin embargo, si el proyecto se desea llevar a un sistema real, estos parámetros no se cumplirán. Por lo cual

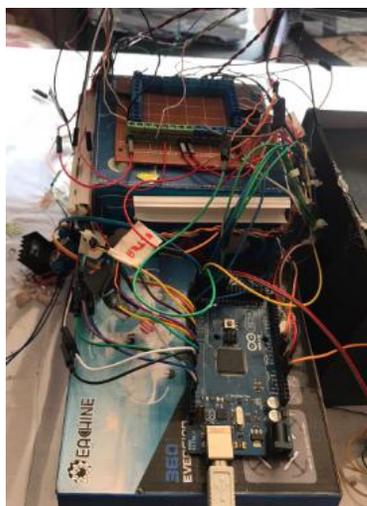
se investigó un proceso industrial que sea similar al prototipo mencionado, encontrándose una clasificadora de frutas de la marca Tomra, la clasificadora óptica **SENTINEL II**, cuyas características se encuentran en el ANEXO 16, a dicho procesos, solo bastaría adaptarle la etapa de comunicación Li-Fi, cuyos requerimientos se encuentran en el subcapítulo 3.4.4. Requerimientos para la etapa de comunicación Li-Fi, esto permitirá al proceso industrial a trabajar con esta nueva tecnología de comunicación, muy relacionada a la 5G y el IoT.

#### 3.4.6. Conexión de los componentes al microcontrolador

Para la elaboración de todo el sistema, es necesario conectar los componentes que hemos escogido en el capítulo 3.4.1. Elementos a emplear, estos se conectan a nuestro microcontrolador Arduino Mega 2560, recordando que se escogió este, debido a la gran cantidad de entradas para los sensores y actuadores que se han optado para la elaboración de la presente tesis.

En el Anexo 17 y Anexo 18, se pueden observar a que salidas digitales y analógicas respectivamente, se conectaron nuestros componentes.

En la figura N°63, se puede observar el cableado de nuestro Arduino con los componentes electrónicos.



*Figura N°63* Conexiones de los componentes al Arduino

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.7. Circuito electrónico para las fuentes y tierras

Al tener diversos sensores y actuadores, que se alimentan con 5 voltios, y que además el Arduino Mega solo presenta pocas salidas de 5v y tierra, se optó por diseñar y elaborar un circuito electrónico para conectar todas las fuentes y tierras. De modo de que se pueda mitigar el problema que se tiene con los pocos pines de fuente y tierra del microcontrolador. Para esto primero se elaboró un diseño en el Software Proteus, el cual se muestra en la figura N°64.

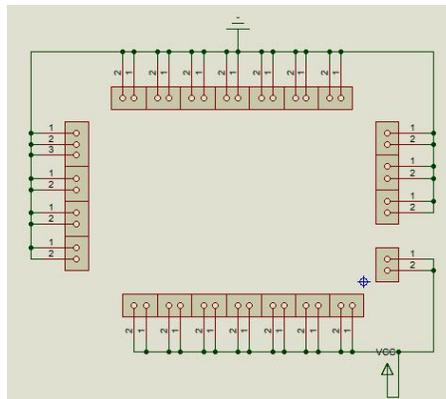
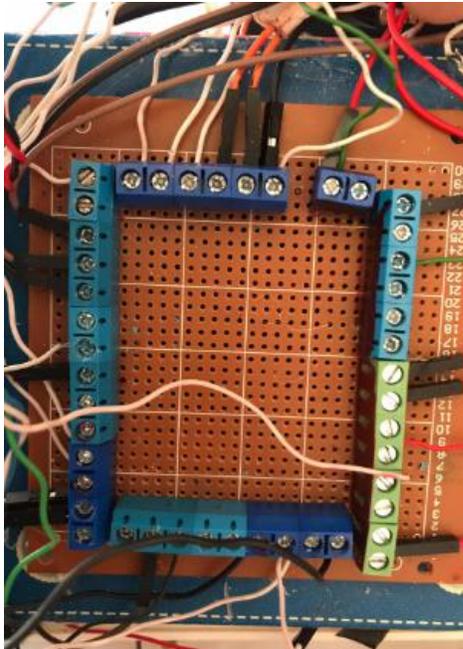


Figura N°64 Diseño del circuito de fuentes y tierras en Proteus

Fuente: Elaboración propia en la plataforma Proteus Design Swite

Luego se procedió hacerlo de manera real. En la figura N°65 se presenta una imagen de nuestro circuito final conectado a los sensores y actuadores.



*Figura N°65* Circuito electrónico para fuentes y tierras

Fuente: Elaboración propia

Con este nuevo circuito se consiguió tener un total de 16 fuentes y 29 tierras, lo cual nos permite cumplir satisfactoriamente para todos los componentes electrónicos que utilizamos en nuestro sistema.

### **3.5. Diseño Informático**

Para la elaboración de nuestro sistema planteado en la presente tesis, y cumplir adecuadamente con lo establecido en los capítulos anteriores, es necesario plantear el funcionamiento que va cumplir nuestros sensores y actuadores en todo el proyecto, a raíz de esto se ha elaborado un diagrama de flujo, el cual se puede visualizar en la figura°66.

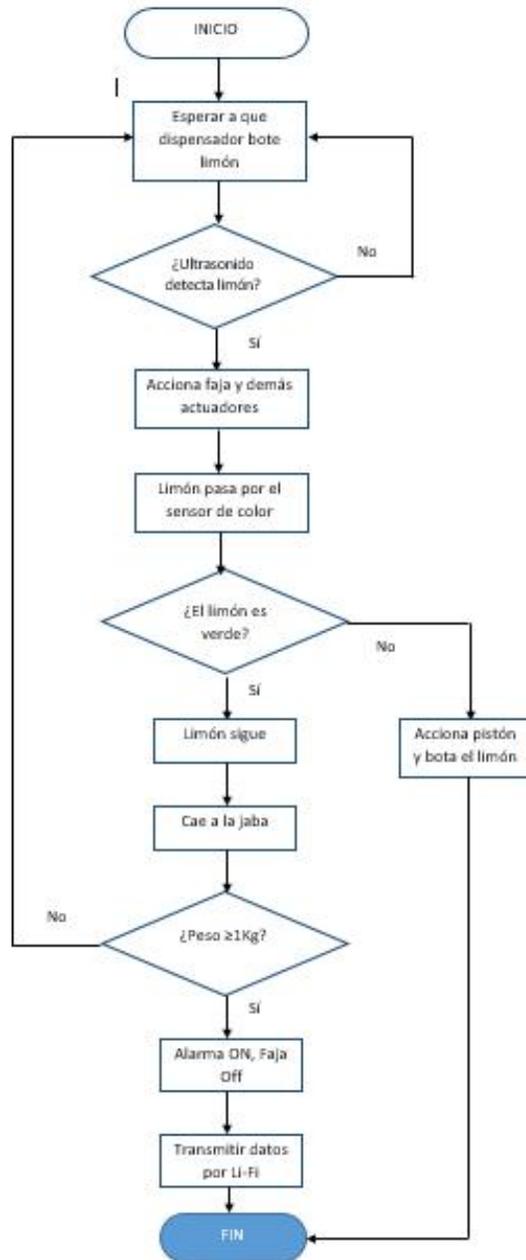


Figura N°66 Diagrama de flujo del funcionamiento del sistema

Fuente: Elaboración propia

Visualizando nuestro diagrama de flujo y en base a esto, se define como va a funcionar los componentes electrónicos, se procederá a elaborar el código del programa con el que trabaja nuestro microcontrolador Arduino.

### **3.6. Implementación del sistema**

En esta etapa se señala por etapas la implementación del sistema. Estas han sido separadas de la siguiente forma:

1. Etapa de flujo de limones
2. Etapa de detección de limones y activación de la faja
3. Etapa de selección de limones
4. Etapa de peso y empaquetado
5. Etapa de la caja de mando
6. Etapa de comunicación Li-Fi

En los siguientes subcapítulos, se dará una explicación de las siguientes etapas, la ubicación de los componentes que se han utilizado en este, las conexiones eléctricas, y la programación que se ha empleado en estas, etc.

#### **3.6.1. Etapa de flujo de limones**

El flujo de limones es controlado por tres motores. Los motores son alimentados de la siguiente forma: 02 motores con una fuente de 15 V 2A y 01 motor con una fuente de 12V y 500 mA, a su vez estos son controlados con un interruptor, el cual prendera o apagara los motores. Se ha elaborado un esquema de esta etapa del sistema, el cual se puede apreciar en la Figura N°67.

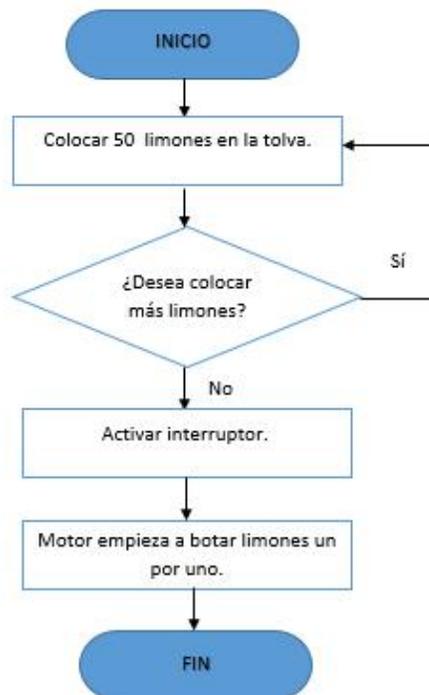


Figura N°67 Diagrama del control de flujo de limones

Fuente: Elaboración propia

Para el siguiente control solo se ha usado de actuadores y un interruptor. El primer motor se encarga de girar una paleta que bota los limones por un hueco, una vez que el limón este ahí, el segundo motor se encarga de gira una tabla de MDF, la cual tiene otro hueco para que este coincida con el primero y permita caer uno por uno en la dispensadora de limones, la cual tiene un motor que es un eje que gira en forma helicoidal, los limones que caigan en esta etapa serán llevados a un último hueco que permita la caída del limón a la faja transportadora. Por otro lado, también se tiene un interruptor que encienda o detenga los motores.

### 3.6.1.1. Ubicación de los componentes

Los motores se ubicarán en la primera estructura de nuestro sistema, ya que esta es la etapa inicio del presente proyecto, a su vez estos son conectados mediante cables y borneras a nuestras fuentes. En la figura N°68 se tiene una vista de los motores a emplear

en el presente proyecto, diseñado en Solidworks. También se señalan la ubicación donde se han colocado los motores.

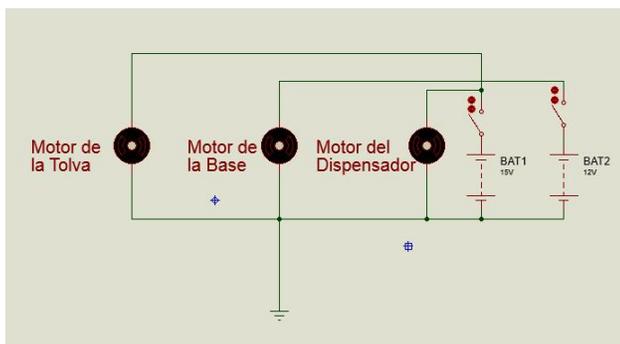


*Figura N°68* Ubicación de los motores para la etapa de flujo de limones

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.1.2. Conexiones electrónicas

Se ha representado mediante el software Proteus las conexiones electrónicas para la elaboración de esta etapa



*Figura N°69* Conexiones electrónicas para los motores de la etapa de flujo de limones

Fuente: Elaboración propia en la plataforma Proteus Design Swite

Además, se han realizado los cálculos para determinar la potencia que se necesitó para la etapa del sistema.

Este sistema está compuesto por tres motores, por lo cual se ha determinado la potencia independiente de cada uno de ellos, y la potencia total consumida por esta etapa.

Recordando que la fórmula para calcular la potencia es:

$$Potencia = Corriente \times Voltaje \dots\dots\dots (4)$$

Por lo tanto, aplicado a nuestro motor de la tolva:

$$P_{Tolva} = 13.18 \times 2 \dots\dots\dots (5)$$

$$P_{Tolva} = 26.36 \text{ W} \dots\dots\dots (6)$$

Donde la potencia de la tolva da un total de 26.36 Watts, de la misma manera se hicieron los cálculos para el motor de la base cuyo voltaje es: 20.4V y corriente de alimentación 0.5A. Por lo tanto, remplazando dichos datos en nuestra ecuación<sup>4</sup> determinamos que la potencia de la base es:

$$P_{Base} = 20.4 \times 0.5 \dots\dots\dots (7)$$

$$P_{Base} = 10.2 \text{ W} \dots\dots\dots (8)$$

Asimismo, se hicieron los cálculos para determinar la potencia del motor usado en el dispensador de limones cuyo voltaje es 13.18V y corriente de alimentación 2A. Por lo tanto, remplazando dichos valores en nuestra ecuación<sup>4</sup> determinamos que la potencia del motor del dispensador es:

$$P_{Dispensador} = 13.18 \times 2 \dots\dots\dots (9)$$

$$P_{Dispensador} = 26.36 \text{ W} \dots\dots\dots (10)$$

Para determinar la potencia que requiere toda la etapa de flujo de limones, se sumó las potencias halladas en las ecuaciones anteriores (6), (8) y (10). Por lo tanto:

$$P_{Flujo} = P_{Tolva} + P_{Base} + P_{Dispensador} \dots\dots\dots (11)$$

$$P_{Flujo} = 26.36 \text{ W} + 10.2 \text{ W} + 26.36 \text{ W} \dots\dots\dots (12)$$

$$P_{Flujo\ de\ Limones} = 62.92\ W \dots\dots\dots (13)$$

Concluimos que la potencia requerida para la etapa presente es de 62.92 Watts.

### 3.6.2. Etapa de detección de limones y activación de la faja.

En esta etapa se utiliza un sensor ultrasónico HC-SR04, cuyas características se pueden ver en el Anexo 6, el cual actuara en función a la distancia de los objetos colocados frente a este, en este caso los limones, para el proyecto se le programó para que detecte una salida entre 0.02 a 0.12 m, esta distancia fue programada ya que es el ancho de toda la faja. Se ha elaborado un esquema de esta parte del sistema, el cual se puede apreciar en la Figura N°70.

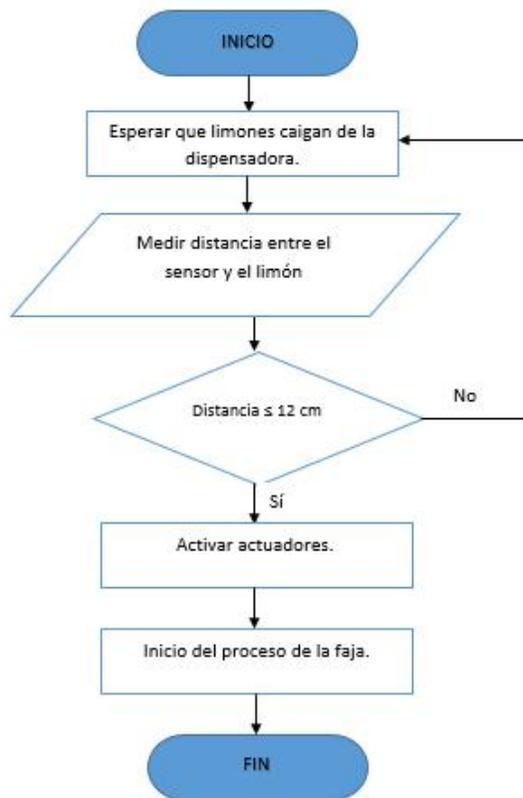


Figura N°70 Diagrama de flujo de la etapa de detección de limones

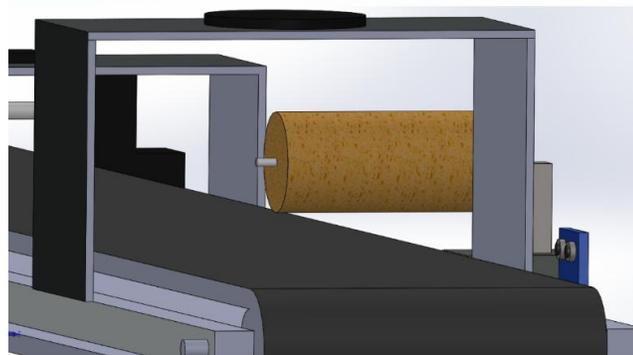
Fuente: Elaboración propia

Se diseñó el control de detección de limones por la distancia medida entre el sensor HC-SR04 y la activación de nuestros actuadores tales como: motor de la faja, ventilador y

motor del cepillo. Para el buen control de esta etapa, se realizaron los procesos señalados en el diagrama flujo de la figura N°68. Primero esperamos a que la dispensadora empiece a botar los limones uno por uno, luego realizamos la medición del sensor ultrasónico, si el valor obtenido es menor igual que 0.12m, accionamos todos los actuadores señalados anteriormente. Así mismo que muestra un mensaje en la pantalla LCD y enciende los ledes indicadores. Se ha designado poner una distancia de 0.12m, ya que la faja tiene ese ancho.

#### 3.6.2.1.Ubicación de los componentes

En la Figura N°71 se puede observar la simulación de los sensores y actuadores empleados para el desarrollo de este control, esta fue diseñada por el software Solidworks.



*Figura N°71 Sensor Ultrasonido conectado a la faja*

Fuente: Elaboración propia en la plataforma SolidWorks

- El sensor se colocó en la parte inicial de la faja, a 0.0245 m del inicio de la faja.
- Se utilizó un sensor ultrasónico HC-SR04, el cual detecta objetos, para este caso limones.

#### 3.6.2.2.Conexiones electrónicas

En la figura N°72 se observa el diagrama de conexión del sensor ultrasónico que se ha utilizado para la detección adecuada de limones, que a la vez acciona los actuadores correspondientes.

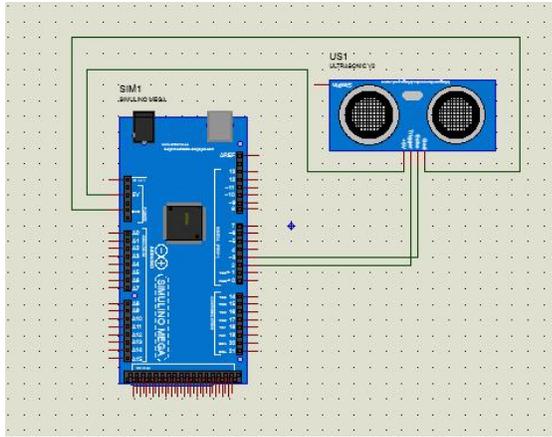


Figura N°72 Diagrama de conexión del sensor ultrasónico

Fuente: Elaboración propia en la plataforma Proteus Design Swite

Para esta etapa se realizaron los cálculos necesarios para determinar la potencia de los actuadores que comprende esta etapa, los cuales son: a) motor de la faja b) motor del cepillo c) ventilador

Cabe destacar que los actuadores mencionados son alimentados con fuentes independientes del Arduino.

Se determinaron los resultados para la obtención de la potencia utilizada por los motores, haciendo uso del uso de la ecuación<sup>4</sup>. Para la faja, fue de la siguiente forma:

$$P_{Faja} = 7.9 \times 2 \dots\dots\dots (14)$$

$$P_{Faja} = 15.8 \text{ W} \dots\dots\dots (15)$$

Para el ventilador

$$P_{Ventilador} = 8.29 \times 0.24 \dots\dots\dots (16)$$

$$P_{Ventilador} = 1.99 \text{ W} \dots\dots\dots (17)$$

Para el Cepillo

$$P_{Cepillo} = 8.29 \times 0.5 \dots\dots\dots (18)$$

$$P_{Cepillo} = 4.145 W \dots\dots\dots (19)$$

Con los datos obtenidos, se determinó la potencia utilizada en la etapa de detección, la cual se determinó de la siguiente forma:

$$P_{Selección} = P_{Faja} + P_{Ventilador} + P_{Cepillo} \dots\dots (20)$$

$$P_{Detección} = 15.8 W + 1.99 W + 4.145 W \dots\dots (21)$$

$$P_{Detección} = 21.94 W \dots\dots\dots (22)$$

### 3.6.2.3. Programación del sensor HC-SR04

Para una correcta programación del sensor ultrasónico, fue necesario conocer el funcionamiento del sensor, realizar una calibración para luego poder programarlo según los requerimientos que se desea

En la figura N°73, se puede observar una parte de la programación para el sensor HC-SR04.

Cabe mencionar que se declararon dos variables las cuales, son la distancia del sensor hacia el limón representada por la variable “d” y el tiempo que demora en regresar el sonido emitido al sensor representado con la variable “t”.

```

sketch_mar19a Arduino 1.8.10
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
sketch_mar19a $
// Entradas para el sensor de Ultrasonido
const int Trigger = 2; //Pin digital 2 para el Trigger del sensor
const int Echo = 3; //Pin digital 3 para el Echo del sensor
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  Serial.begin(9600); //inicializamos la comunicaci3n
  //-----SENSOR ULTRASONIDO-----
  pinMode(Trigger, OUTPUT); //pin como salida
  pinMode(Echo, INPUT); //pin como entrada
  digitalWrite(Trigger, LOW); //Inicializamos el pin con 0
}
void loop() {
  //-----Config. del UltraSonido-----

  long t; //timepo que demora en llegar el eco
  long d; //distancia en centimetros

  digitalWrite(Trigger, HIGH);
  delayMicroseconds(10); //Enviamos un pulso de 10us
  digitalWrite(Trigger, LOW);

  t = pulseIn(Echo, HIGH); //obtenemos el ancho del pulso
  d = t/59; //escalamos el tiempo a una distancia en cm

  // Sensor ultrasonido activa motor de la faja y dem1s actuadores
  if (d>=3 && d<= 12) {

```

Figura N°73 Programaci3n del sensor HC-SR04

Fuente: Elaboraci3n propia en la plataforma Arduino IDE

Para determinar la distancia de detecci3n entre el sensor y el lim3n, es necesario convertir la velocidad del sonido de m/s a cm/us, bajo las siguientes ecuaciones:

$$V_{\text{Sonido}} = 340 \text{ m/s} \dots\dots\dots (23)$$

$$340 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 100 \frac{\text{cm}}{\text{m}} \times \frac{1}{1000000} \frac{\text{s}}{\mu\text{s}} = \frac{1}{29.4} \frac{\text{cm}}{\mu\text{s}} \dots\dots\dots (24)$$

La velocidad de la onda de sonido en llegar al objeto es de 29.4 cm/us, sin embargo, el m3dulo recibe el tiempo que la onda en regresar a este, por lo tanto, este tiene que ser multiplicado por 2, esto m1s la ecuaci3n (25). Se obtiene lo siguiente:

$$Distancia = \frac{Tiempo}{Velocidad} \dots\dots\dots (25)$$

$$Distancia (cm) = \frac{Tiempo (\mu S)}{29.4x2 (cm/\mu S)} \dots\dots\dots (26)$$

$$Distancia (cm) = \frac{Tiempo (\mu S)}{59 (cm/\mu S)} \dots\dots\dots (27)$$

Ahora que ya se calcula la formula con la cual se programará el sensor ultrasónico, se coloca en el Arduino, y junto con las variables indicadas, se puede calcular la distancia entre el sensor y el limón.

Cabe destacar que se programó para que cuando detecté un limón a una distancia menor igual que 0.12m, se accionará diversos actuadores. Para un mayor detalle véase el Anexo 19.

### 3.6.3. Etapa de selección de limones

Para que exista una adecuada selección de limones, es necesario determinar la coloración de los frutos, estos deben ser verdes, y no presentar manchas amarillas o marrones superiores al 30%. Para poder detectar el buen estado de estos, se ha utilizado un sensor de color TCS230, cuyas características se detallan en el Anexo 7.

Con la finalidad de que el sensor cumpla con la tarea asignada, se ha desarrollado un programa para calibrar y luego en caso detecte un limón que este malogrado, accionara un pistón eléctrico que lo retirará de la faja. Se elaboró esta etapa según el diagrama de flujo de la figura N°74.

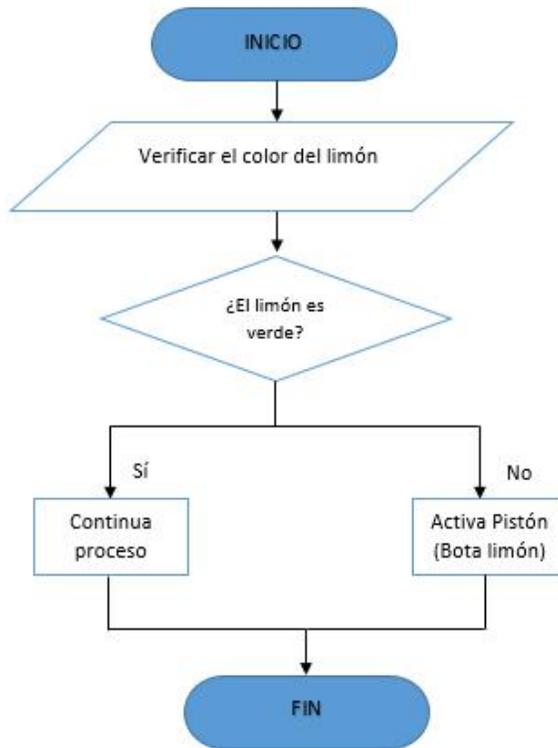


Figura N°74 Diagrama de flujo del control de selecciones

Fuente: Elaboración propia

El sensor determina si el color del limón es adecuado, en caso lo sea, deja pasar el limón a la balanza; caso contrario acciona el pistón eléctrico y bota el limón de la faja transportadora. Así mismo en caso que el limón este malogrado, muestra un mensaje que dice “Limón malogrado” en la pantalla LCD 16X2 en la caja de control de mandos y a su vez en el dispositivo móvil conectado a la red Li-Fi.

### 3.6.3.1.Ubicación de los componentes

Para esta etapa, se ha colocado un sensor sobre una estructura de MDF, a 0.78m del inicio de la faja A la vez se ha colocado un pistón eléctrico a 1.1 m de la faja.

Ambos componentes se pueden visualizar en la figura °75, diseñada en el Software Solidworks.

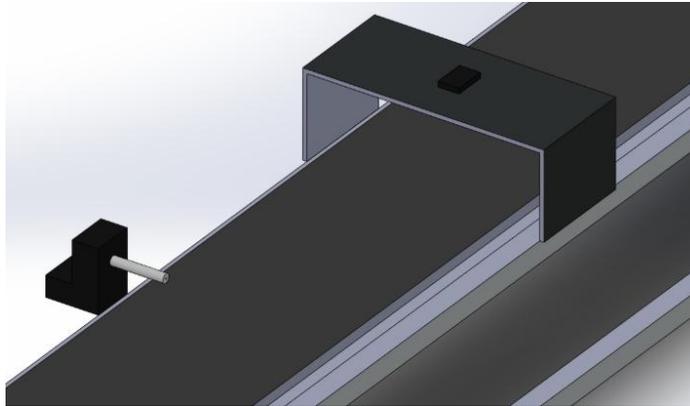


Figura N°75 Vista Isométrica de la etapa de selección

Fuente: Elaboración propia en la plataforma SolidWorks

### 3.6.3.2. Conexiones electrónicas

En la figura N°76 se observa el diagrama de las conexiones electrónicas del sensor de color y el pistón eléctrico, estos no fueron encontrados en Proteus, por lo cual se representan con un sensor y un motor respectivamente.

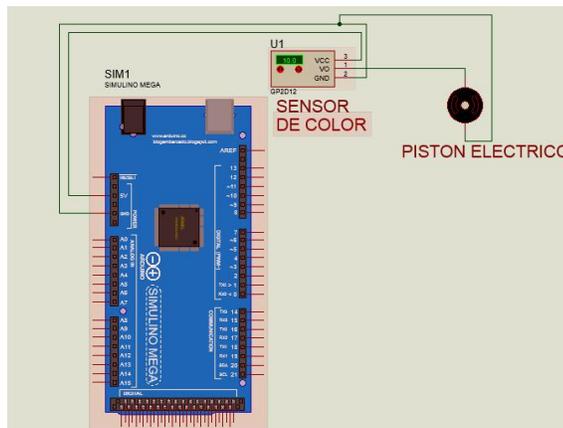


Figura N°76 Diagrama de conexión electrónica de sensor de color y pistón

Fuente: Elaboración propia en la plataforma Proteus Design Swite

Para el buen funcionamiento del pistón eléctrico fue necesario alimentarlo con una fuente independiente.

Así mismo se determinó los cálculos necesarios para determinar la potencia utilizada, haciendo uso de la ecuación 4

$$P_{Pistón} = 5.15 \times 1.5 \dots\dots\dots (28)$$

$$P_{Pistón} = 7.73 \text{ W} \dots\dots\dots (29)$$

Debido a que en la presente etapa el único actuador es el pistón se puede determinar que la potencia del pistón es igual a la potencia de selección.

$$P_{Pistón} = P_{Selección} \dots\dots\dots (30)$$

$$P_{Selección} = 7.73 \text{ W} \dots\dots\dots (31)$$

### 3.6.3.3. Programación del sensor TCS230

Para el correcto funcionamiento del sensor de color TCS-230 fue necesario realizar una calibración, colocando objetos de los colores primarios Rojo, verde y azul frente al sensor a una pequeña y una gran distancia, con el objetivo de obtener las frecuencias superiores e inferiores, para poder realizar una correcta calibración, el cual se muestra en el Anexo 20. En la figura<sup>77</sup> se puede observar una parte de la programación del sensor de color TCS230.

```

Archivo  Editar  Programa  Herramientas  Ayuda
sketch_mar19a$

// Definiendo entradas del sensor de color
#define S0 8
#define S1 9
#define S2 12
#define S3 11
#define salidaSensor 10
// Para guardar las frecuencias de los fotodiodos
int frecuenciaRojo = 0;
int frecuenciaVerde = 0;
int frecuenciaAzul = 0;
int colorRojo;
int colorVerde;
int colorAzul;

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:

  Serial.begin(9600); //inicializamos la comunicación

  // ----- SENSOR DE COLOR -----
  //-----
  // Definiendo las Salidas
  pinMode(S0, OUTPUT);
  pinMode(S1, OUTPUT);
  pinMode(S2, OUTPUT);
  pinMode(S3, OUTPUT);
  
```

Figura N°77 Programación del sensor TCS230

Fuente: Elaboración propia en la plataforma Arduino IDE

### 3.6.4. Etapa de pesaje y empaquetado

Para controlar adecuadamente el peso de cada grupo de limones, se ha visto la necesidad de hacer una balanza. En el presente proyecto se ha optado que la capacidad de cada jaba sea de 1 Kg considerando un margen de error del +5%, esto debido a que es la cantidad que más adquiere el consumidor. Para poder determinar el peso de los limones fue necesario usar una celda de carga de 5Kg, conectada a un sensor HX711, cuyas características se encuentra en el Anexo 8. Los limones seleccionados irán agrupándose en una jaba de MDF, cuando esta llegue al peso deseado, activará una alarma y a su vez mostrara un mensaje en la pantalla LCD de la caja de control, de misma forma enviara un mensaje al dispositivo móvil conectado a la red Li-Fi. Se ha elaborado un diagrama de flujo indicando el funcionamiento de esta etapa, el cual se muestra en la figura N°78.

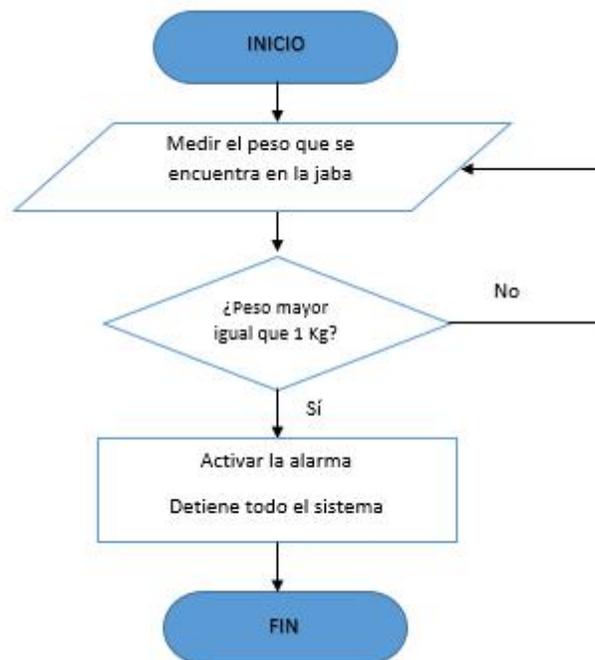


Figura N°78 Diagrama de flujo de la etapa de pesaje y empaquetado

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.4.1.Ubicación de los componentes

En la figura N°79 se tiene una vista de los componentes que se han utilizado, y como quedó la balanza, en la cual se determina el peso del grupo de limones.

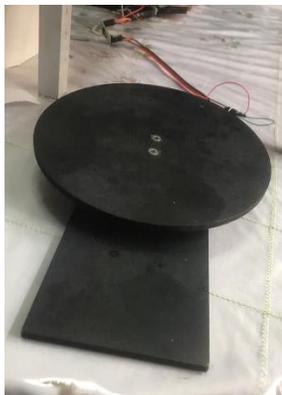


Figura N°79 Balanza y jaba con limones

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.4.2.Conexiones electrónicas

En la figura N°80 se observa el diagrama de las conexiones electrónicas del sensor de peso y la alarma, estos no fueron encontrados en Proteus, por lo cual se representan con un sensor y un led respectivamente.

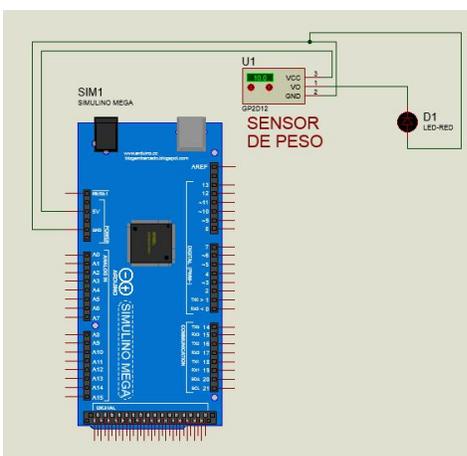


Figura N°80 Diagrama de conexiones electrónicas de sensor de peso y alarma

Fuente: Elaboración propia en la plataforma Proteus Design Swite

### 3.6.4.3. Programación del módulo HX711

Para el correcto uso del módulo HX711 y celda de carga de 5K, es importante determinar el peso tara con el cual se va trabajar. Según la empresa Basculas Revuelta “Peso tara(tare): Es el peso del contenedor o empaque sin incluir el peso del producto (neto).” El cual se rige bajo la siguiente ecuación.

$$\text{Peso Tara} = \text{Peso Bruto} - \text{Peso Neto} \dots\dots\dots (32)$$

Una vez calibrado nuestra balanza, cuya programación se encuentra en el Anexoº21, se determinó el peso de la tara que es de 0.1Kg, de forma que al programarlo se reste con el peso bruto para obtener el peso neto, tal como se demuestra en la siguiente ecuación:

$$\text{Peso Neto} = \text{Peso Bruto} - 0.1 \text{ (Kg)} \dots\dots\dots (33)$$

De esta manera concretamos que nuestro programa funciona para la detección del peso deseado. En la figuraº81 se muestra una parte de la programación.



```
Archivo  Editar  Programa  Herramientas  Ayuda
sketch_mar19a $
#include "HX711.h"           // Biblioteca HX711
#define DOUT  A0             // HX711 DATA OUT = pin A0 do Ardu
#define CLK  A1             // HX711 SCK IN = pin A1 do Arduin
HX711 balanca;             // definir la balanza HX711
float calibration_factor = 42130; // Factoe de calibración de la bal
void setup()
{
  Serial.begin(9600);       // monitor serial 9600 Bps
  balanca.begin(DOUT, CLK); // inicializa a balanza
  Serial.println();        // Salta una linea
  Serial.println("HX711 - Calibración de la balanza"); //
  Serial.println("Remover peso de la balanza");
  Serial.println("Después de las primeras lecturas coloque un peso conoc
  Serial.println("Presione a,s,d,f para aumentar Factor de calibracion p
  Serial.println("Presione z,x,c,v para disminuir Factor de calibracion
  Serial.println("pressione t para TARA(zerar) ");
  balanca.set_scale();     // Col
  zeraBalanca ();        // zei
}
void zeraBalanca ()
{
  Serial.println();       // sal
```

Figura Nº81 Programación del sensor de peso

Fuente: Elaboración propia en la plataforma Arduino IDE

### 3.6.5. Etapa del control por caja de mando

El sistema cuenta con diversas etapas, es por eso que es necesario tener una caja de mando, en la cual el operario pueda visualizar en qué fase va el proceso, ya sea por los ledes indicadores con la que cuenta o con la pantalla LCD. Además, cuenta con un interruptor que apaga o enciende todo el sistema y con 2 pulsadores que tienen la función de: a) Parada de emergencia b) Continuar con el proceso

#### 3.6.5.1.Ubicación de los componentes

En esta etapa como se explicó hay diversos componentes, a continuación, en la figura N°82 se tiene una visualización de la caja de control de mandos.



*Figura N°82 Caja de control de mandos*

Fuente: Elaboración propia

#### 3.6.5.2.Conexiones electrónicas

En la figura N°83 se observa el diagrama de las conexiones electrónicas del sensor de los pulsadores y el interruptor.

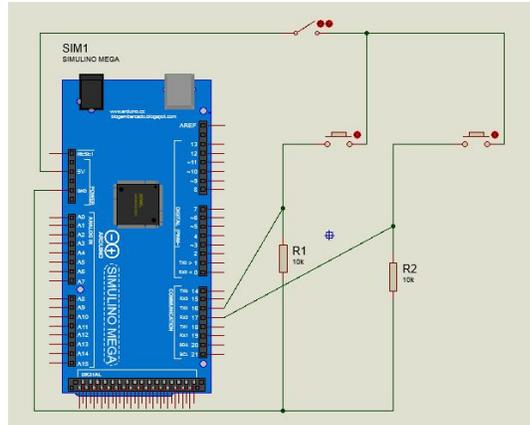


Figura N°83 Diagrama de conexión electrónica de pulsadores e interruptor

Fuente: Elaboración propia en la plataforma Proteus Design Swite

### 3.6.6. Etapa de comunicación Li-Fi

Para realizar una etapa de comunicación mediante tecnología Li-Fi, primero es necesario realizar enviar los datos recolectados por nuestro controlador a una plataforma virtual, en nuestro caso página web. Para esto hacemos uso del módulo ethernet ESP8266, cuyas características se detallan en el Anexo°22, asimismo fue necesario programar este módulo, para que lea datos y nos permita visualizarlo en una web, el código se puede visualizar en el Anexo°23, por otro lado, se muestra en la figura N°84 el módulo ESP8266, el cual es capaz de conectar nuestro controlador Arduino-Mega a internet.

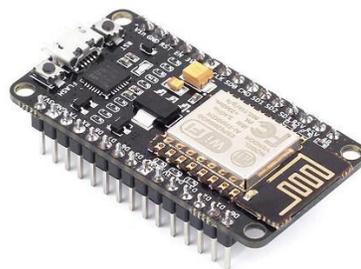


Figura N°84 Modulo ethernet ENC28J60

Fuente: <https://hardzone.es/reportajes/tema/esp8266-2n222-arduino/>

Una vez establecida la conexión entre nuestro controlador e internet podremos crear y hacer uso de nuestra red Li-Fi, para esto requerimos que el ambiente donde se encuentre nuestro prototipo de sistema industrial cuente con un emisor Li-Fi y el operario o

encargado de monitorear y controlar el proceso cuenta con un dispositivo (celular, Tablet, laptop) conectado a nuestro receptor Li-Fi como se muestra en la figura N°85.



*Figura N°85 Operario conectado a la Red Li-Fi.*

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.6.6.1. Ubicación de los componentes

En esta etapa podemos visualizar la lámpara que cumple como emisor Li-Fi, y el receptor que es el Dongle Li-Fi, que va conectado a la computadora del operador, para que este pueda conectarse a la Red Li-Fi.



*Figura N°86 Lámpara con kit Li-Fi*

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.6.2. Conexiones electrónicas

En la figura N°87 se muestra el diagrama de conexiones que se usó para lograr una exitosa comunicación Li-Fi.

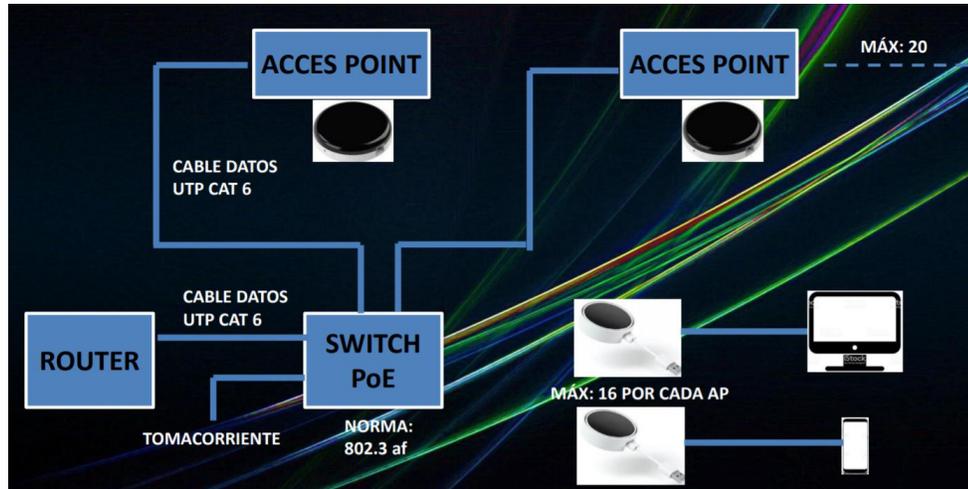


Figura N°87 Diagrama de conexiones

Fuente: Elaboración Propia

Según la ficha técnica suministrada por el fabricante, la cual se puede encontrar en el Anexo 8, indica que la potencia necesaria para la etapa de comunicación es menor igual a 7W. Por lo tanto, la potencia para la etapa de comunicación será igual a la potencia máxima indicada por el fabricante.

### 3.6.7. Cálculo de potencia en el sistema

Se realizaron los cálculos necesarios para poder determinar la potencia requerida para el presente proyecto. Para esto fue necesario sumar las potencias en cada etapa del sistema, así mismo sumar la potencia del Arduino, la de los sensores y otros componentes.

Cabe destacar que la Potencia del Arduino según datos del fabricante es de 1.5 W, asimismo se determinó que la potencia suministrada por los sensores y componentes aproximadamente es de 2W.

Con estos datos ya se determina la Potencia total del sistema según la siguiente ecuación:

$$P_{Total} = P_{Flujo} + P_{Detección} + P_{Selección} + P_{Comunicación} + P_{UC} + P_{componentes} \cdot (34)$$

$$P_{Total} = 62.92 + 21.94 + 7.73 + 7 + 1.5 + 2 \dots\dots\dots (35)$$

$$P_{Total} = 103.09 W \dots\dots\dots (36)$$

$$P_{Total} = 0.103 Kw \dots\dots\dots (37)$$

De esta manera podemos determinar que la potencia necesaria para el buen funcionamiento de nuestro sistema es de 0.103 Kilo Watts.

Según la empresa Enel Perú, quien brinda servicio de luz en la casa del tesista, el costo de es de 0.5661 kWh, lo cual nos va servir para calcular el Costo Energético:

$$Costo\ Energetico_{por\ hora} = 0.103 Kw \times 0.5661 \dots\dots\dots (38)$$

$$Costo\ Energetico_{por\ hora} = 0.058 \dots\dots\dots (39)$$

Por lo cual se determina que el costo energético por hora en el prototipo de la tesis, es de S/. 0.058 nuevos soles.

Con los datos obtenidos en el capítulo 3, se desarrolló el código final que comanda todo el proceso, véase Anexo°24.

Por otro lado, si se desea saber cuál es el costo energético para un proceso industrial, se investigó alguna máquina que realice un trabajo similar al presentado en el proyecto y según el catálogo de la clasificadora de frutas de la marca Tomra, Sentinel II 2000, cuyo brochure se encuentra en el anexo ° 16, la maquina necesita una alimentación de 3.3 kVa, por lo cual considerando que el factor de potencia es de 1, calculamos la potencia en watts.

$$P_{maquina} = 3.3kVa * 1 \dots\dots\dots (40)$$

$$P_{maquina} = 3.3kW \dots\dots\dots (41)$$

Ahora que se determinó la potencia en Kilowatts, se le suma la potencia utilizada en la etapa de comunicación Li-Fi.

$$P_{Total} = P_{maquina} + P_{Comunicación} \dots\dots\dots (42)$$

$$P_{Total} = 3.3kW + 7w \dots\dots\dots (43)$$

$$P_{Total} = 3.307 \text{ kW} \dots\dots\dots (44)$$

Finalmente se puede determinar el costo energético, multiplicando la potencia total por el costo energético del tesista, el cual es de 0.5661 kWh.

$$Costo \text{ Energetico }_{Industrial} = 3.307 \text{ Kw} \times 0.5661 \dots\dots\dots (45)$$

$$Costo \text{ Energetico }_{Industrial} = 1.872 \dots\dots\dots (46)$$

Por lo cual se determina que el costo energético por hora en un sistema industrial con el sistema de comunicación Li-Fi, es de S/. 1.872 nuevos soles.

## CAPITULO IV: PRUEBAS Y RESULTADOS

El presente capítulo corresponde a las pruebas y resultados obtenidos a partir del diseño y la implementación de nuestro sistema, el cual está dividido por etapas como se mencionó en el capítulo anterior. Las pruebas planteadas determinan la viabilidad del diseño realizado, así como también el cumplimiento de los objetivos planteados.

### 4.1. Pruebas

Con la finalidad de demostrar el correcto funcionamiento del sistema de control de lazo cerrado para la selección, empaquetado y supervisión mediante comunicación Li-Fi del sistema, se realizaron diversas pruebas.

Las pruebas realizadas nos permitieron comprobar la correcta implementación del sistema, así mismo permitieron demostrar el uso adecuado de cada componente seleccionado para el buen funcionamiento de nuestros procesos.

#### 4.1.1. Prueba 1 – Dispensado de limones

Consiste en el accionamiento de la tolva, que se da de forma manual mediante un interruptor el cual acciona los 03 motores que se encuentran en esta etapa, de modo que los limones que se coloquen en la tolva sean transportados a través de una paleta hacia el tornillo sin fin, cuya función es la de dispensar los limones uno por uno a la faja transportadora, dando inicio a nuestra segunda etapa.

#### 4.1.2. Prueba 2 – Faja Transportadora

El sensor Ultrasonido colocado en la parte inicial de la faja detectará los limones que fueron dispensados por la tolva, dando inicio al proceso. Este sensor activará el motor de la faja, el motor de cepillo y el ventilador. A su vez los limones pasaran por una primera etapa de que representa el proceso secado y cepillado para posteriormente llegar a la etapa de selección, la cual se encargará mediante el sensor de color TCS230 de determinar el estado

del limón, en caso detecte que el limón no cumple con los estándares definidos, será expulsado de la faja mediante el accionamiento de un pistón eléctrico; en caso que el limón si cumpla continuará el proceso a la etapa de pesaje, el cual consiste en agrupar en un recipiente los limones. Este grupo de limones se colocarán en una jaba sobre una balanza la cual mediante el módulo HX711 determinará que en caso llegue a 1 Kg detenga el proceso, acciona una alarma. Y el peso obtenido se muestre en la caja de mandos, además de mostrarse en el dispositivo conectado a la red Li-Fi, el cual es controlado por el operario, dando paso a que el operario retire la caja y reinicie el proceso.

#### 4.1.3. Prueba 3 – Comunicación Li-Fi

Consiste en el envío de datos del sistema mediante un módulo Ethernet ENC28J60 conectado al Arduino, esta información será almacena en una nube, para finalmente ser descargados y visualizados por el operario el cual debe contar con un dispositivo (laptop, celular, Tablet) que se encuentre conectado a un receptor Li-Fi.

## 4.2. Resultados

A continuación, se presenta los resultados que se han obtenido en cada prueba realizada además de una breve explicación por cada prueba.

### 4.2.1. Resultados – Prueba 1

En la primera prueba se acciono los motores de la tolva mediante un control manual, luego se consignó colocar diferentes grupos de limones dentro de la tolva, cuya capacidad máxima es de 50 limones, estos frutos se irán dispensando uno por uno, para dar inicio a nuestro proceso. En la figura<sup>88</sup> se puede ver en la imagen de la izquierda la tolva llena de limones, así mismo en la imagen de la derecha se puede observar la tolva con menor cantidad de limones, puesto que los motores han estado en funcionamiento y dispensando los frutos.



*Figura N°88 Tolva con limones*

Fuente: Elaboración propia

Para un correcto control de flujo de limones se optó por medir los tiempos de dispensado en 03 grupos con cantidades distintas de limones.

En la Tabla°13, se puede observar los resultados para el dispensado de un grupo de 20 limones.

Tabla 13 Dispensado en grupo de 20 limones

Cantidad de limones	Tiempo en min
20 limones	04:14 min
20 limones	03:44 min
20 limones	03:37 min

Fuente: Elaboración propia

Podemos determinar que el tiempo promedio para el dispensado de 20 limones ha sido de: 03:51 min.

En la Tabla 14, se puede observar los resultados para el dispensado de un grupo de 30 limones.

Tabla 14 Dispensado en grupo de 30 limones

Cantidad de limones	Tiempo en min
30 limones	04:33 min
30 limones	05:05 min
30 limones	04:49 min

Fuente: Elaboración propia

Podemos determinar que el tiempo promedio para el dispensado de 30 limones ha sido de: 04:49 min

En la Tabla 15, se puede observar los resultados para el dispensado de un grupo de 40 limones.

Tabla 15 Dispensado en grupo de 40 limones

Cantidad de limones	Tiempo en min
40 limones	06:27 min
40 limones	06:47 min
40 limones	05:45 min

Fuente: Elaboración propia

Podemos determinar que el tiempo promedio para el dispensado de 40 limones ha sido de: 06:19 min

#### 4.2.2. Resultados – Prueba 2

En la segunda prueba, se tiene como fin determinar la efectividad de nuestra etapa de selección y pesaje, para esto se ha colocado distintos grupos de limones, los cuales contienen un porcentaje de frutos que cumplen con los estándares; y otros que no.

En la figura 89 podemos observar cómo los limones se encuentran transportando por las diversas etapas del sistema.



*Figura N°89* Limones en diversas etapas del sistema

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presentan los grupos de los limones establecidos por los testistas, los cuales determinan la efectividad de su sistema.



Figura N°90 Grupo de limones usado para pruebas

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 16 se muestra los resultados de un grupo de 20 limones, de los cuales 03 no cumple con los estándares establecidos.

Tabla 16 Detección en grupo de 20 limones

Total de limones (un)	Detección de Limones (und)		Tiempo del proceso (min)	Eficacia (%)
	Buenos	Malos		
20	14	6	2:39	82%
20	15	5	2:42	88%
20	15	5	2:17	88%

Fuente: Elaboración propia

Podemos determinar que la eficacia para una cantidad de 20 limones ha sido de: 86%

En la tabla 17 se muestra los resultados de un grupo de 30 limones, de los cuales 05 no cumple con los estándares establecidos.

Tabla 17 Detección en grupo de 30 limones

Total de limones (und)	Detección de Limones (und)		Tiempo del proceso (min)	Eficacia (%)
	Buenos	Malos		
30	22	8	3:12	88%
30	24	6	3:31	96%
30	24	6	2:41	96%

Fuente: Elaboración propia

Podemos determinar que la eficacia para una cantidad de 30 limones ha sido de: 93.33%

En la tabla 18 se muestra los resultados de un grupo de 40 limones, de los cuales 05 no cumple con los estándares establecidos.

Tabla 18 Detección en grupo de 40 limones

Total de limones (und)	Detección de Limones (und)		Tiempo del proceso (min)	Eficacia (%)
	Buenos	Malos		
40	31	9	4:07	93%
40	31	9	4:21	93%
40	32	8	4:18	97%

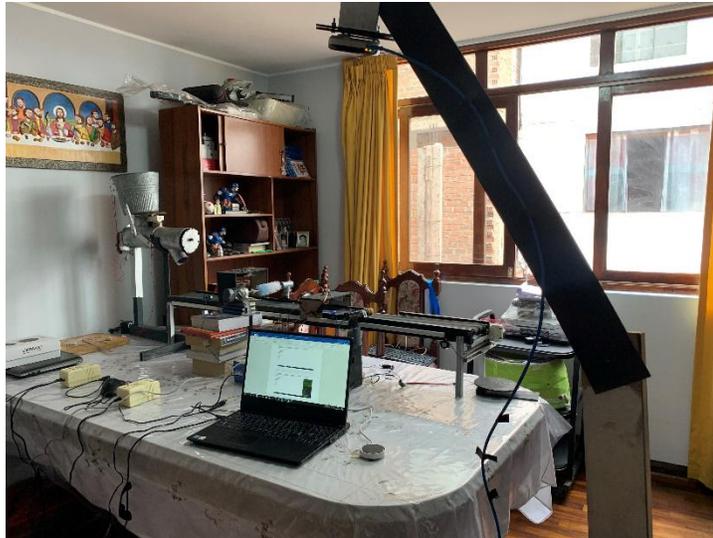
Fuente: Elaboración propia

Podemos determinar que la eficacia para una cantidad de 40 limones ha sido de: 94 %

#### 4.2.3. Resultados – Prueba 3

En la tercera prueba, se tiene como fin determinar que los servidores que se han creado, con el módulo ESP8266, el cual va conectado y lee las señales recibidas por el Arduino. Se pueda ingresar no solo con las redes ethernet o Wi-Fi del tesista, sino también que se pueda conectar mediante la nueva comunicación Li-Fi. En este servidor el operario podrá tener una visión general del sistema, y lo podrá controlar. Para nuestro caso se utilizo la dirección IP 192.168.0.13.

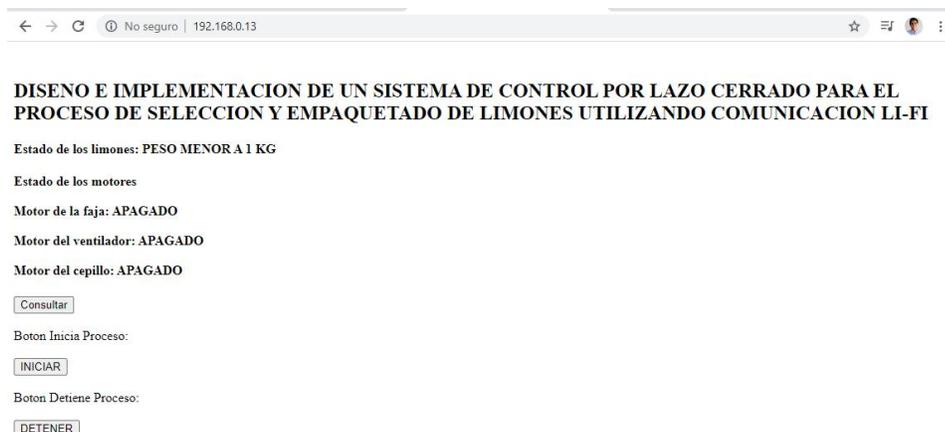
En la figura N°91 podemos observar el montaje de la comunicación LI-FI con el prototipo del sistema.



*Figura N°91* Comunicación Li-Fi conectado al sistema

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la figura N°90 se presenta la página web que se creó para la visualización y control del presente proyecto, Esta página fue programada en el módulo ESP8266 en el Arduino IDE, el cual por defecto trabaja con lenguaje C++, por lo cual para crear el servidor se tuvo que utilizar lenguaje HTML, dentro del mismo IDE; al tratar dos lenguajes en un mismo entorno de desarrollo, dificulto la elaboración de en una interfaz más dinámica.



*Figura N°92* Pagina web que permite controlar el sistema mediante red Li-Fi

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 19 Se muestra los resultados de conectividad usando 03 redes distintas: Ethernet, Wi-Fi, Li-Fi. Hay que considerar que la velocidad contratada por el domicilio del tesista es de 60 Mbps.

Tabla 19 Comparación de velocidades entre las redes: Ethernet / Wi-Fi / Li-Fi

Tipo de Red	Ping	Velocidad de Descarga	Velocidad de Carga
<b>Ethernet</b>	14	64.12	6.65
<b>Wi-Fi</b>	40	45.17	6.38
<b>Li-Fi</b>	4	84	12.38

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar la Red Li-Fi presenta mejores resultados que las redes convencionales, incluso mejorando nuestra conectividad en un 30%.

En la figura N°93, se muestra el estado del sistema cuando este está trabajando, pero aún en la balanza es menor a 1 Kg.

#### **DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CONTROL POR LAZO CERRADO PARA EL PROCESO DE SELECCION Y EMPAQUETADO DE LIMONES UTILIZANDO COMUNICACION LI-FI**

Estado de los limones: PESO MENOR A 1 KG

Estado de los motores

Motor de la faja: ENCENDIDO

Motor del ventilador: ENCENDIDO

Motor del cepillo: ENCENDIDO

Boton Inicia Proceso:

Boton Detiene Proceso:

Figura N°93 Sistema trabajando visto desde la web.

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°94, se muestra el estado del sistema cuando este está trabajando, y el peso en la balanza es igual o mayor a 1 Kg.

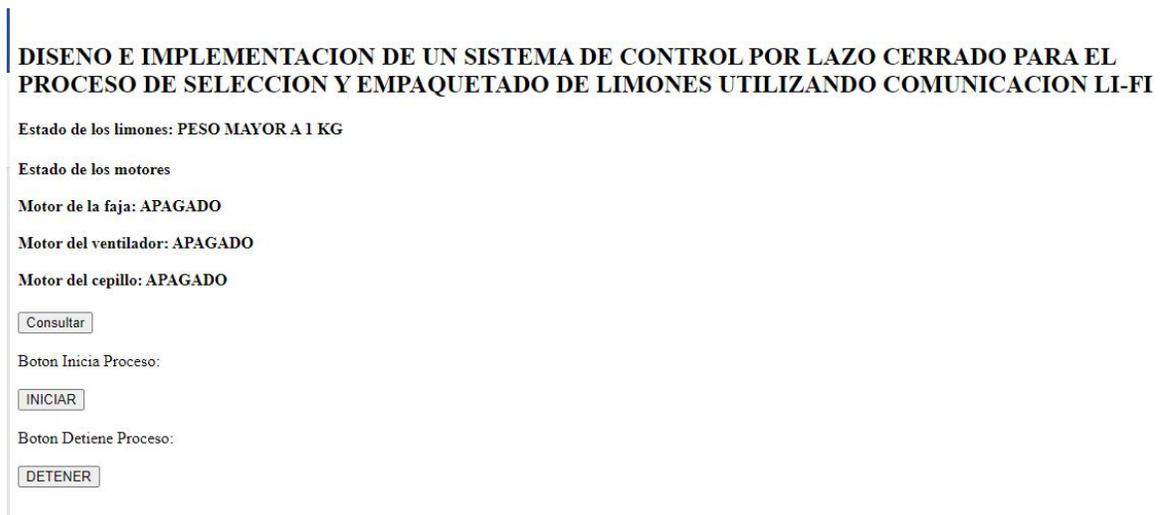


Figura N°94 Peso obtenido mayor a 1Kg, visto desde la página web

Fuente: Elaboración propia

Como resultado de la presente prueba se comprobó el correcto funcionamiento para la visualización y control del sistema mediante la página web creada. Cabe resaltar que la red empleada para el funcionamiento fue Li-Fi, como se puede observar en la siguiente imagen.



Figura N°95 Supervisión y control desde el dispositivo conectado a la red Li-Fi

Fuente: Elaboración propia

### 4.3. Costos

#### 4.3.1. Costos del equipamiento

Tabla 20 Costo de los materiales empleados en el Proyecto

Material	Unidades	Precio Unitario	Precio Subtotal (S/.)
<b>1. Estructura</b>			
Recipiente para la Tolva	1	S/ 9.90	S/ 9.90
Base de MDF	1	S/ 5.00	S/ 5.00
"T" de 4" PVC marca Pavco	1	S/ 5.00	S/ 5.00
Tubo derivación reductor de 4" a 2"	1	S/ 6.50	S/ 6.50
Eje transportador	1	S/ 30.00	S/ 30.00
Estructuras metálicas	1	S/ 70.00	S/ 70.00
Estructuras de la faja transportadora	1	S/ 80.00	S/ 80.00
Polyester para la banda por 1m	3	S/ 4.00	S/ 12.00
Tornillos para la faja	1	S/ 5.00	S/ 5.00
Canaleta x 2m	2	S/ 3.50	S/ 7.00
Rodillos de la faja	2	S/ 2.50	S/ 5.00
MDF para la nave del ventilador	1	S/ 5.00	S/ 5.00
MDF para la nave del sensor de color	1	S/ 5.00	S/ 5.00
MDF para la balanza	1	S/ 8.00	S/ 8.00
MDF para la caja de mandos	1	S/ 15.00	S/ 15.00
MDF para la lámpara	1	S/ 50.00	S/ 50.00
Tubos de PVC	2	S/ 4.00	S/ 8.00
Abrazadera	1	S/ 1.50	S/ 1.50
Cepillo	1	S/ 5.00	S/ 5.00
Moldimix	1	S/ 5.90	S/ 5.90
Listón de madera	1	S/ 9.50	S/ 9.50
<b>Subtotal</b>			<b>S/ 348.30</b>
<b>2. Sensores y Actuadores</b>			
Motor de la Paleta	1	S/ 10.00	S/ 10.00
Motor de la base	1	S/ 15.00	S/ 15.00
Motor de la dispensadora	1	S/ 15.00	S/ 15.00
Motor de la faja	1	S/ 12.00	S/ 12.00
Ventilador	1	S/ 5.00	S/ 5.00
Motor del cepillo	1	S/ 8.00	S/ 8.00
Pistón eléctrico	1	S/ 25.00	S/ 25.00

Material	Unidades	Precio Unitario	Precio Subtotal (S/.)
<b>2. Sensores y Actuadores</b>			
Zumbador	1	S/ 5.00	S/ 5.00
Pantalla LCD	1	S/ 12.00	S/ 12.00
Pulsadores	2	S/ 1.50	S/ 3.00
Ledes	6	S/ 1.00	S/ 6.00
Interruptor	1	S/ 0.50	S/ 0.50
Celda de carga 5KG	1	S/ 20.00	S/ 20.00
HX711	1	S/ 12.00	S/ 12.00
Sensor Ultrasonido	1	S/ 8.00	S/ 8.00
Sensor de Color	1	S/ 20.00	S/ 20.00
Modulo L298N	2	S/ 15.00	S/ 30.00
<b>Subtotal</b>			<b>S/ 206.50</b>
<b>3. Comunicación</b>			
Módulo Wi-Fi ESP8266	1	S/ 40.00	S/ 40.00
Kit Li-Fi	1	S/ 3,131.44	S/ 3,131.44
Inyector PoE	1	S/ 68.00	S/ 68.00
Cable UTP Categoría 6 3m	1	S/ 13.00	S/ 13.00
Permisos de internamiento MTC	1	S/ -	S/ -
Desaduanaje	1	S/ 415.57	S/ 415.57
<b>Subtotal</b>			<b>S/ 3,668.01</b>
<b>4. Otros Elementos</b>			
Arduino Mega	1	S/ 70.00	S/ 70.00
Cinta aislante	2	S/ 6.90	S/ 13.80
Borneras de 2	21	S/ 0.50	S/ 10.50
Tiras de Borneras de unión	3	S/ 2.00	S/ 6.00
Jumpers de 20 cm x 50 unid	5	S/ 7.00	S/ 35.00
Estaño	1	S/ 15.00	S/ 15.00
Cautil	1	S/ 12.00	S/ 12.00
Barras de silicona	10	S/ 0.50	S/ 5.00
Pistola de silicona	1	S/ 9.90	S/ 9.90
Cables varios	1	S/ 20.00	S/ 20.00
Fuente variable 12V DC 2A	2	S/ 25.00	S/ 50.00
Fuente variable de 12V DC 0.5A	1	S/ 12.00	S/ 12.00
Fuente de 12V DC 1.5A	1	S/ 8.00	S/ 8.00
Galleta para circuitos	1	S/ 1.00	S/ 1.00
Limones para pruebas x Kg	5	S/ 6.00	S/ 30.00
<b>Subtotal</b>			<b>S/ 121.00</b>
<b>Total</b>			<b>S/ 4,353.81</b>

Fuente: Elaboración propia

### 4.3.2. Costo del diseño

Tabla 21 Costo del diseño

Ítem	Unidades	Precio Unitario	Subtotal (S/.)
Diseño de ingeniería	30h	S/ 15.50	S/ 465.00
Total			S/ 465.00

Fuente: Elaboración propia

### 4.3.3. Costo energético

En base a la ecuación (35), donde se señala que la potencia total del prototipo de sistema industrial es de 103.09W, y conociendo que la tarifa cobrada por la empresa Luz del Sur donde reside el tesista es de S/0.5478 Kw/h. Se determina el consumo energético según la siguiente ecuación:

$$\text{Costo Energetico} = 0.103 \text{ kW} \times \# \text{ de horas empleadas} \times \# \text{ de dias} \times \frac{\text{S/} \cdot 0.5478}{\text{Kwh}} \quad (47)$$

$$\text{Costo Energetico} = 0.103 \text{ kW} \times 3 \text{ h} \times 25 \times \frac{\text{S/} \cdot 0.5478}{\text{Kwh}} \dots\dots\dots (48)$$

$$\text{Costo Energetico} = \text{S/} \cdot 4.23 \dots\dots\dots (49)$$

Podemos concluir que el proyecto elaborado al ser un prototipo es de bajo consumo energético.

## CONCLUSIONES

1. Fue posible diseñar e implementar un prototipo a escala del proceso de selección y empaquetado de limones utilizando un sistema de control por lazo cerrado. en dicho sistema se utilizó diversos sensores y actuadores los cuales fueron sometidos a diversas pruebas pilotos, comprobando el correcto funcionamiento del sistema propuesto.
2. Fue posible implementar un sistema de comunicación Li-Fi a nuestro prototipo de sistema de selección y empaquetado de limones, el cual fue controlado por Arduino, visualizado y comandando mediante un servidor HTML. Logrando eficientemente el control del proceso mediante este nuevo sistema de comunicación. Y comprobando de que cualquier sistema puede adaptarse a la comunicación Li-Fi, que le brindará ventajas frente a redes de comunicación convencionales.
3. En base a los resultados obtenidos en las diversas pruebas, se puede concluir que la red Li-Fi, no solo brinda una mayor seguridad en base a protección de datos, sino que también ofrece una velocidad y estabilidad mayor frente a la red Wi-Fi. Además de liberar el ambiente de ondas de radio, que pueden perjudicar a la salud.
4. El Arduino IDE, que es el entorno de desarrollo de Arduino, fue herramienta clave para la programación y calibración de diversos sensores, actuadores y módulos. Facilito el trabajo de programar, ya que este cuenta con diversas librerías que fueron de gran utilidad, para que el sistema desarrollado tenga un correcto funcionamiento.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el uso de plataformas más interactivas como Ubidots para el diseño de una interfaz de control y visualización de datos para sistemas como el propuesto en la presente tesis y/o similares. Siendo esta una solución más eficiente que crear una página web, ya que, al programar este desarrollo en Arduino, solo se podrá colocar lenguaje HTML, pero no estilos CSS.
2. Para la etapa de selección de limones se recomienda el uso de una cámara web profesional, la cual trabaje con un algoritmo para reconocimiento de objetos en lugar de un sensor de color. Ya que nos brindara mejores resultados sin tener que depender las condiciones de trabajo a las que este expuesta nuestro sistema.
3. Se recomienda implementar un sistema adicional que permita agrupar los limones según la clase (Sutil y Tahití), de modo que la producción sea más exacta a la hora de clasificarlos, y el productor pueda separar los dos tipos de limones. Para ofrecerle a su cliente final una mayor calidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agusti Fomfria, M. (2012). *Citricultura*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Arduino, A. (2 de Julio de 2016). *Sensores y Actuadores*. Obtenido de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/category/actuadores/>
- Becerra, V. (19 de diciembre de 2016). *Aprendiendo Arduino*. Obtenido de *Sensores y Actuadores*: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/12/18/sensores-y-actuadores/>
- Bernard, J. (2018). *Bernard Refrigeración*. Obtenido de <https://www.josebernad.com/beneficios-y-ventajas-del-proceso-de-encerado-en-frutas/>
- Camargo Rodríguez, L., & Guevara Penagos, O. A. (Octubre de 2014). Alcances del desarrollo de la nueva tecnología Li-Fi para las telecomunicaciones en Colombia. Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones.
- Del Castillo Valderrama, S. (07 de noviembre de 2018). *Exportaciones peruanas de limón crecieron 40% en lo que va del año*. Obtenido de <https://agraria.pe/noticias/exportaciones-peruanas-de-limon-crecieron-40-en-lo-17777>
- Didácticos, R. (mayo de 2019). *Arduino: reconocer colores con el módulo TCS230 – TCS3200*. Obtenido de <http://robots-argentina.com.ar/didactica/arduino-reconocer-colores-con-el-modulo-tcs230/>
- Gómez Sierra, B. L. (20 de Julio de 2016). Estudio de factibilidad de transmisión de datos a través de la luz en la facultad de ingeniería industrial de la Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería en Teleinformática.
- Latam, M. (s.f.). *Mecatrónica Latam*. Obtenido de <https://www.mecatronicalatam.com/es/tutoriales/sensores/>
- Minagri. (05 de julio de 2017). *El Comercio*. Obtenido de <https://elcomercio.pe/economia/peru/minagri-exportaciones-limon-crecieron-3-218-2002-2016-439797-noticia/>
- Montero Contreras, C. (2017). *Informe del Limón*. Lima: Ministerio de Agricultura y Riego.
- Montero, C. C. (2017). *Informe del Limón*. Lima: Ministerio de Agricultura y Riego.

- Mosquera Jeréz, N. F. (Abril de 2010). Diseño e implementación de una red inalámbrica WLAN para la microempresa Etiexpress. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- Nacional, U. T. (03 de Agosto de 2018). *Arduino*. Buenos Aires: Facultad Regional Buenos Aires. Obtenido de <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>
- Nylampmechatronics. (2018). *Celda de carga 5Kg*. Obtenido de <https://naylorpmechatronics.com/sensores-varios/702-celda-de-carga-1kg.html>
- Nylampmechatronics. (2018). *Sensor Ultrasonido HC-SR04*. Obtenido de <https://naylorpmechatronics.com/sensores-proximidad/10-sensor-ultrasonido-hc-sr04.html>
- Pérez Hidalgo, A., Pérez, M. A., & Pérez Berenguer, E. (2008). “INTRODUCCION A LOS SISTEMAS DE CONTROL Y MODELO MATEMÁTICO PARA SISTEMAS LINEALES INVARIANTES EN EL TIEMPO. San Juan, Argentina: Universidad Nacional de San Juan.
- Pérez Olivas, H. A. (2007). LIFI ADEMÁS DE ILUMINAR, LA LUZ TAMBIÉN COMUNICA. *Entre Textos*, 155.
- Ramos Tene, A. S. (Enero de 2019). Diseño de un sistema de clasificación para limón por tamaño y color. Piura, Perú: Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería Mecánico Eléctrica.
- Revuelta, B. (2020). *Peso Bruto, Tara y Neto*. Obtenido de <http://www.revuelta.com.mx/basculas-y-soluciones-de-pesaje/centro-de-informacion/peso-bruto,-tara-y-neto>
- Robots-Argentina. (21 de diciembre de 2018). *Robots-Argentina*. Obtenido de <http://robots-argentina.com.ar/didactica/arduino-reconocer-colores-con-el-modulo-tcs230/>
- Rosero Torres, V. N. (05 de marzo de 2018). Análisis y estudio del uso de la tecnología Li-Fi en sistemas de reproducción multimedia mediante streaming para la utilización a mediano plazo en el Ecuador. Guayaquil, Ecuador: Universidad Nacional de Santiago de Guayaquil.
- Turismo, M. d. (octubre de 2009). Plan de Negocio para Acceder al Nicho de Mercado del Limón Tahití. Lima, Lima, Perú: Paraca Comunicaciones.
- Vilcarima Sabroso, C. A. (10 de Diciembre de 2015). Diseño de secador solar de piña y plátano automático. Lima, Perú: Universidad Católica del Perú Facultad de Ciencias e Ingeniería.

## **ANEXOS**

## ANEXO 1 Consulta para el permiso de Internamiento Kit Li-Fi

# VUCE

Hoja Resumen del  
Documento Resolutivo

### NÚMERO DE DR

2020044569

Código Consulta: 75386176

#### DATOS DEL TRÁMITE

**Entidad:** MTC  
**TUPA:** DGC-014 Permiso de Internamiento Definitivo de equipos y aparatos de telecomunicaciones  
**Formato:** MTC003 - Permiso de Internamiento Definitivo de equipos y aparatos de telecomunicaciones

**SUCE:** 2020029104 **Expediente de Entidad:** T-015403-2020 **Fecha:** 15/01/2020

#### DATOS DEL SOLICITANTE

**Tipo de Documento:** RUC **Nro. Documento:** 20600814932  
**Nombres y Apellidos:** COMVERDE S.A.C.  
**Domicilio Legal:** CAL. BOLIVAR NRO. 472 INT. 1202 LIMA LIMA MIRAFLORES  
**Departamento:** LIMA  
**Provincia:** LIMA  
**Distrito:** MIRAFLORES  
**Referencia:**  
**Teléfono:** - **Celular:** - **Fax:** -  
**Correo electrónico:** -

#### DATOS DEL REPRESENTANTE LEGAL

**Representante Legal:** FERRETTE YVON JULES MARIE

Fuente: Documento proporcionado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones para consulta de permiso de internamiento del Kit LI-FI

## ANEXO 2 Permiso de Internamiento Kit Li-Fi



PERÚ

Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

Viceministerio  
de Comunicaciones

Dirección General de  
Programas y Proyectos  
de Comunicaciones

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres.  
Año de la Universalización de la Salud

Lima,

22 ENE. 2020

OFICIO N° 1482 -2020-MTC/27.02

Señor:  
SUPERINTENDENTE NACIONAL DE ADUANAS  
Presente.

Asunto : Permiso de Internamiento Definitivo  
Ref. : Hoja de Ruta N° T-015403-2020 del 15/1/20  
N° SUCE 2020029104

De mi mayor consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a usted, con relación a la hoja de ruta de la referencia, mediante la cual la empresa **COMVERDE S.A.C.**, con RUC N° **20600814932** domiciliada en CAL. BOLIVAR NRO. 472 INT. 1202 MIRAFLORES, solicita Permiso de Internamiento Definitivo del equipamiento que ingresará al país, según copia de la factura y proveedor que a continuación se detalla:

NUMERO DE FACTURA		FA-201912-00575		
NOMBRE DEL PROVEEDOR		OLEDCOMM		
CANTIDAD	NOMBRE DEL EQUIPO	MARCA	MODELO	CODIGO HOMOLOGACION
01	LIFI MAX SAMPLES KIT	OLEDCOMM	LIFMAX	

Al respecto, de acuerdo a lo dispuesto en la Directiva N° 001-2009-MTC/27, aprobada por Resolución Ministerial N° 204-2009-MTC/03 y Artículo 2° de la Resolución Directoral N° 163-2016-MTC/27, modificada con Resolución Directoral N° 479-2017-MTC/27, se ha verificado que la cantidad solicitada no supera los cinco (5) equipos para uso privado, permitidos ingresar al país; en tal sentido, esta Dirección aprueba el Permiso de Internamiento Definitivo solicitado.

Finalmente, hago de su conocimiento que el presente Oficio no se pronuncia sobre liberación de derechos de importación y otros aspectos tributarios.

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente,

  
NAYLAMP LÓPEZ GUERRERO  
Unidad de Gestión Contractual  
Dirección General de Programas y Proyectos  
de Comunicaciones

Fuente: Resolución por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones

## ANEXO 3 Ficha técnica limón Sutil



### Ficha técnica limón Sutil

Nombre científico	Citrus Aurantifolia
Origen	Piura, Perú
Familia	Rutaceae
Variedades importantes	Sutil
Período vegetativo	Noviembre - Junio
Época de siembra	Todo el año
Época de cosecha	Todo el año
(**) Calibre	35 a 42 mm
Temperatura de conservación	8°C
Tiempo de vida	50 días

### (\*\*)Calibres – Clasificación

Calidad	Calibre	Cantidad
Segunda	35 a 36 mm.	36 limones / kilo aprox.
Primera	37 a 38 mm.	28 limones / kilo aprox.
Extra	39 a 42 mm	24 limones / kilo aprox.

### Valor nutricional (Gr/100gr de parte comestible)

- Calorías 6
- Carbohidratos (g) 0,6
- Fibra (g) -
- Potasio (mg) 96
- Magnesio (mg) 8
- Ácido fólico (mcg) 6
- Provitamina C (mg) 34

Fuente: Ficha técnica extraída de la página web limones peruanos.

## ANEXO 4 Ficha técnica limón Tahití



### Ficha técnica limón Tahiti

Nombre científico	Citrus Latifolia
Origen	Piura, Perú
Familia	Rutaceae
Variedades importantes	Persian, Tahiti
Período vegetativo	Octubre - Marzo
Época de siembra	Todo el año
Época de cosecha	Todo el año
(**) Calibre	42 - 55
Temperatura de conservación	8°C
Tiempo de vida	40 días

### (\*\*) Calibres – Clasificación

Calidad	Calibre	Cantidad
Segunda	42 a 46 mm	17 limones / kilo aprox.
Primera	47 a 50 mm	14 limones / kilo aprox.
Extra	51 a 55 mm	11 limones / kilo aprox.

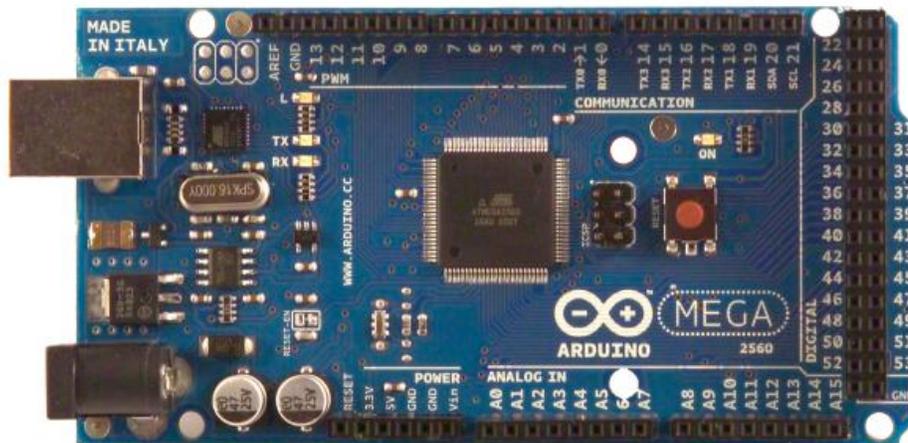
### Valor nutricional (Gr/100gr de parte comestible)

- Calorías 6
- Carbohidratos (g) 0,6
- Fibra (g) -
- Potasio (mg) 96
- Magnesio (mg) 8
- Ácido fólico (mcg) 6
- Provitamina C (mg) 34

Fuente: Ficha técnica extraída de la página web limones peruanos.

## **ANEXO 5 Datasheet del Controlador**

# Arduino MEGA 2560



## Product Overview

The Arduino Mega 2560 is a microcontroller board based on the ATmega2560 (datasheet). It has 54 digital input/output pins (of which 14 can be used as PWM outputs), 16 analog inputs, 4 UARTs (hardware serial ports), a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Mega is compatible with most shields designed for the Arduino Duemilanove or Diecimil

## Index

Technical Specifications

Page 2

How to use Arduino  
Programming Environment, Basic Tutorials

Page 6

Terms & Conditions

Page 7

Environmental Policies  
half sqm of green via Impatto Zero®

Page 7



**radiospares** **RADIONICS**



# Technical Specification

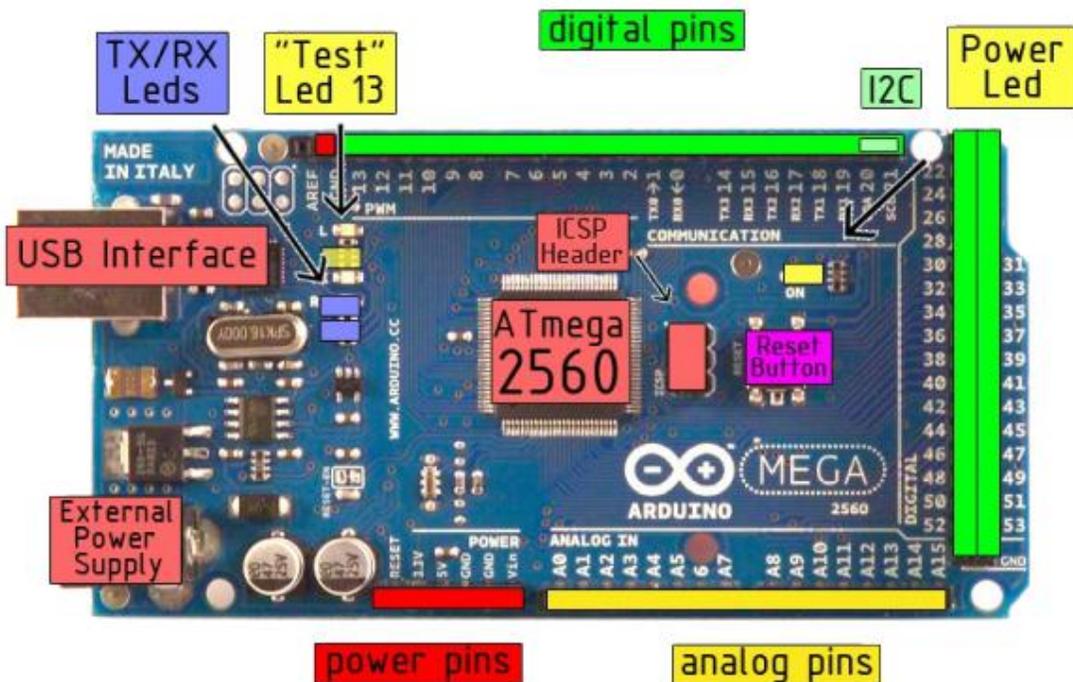


EAGLE files: [arduino-mega2560-reference-design.zip](#) Schematic: [arduino-mega2560-schematic.pdf](#)

## Summary

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

## the board



*radiospares*

**RADIONICS**



## Power

The Arduino Mega2560 can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically. External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The Mega2560 differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.** The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

## Memory

The ATmega2560 has 256 KB of flash memory for storing code (of which 8 KB is used for the bootloader), 8 KB of SRAM and 4 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

## Input and Output

Each of the 54 digital pins on the Mega can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial:** 0 (RX) and 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) and 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) and 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) and 14 (TX). Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. Pins 0 and 1 are also connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip .
- **External Interrupts:** 2 (interrupt 0), 3 (interrupt 1), 18 (interrupt 5), 19 (interrupt 4), 20 (interrupt 3), and 21 (interrupt 2). These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM:** 0 to 13. Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.
- **SPI:** 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS). These pins support SPI communication, which, although provided by the underlying hardware, is not currently included in the Arduino language. The SPI pins are also broken out on the ICSP header, which is physically compatible with the Duemilanove and Diecimila.
- **LED:** 13. There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.
- **I<sup>2</sup>C:** 20 (SDA) and 21 (SCL). Support I<sup>2</sup>C (TWI) communication using the [Wire library](#) (documentation on the Wiring website). Note that these pins are not in the same location as the I<sup>2</sup>C pins on the Duemilanove.

The Mega2560 has 16 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though is it possible to change the upper end of their range using the AREF pin and [analogReference\(\)](#) function.

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with [analogReference\(\)](#).
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.



*radiospares*

**RADIONICS**



## Communication

The Arduino Mega2560 has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega2560 provides four hardware UARTs for TTL (5V) serial communication. An ATmega8U2 on the board channels one of these over USB and provides a virtual com port to software on the computer (Windows machines will need a .inf file, but OSX and Linux machines will recognize the board as a COM port automatically). The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the ATmega8U2 chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial](#) library allows for serial communication on any of the Mega's digital pins.

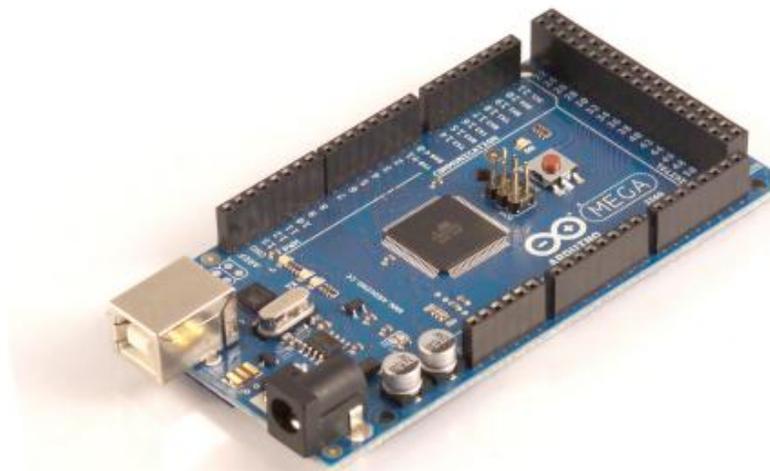
The ATmega2560 also supports I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I2C bus; see the [documentation on the Wiring website](#) for details. To use the SPI communication, please see the ATmega2560 datasheet.

## Programming

The Arduino Mega2560 can be programmed with the Arduino software ([download](#)). For details, see the [reference](#) and [tutorials](#).

The ATmega2560 on the Arduino Mega comes preburned with a [bootloader](#) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol ([reference](#), [C header files](#)).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see [these instructions](#) for details.



**radiospares**

**RADIONICS**



# How to use Arduino



Arduino can sense the environment by receiving input from a variety of sensors and can affect its surroundings by controlling lights, motors, and other actuators. The microcontroller on the board is programmed using the [Arduino programming language](#) (based on [Wiring](#)) and the Arduino development environment (based on [Processing](#)). Arduino projects can be stand-alone or they can communicate with software on running on a computer (e.g. Flash, Processing, MaxMSP).

Arduino is a cross-platoform program. You'll have to follow different instructions for your personal OS. Check on the [Arduino site](#) for the latest instructions. <http://arduino.cc/en/Guide/HomePage>

## Linux Install

## Windows Install

## Mac Install

Once you have downloaded/unzipped the arduino IDE, you can Plug the Arduino to your PC via USB cable.

## Blink led

Now you're actually ready to "burn" your first program on the arduino board. To select "blink led", the physical translation of the well known programming "hello world", select

**File>Sketchbook> Arduino-0017>Examples> Digital>Blink**

Once you have your skecth you'll see something very close to the screenshot on the right.

In **Tools>Board** select MEGA

Now you have to go to **Tools>SerialPort** and select the right serial port, the one arduino is attached to.

```
Blink | Arduino 0017
File Edit Sketch Tools Help
Blink $
int ledPin = 13; // LED connected to digital pin 13
// The setup() method runs once, when the sketch starts
void setup() {
  // initialize the digital pin as an output:
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
}
// the loop() method runs over and over again,
// as long as the Arduino has power
void loop()
{
  digitalWrite(ledPin, HIGH); // set the LED on
  delay(1000); // wait for a second
  digitalWrite(ledPin, LOW); // set the LED off
  delay(1000); // wait for a second
}
```



Done compiling.

Press Compile button  
(to check for errors)



Upload



TX RX Flashing



Blinking Led!



RADIOSPARES

RADIONICS





# Terms & Conditions



## 1. Warranties

1.1 The producer warrants that its products will conform to the Specifications. This warranty lasts for one (1) years from the date of the sale. The producer shall not be liable for any defects that are caused by neglect, misuse or mistreatment by the Customer, including improper installation or testing, or for any products that have been altered or modified in any way by a Customer. Moreover, The producer shall not be liable for any defects that result from Customer's design, specifications or instructions for such products. Testing and other quality control techniques are used to the extent the producer deems necessary.

1.2 If any products fail to conform to the warranty set forth above, the producer's sole liability shall be to replace such products. The producer's liability shall be limited to products that are determined by the producer not to conform to such warranty. If the producer elects to replace such products, the producer shall have a reasonable time to replacements. Replaced products shall be warranted for a new full warranty period.

1.3 EXCEPT AS SET FORTH ABOVE, PRODUCTS ARE PROVIDED "AS IS" AND "WITH ALL FAULTS." THE PRODUCER DISCLAIMS ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING PRODUCTS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO, ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE

1.4 Customer agrees that prior to using any systems that include the producer products, Customer will test such systems and the functionality of the products as used in such systems. The producer may provide technical, applications or design advice, quality characterization, reliability data or other services. Customer acknowledges and agrees that providing these services shall not expand or otherwise alter the producer's warranties, as set forth above, and no additional obligations or liabilities shall arise from the producer providing such services.

1.5 The Arduino products are not authorized for use in safety-critical applications where a failure of the product would reasonably be expected to cause severe personal injury or death. Safety-Critical Applications include, without limitation, life support devices and systems, equipment or systems for the operation of nuclear facilities and weapons systems. Arduino products are neither designed nor intended for use in military or aerospace applications or environments and for automotive applications or environment. Customer acknowledges and agrees that any such use of Arduino products which is solely at the Customer's risk, and that Customer is solely responsible for compliance with all legal and regulatory requirements in connection with such use.

1.6 Customer acknowledges and agrees that it is solely responsible for compliance with all legal, regulatory and safety-related requirements concerning its products and any use of Arduino products in Customer's applications, notwithstanding any applications-related information or support that may be provided by the producer.

## 2. Indemnification

The Customer acknowledges and agrees to defend, indemnify and hold harmless the producer from and against any and all third-party losses, damages, liabilities and expenses it incurs to the extent directly caused by: (i) an actual breach by a Customer of the representation and warranties made under this terms and conditions or (ii) the gross negligence or willful misconduct by the Customer.

## 3. Consequential Damages Waiver

In no event the producer shall be liable to the Customer or any third parties for any special, collateral, indirect, punitive, incidental, consequential or exemplary damages in connection with or arising out of the products provided hereunder, regardless of whether the producer has been advised of the possibility of such damages. This section will survive the termination of the warranty period.

## 4. Changes to specifications

The producer may make changes to specifications and product descriptions at any time, without notice. The Customer must not rely on the absence or characteristics of any features or instructions marked "reserved" or "undefined." The producer reserves these for future definition and shall have no responsibility whatsoever for conflicts or incompatibilities arising from future changes to them. The product information on the Web Site or Materials is subject to change without notice. Do not finalize a design with this information.



## Environmental Policies



The producer of Arduino™ has joined the Impatto Zero® policy of LifeGate.it. For each Arduino board produced is created / looked after half squared Km of Costa Rica's forest's.



*radiospares*

*RADIONICS*



Fuente: <http://www.mantech.co.za/datasheets/products/A000047.pdf>

## ANEXO 6 Características del sensor HC-SR04

### Electrical Characteristics at $T_A = 25^\circ\text{C}$ , $V_{DD} = 5\text{ V}$ (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
$V_{OH}$	High-level output voltage	$I_{OH} = -4\text{ mA}$	4	4.5		V
$V_{OL}$	Low-level output voltage	$I_{OL} = 4\text{ mA}$		0.25	0.40	V
$I_{IH}$	High-level input current				5	$\mu\text{A}$
$I_{IL}$	Low-level input current				5	$\mu\text{A}$
$I_{DD}$	Supply current	Power-on mode		2	3	mA
		Power-down mode		7	15	$\mu\text{A}$
	Full-scale frequency (See Note 2)	$S0 = H, S1 = H$	500	600		kHz
		$S0 = H, S1 = L$	100	120		kHz
		$S0 = L, S1 = H$	10	12		kHz
	Temperature coefficient of output frequency	$\lambda \leq 700\text{ nm}, -25^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$		$\pm 200$		ppm/ $^\circ\text{C}$
$k_{SVS}$	Supply voltage sensitivity	$V_{DD} = 5\text{ V} \pm 10\%$		$\pm 0.5$		%/V

NOTE 2: Full-scale frequency is the maximum operating frequency of the device without saturation.

Fuente: <https://www.cl.cam.ac.uk/teaching/1011/P31/project/tcs230.pdf>

## ANEXO 7 Características del sensor TCS230

### Electrical Characteristics at $T_A = 25^\circ\text{C}$ , $V_{DD} = 5\text{ V}$ (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
$V_{OH}$	High-level output voltage	$I_{OH} = -4\text{ mA}$	4	4.5		V
$V_{OL}$	Low-level output voltage	$I_{OL} = 4\text{ mA}$		0.25	0.40	V
$I_{IH}$	High-level input current				5	$\mu\text{A}$
$I_{IL}$	Low-level input current				5	$\mu\text{A}$
$I_{DD}$	Supply current	Power-on mode		2	3	mA
		Power-down mode		7	15	$\mu\text{A}$
	Full-scale frequency (See Note 2)	$S0 = H, S1 = H$	500	600		kHz
		$S0 = H, S1 = L$	100	120		kHz
		$S0 = L, S1 = H$	10	12		kHz
	Temperature coefficient of output frequency	$\lambda \leq 700\text{ nm}, -25^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$		$\pm 200$		ppm/ $^\circ\text{C}$
$k_{SVS}$	Supply voltage sensitivity	$V_{DD} = 5\text{ V} \pm 10\%$		$\pm 0.5$		%/V

NOTE 2: Full-scale frequency is the maximum operating frequency of the device without saturation.

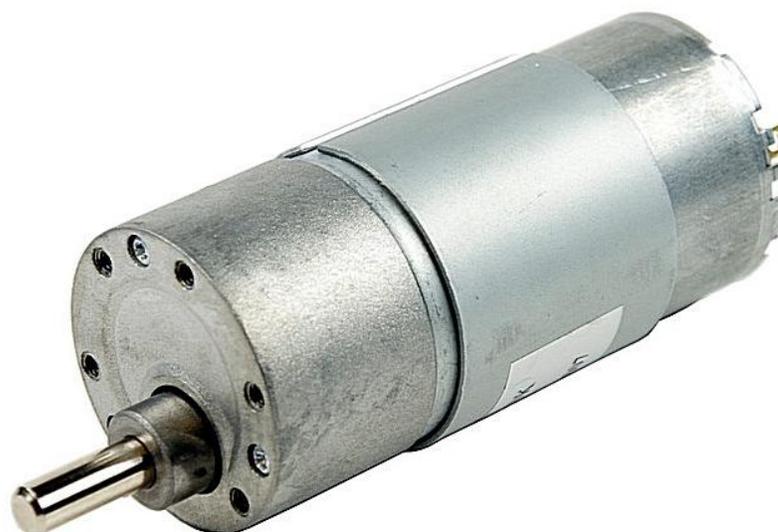
Fuente: <https://www.cl.cam.ac.uk/teaching/1011/P31/project/tcs230.pdf>

## ANEXO 8 Características del transmisor HX711

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

Fuente: [https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711\\_english.pdf](https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711_english.pdf)

## ANEXO 9 Motor DC Reductor 12V 11RPM S330022



Motor de corriente continua con reductor de 12Voltios y 11 revoluciones por minuto, con una fuerza nominal de 10 Kg·cm y 30 kg·cm a máxima eficiencia. Este motor de baja velocidad destaca por, su pequeño tamaño y gran potencia. Especialmente indicado para aplicaciones que requieren baja velocidad y alta potencia. Tensión: 12V. Consumo:<340 mA. Fuerza: 0,98 N·m. Diámetro del eje: 6mm

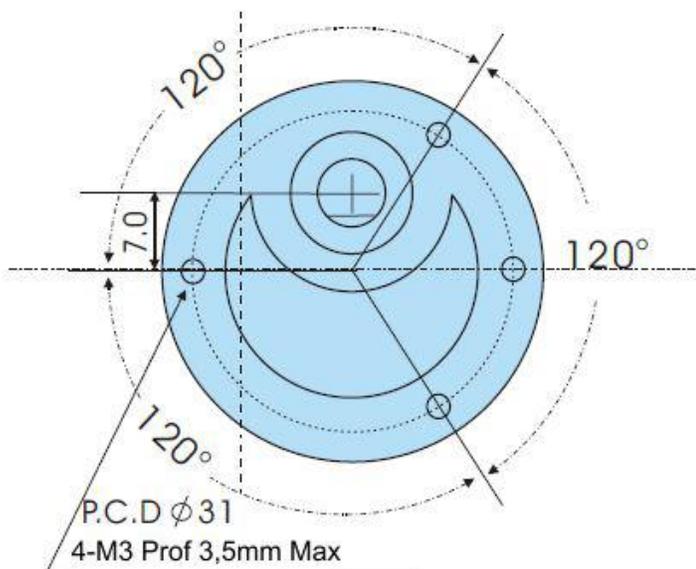
### Especificaciones

Tensión Nominal	12V
Velocidad Sin carga	11 rpm
Consumo sin carga	140 mA
Consumo nominal	< 340 mA
Velocidad nominal	8 rpm
Fuerza nominal	10 kgf·cm / 0,98 N·m
Fuerza a máxima eficiencia	30 kgf·cm / 2,94 N·m
Consumo en frenado	3000 mA
Potencia de salida	0,8 W
Diámetro Máximo	37 mm
Diámetro Eje	6 mm
Rosca fijación	4 x M3

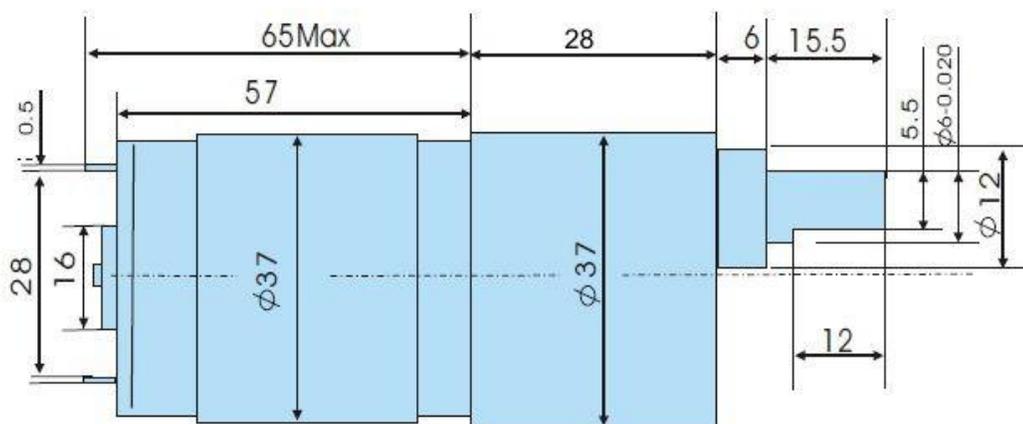
## IMPORTANTE

Los tornillos de montaje no deben penetrar mas de 3,5 mm en el cuerpo del motor, ya que de lo contrario pueden dañar los engranajes del mismo.

### Dimensiones



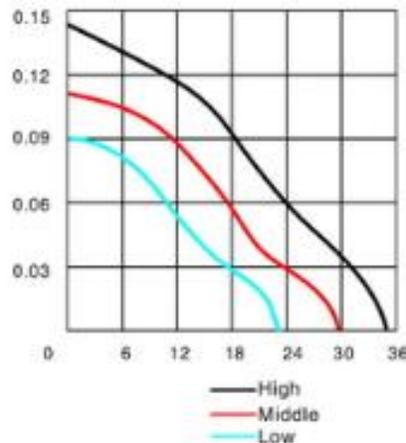
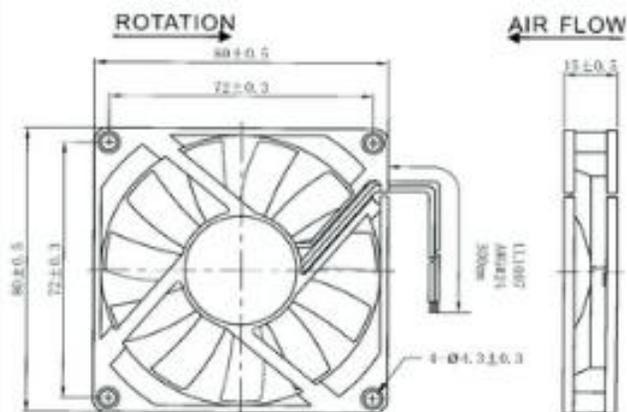
Dimensiones de la parte frontal y orificios de montaje del motor DC.



Fuente: <http://www.superrobotica.com/S330010.htm>

## ANEXO 10 Datasheet del Ventilador

**尺寸**      Size: 80 × 80 × 15mm  
**马达**      Motor : Brushless DC, auto restart  
                  Impedance & polarity protected  
**风叶外壳** Impeller & Frame: Glassfiber reinforced thermoplastic  
                  PBT UL94V-0  
**绝缘**      Insulation Resistance: Min. 10M at DC 500V  
**耐压**      Dielectric Strength: 500VAC/1 sec. Max. Leakage  
                  500 micro amp  
**温度范围** Permissible Temp. Range: Ball bearing -20°C~+75°C  
                  Sleeve Bearing -10°C~+50°C  
**安规认证** Safety: UL>CUL>CE  
**寿命**      Life Expectancy at 40°C: Ball Bearing 50000 hr.  
                  Sleeve Bearing 30000 hr.



Model (型号)	Rated Voltage (VDC) (额定电压)	Startup Voltage (VDC) (启动电压)	Current Amp (A) (电流)	Speed (rpm) (转速)	Air Flow (CFM) (风量)	Static Pressure (Inch-H2O) (风压)	Noise Level (dB-A) (噪音)	Weight (g) (重量)
YM0508PHS(B)1	5.00	3.00	0.32	2500	29.17	0.11	28	54.00
YM0508PHS(B)2	5.00	3.00	0.28	2200	26.15	0.10	26	54.00
YM0508PHS(B)3	5.00	3.00	0.16	2000	23.33	0.09	22	54.00
YM1208PHS(B)1	12.00	5.00	0.24	3000	35.00	0.14	33	54.00
YM1208PHS(B)2	12.00	5.00	0.16	2500	29.17	0.11	28	54.00
YM1208PHS(B)3	12.00	5.00	0.08	2000	23.33	0.09	22	54.00
YM2408PHS(B)1	24.00	10.00	0.10	3000	35.00	0.14	33	54.00
YM2408PHS(B)2	24.00	10.00	0.08	2500	29.17	0.11	28	54.00
YM2408PHS(B)3	24.00	10.00	0.06	2000	23.33	0.09	22	54.00

Fuente: [https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/General/80mm-fan\\_spec.JPG](https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/General/80mm-fan_spec.JPG)

## ANEXO 11 Datasheet del Buzzer

### KPI-2210L series Piezo Buzzer

Model No	KPI-2210L	KPI-2210L-06	KPI-2210-24
Rated Voltage	12VDC	6VDC	24VDC
Operating Voltage	3~30VDC	4~8VDC	18~30VDC
Max. Rated Current	15mA at 12VDC	15mA at 6VDC	20mA at 24VDC
Min. Sound Pressure Level	85dB at 12VDC/30cm	85dB at 6VDC/30cm	85dB at 24VDC/30cm
Resonant Frequency	4.5j±0.5KHz	4.8j±0.5KHz	4.8j±0.5KHz
Tone Nature	Continuous	Continuous	Continuous
Operating Temperature	-20~+80jse	-20~+80jse	-20~+80jse
Weight	6g	6g	6g

color Black

PBT Housing Material

Lead Terminal

### DIMENSIONS

all dimensions are in mm

Fuente: [https://image.micros.com.pl/\\_dane\\_techiczne\\_auto/pbgkpi2210l06.gif](https://image.micros.com.pl/_dane_techiczne_auto/pbgkpi2210l06.gif)

## ANEXO 12 Datasheet de Pantalla LCD 16X2

**SHENZHEN EONE ELECTRONICS CO., LTD**

### 1.0 FEATURES

- Display Mode: STN, BLUB
- Display Formate: 16 Character x 2 Line
- Viewing Direction: 6 O'Clock
- Input Data: 4-Bits or 8-Bits interface available
- Display Font : 5 x 8 Dots
- Power Supply : Single Power Supply (5V±10%)
- Driving Scheme : 1/16Duty,1/5Bias
- BACKLIGHT (SIDE) : LED (WHITE)

### 2.0 ABSOLUTE MAXIMUM

Item	Symbol	Min.	Max.	Unit
Power Supply for logic	Vdd	-0.3	+7.0	V
Power supply for LCD Drive	Vled	Vdd-10.0	Vdd+0.3	V
Input Voltage	Vi	-0.3	Vdd+0.3	V
Operating Temperature	Ta	0	+50	℃
Storage Temperature	Tstg	-10	+60	℃

### 3.0 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(Ta=25℃;Vdd=3.0V±10%,otherwise specified)

Item	Symbol	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
Power Supply for Logic	Vdd	--	4.7	5.0	5.5	V
Operating Voltage for LCD	Vdd-Vo	--	--	5.0	--	V
Input High voltage	Vih	--	2.2	--	Vdd	V
Input Low voltage	Vil	--	-0.3	--	0.6	V
Output High voltage	Voh	-Ioh=0.2mA	2.4	--	--	V
Output Low voltage	Vol	Iol=1.2mA	--	--	0.4	V
Power supply current	Idd	Vdd=3.0v	--	1.1	--	mA

### 4.0 MECHANICAL PARAMETERS

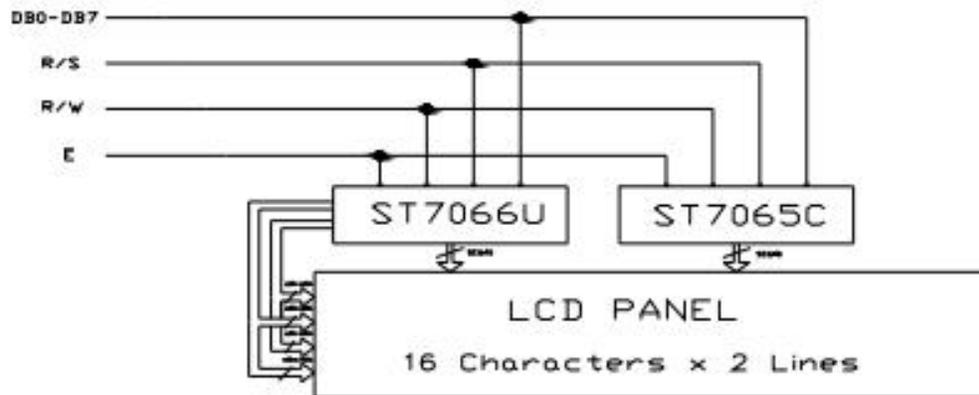
Item	Description	Unit
PCB Dimension	80.0*36.0*1.6	mm
View Dimension	69.5*14.5	mm

**SHENZHEN EONE ELECTRONICS CO., LTD**

**5.0 PIN ASSIGNMENT**

No.	Symbol	Level	Function	
1	Vss	--	0V	Power Supply
2	Vdd	--	+5V	
3	V0	--	for LCD	
4	RS	H/L	Register Select: H-Data Input L-Instruction Input	
5	R/W	H/L	H--Read L--Write	
6	E	H,H-L	Enable Signal	
7	DB0	H/L	Data bus used in 8 bit transfer	
8	DB1	H/L		
9	DB2	H/L		
10	DB3	H/L		
11	DB4	H/L	Data bus for both 4 and 8 bit transfer	
12	DB5	H/L		
13	DB6	H/L		
14	DB7	H/L		
15	BLA	--	BLACKLIGHT +5V	
16	BLK	--	BLACKLIGHT 0V-	

**6.0 BLOCK DIAGRAM**



**7.0 POWER SUPPLY BLOCK DIAGRAM**

Fuente: <https://www.openhacks.com/uploadsproductos/eone-1602a1.pdf>

## ANEXO 13 Datasheet Gateway Arris TG2482

# TG2482 Wireless Gateway



### FEATURES:

- 24x8 Channel Bonding
- 1Gbps Downstream support with internal Spectrum Analyzer
- DOCSIS® 3.0 certified design
- Full Capture Bandwidth Tuner
- IPv6 Logo Certified
- Multi-Processor Technology with a 1.2GHz Intel Atom Core Application Processor
- 4 port Gigabit Ethernet Router
- 3x3 2.4GHz 802.11n
- 4x4 5GHz 802.11ac Wave 2
- MU-MIMO and Beamforming Support
- USB 2.0 Host Port
- Advanced Firmware support for IPv6, DS-Lite, and SoftQoS
- Two FXS lines of carrier-grade VoIP with HD voice support



### PRODUCT OVERVIEW:

Operators are wanting to push the limits on DOCSIS 3.0 performance and the user experience delivered to the customer. The TG2482 with its superior 802.11ac Dual Band Wireless radios, Ethernet and USB interfaces can deliver this performance while also offering improvements in home coverage above that of other models. This feature-packed unit is intended to serve as the hub of the subscribers network, connecting all IP capable devices (Internet, Data, Voice and Video) throughout the customers premises.

Residential gateway support has always been a concern of the operator. The TG2482 distinguishes itself with capabilities to minimize these support needs. Multiple provisioning methods (SNMP, Configuration File, Remote WebGUI access, TFTP, and TR-069/181) allow custom designed setups to be applied to monitor the end user more efficiently. Multiple remote access levels (User, Cusadmin, and MSO) also allow more ease and flexibility for manual configuration and control.

The TG2482 will help lead the future to advanced home and small office services.

**TG2482**  
Wireless Gateway



**Interface Speeds**

WiFi	2160Mbps
DOCSIS Downstream	960Mbps
USB 2.0	480Mbps
DOCSIS Upstream	240Mbps

**Specifications**

**Physical**

Operating Temperature °C	0 to 40
Operating Relative Humidity	5-80% (Non condensing)
Storage Temperature °C	-40 to 70
Dimensions (H x W x D) mm	235 x 160 x 52 (excludes "F" connector)
Weight lbs.	.7
Diagnostic LED's (Front)	Power, US/DS, Online, 2.4GHz, 5GHz, Tel1, Tel2, WPS
Diagnostic LED's (Rear)	Ethernet LinkSpeed
Front Switches	WiFi On/Off, WPS

**Interfaces**

RF Interface	External "F" type connector
Data Interfaces (bridged)	4 x 10/100/1000 Base-T Ethernet (RJ-45 connector)
Analog Telephony Interfaces	3 lines; RJ-11
USB Interface	USB 2.0 Powered Host Port
Input Voltage (nominal)	12VDC
Input Current (max)	2.5Amps

**Telephony**

Supervisory Voltage	48 Vdc nominal
Ringing Load Capacity	6 REN total; 3 per line
Provisionable High Loop Current Mode	Yes (40mA constant current source)
Codic Support	G.729, G.711, G.722

**RF Downstream**

Bonded Channels	Up to 24
Tuner Configuration	Full capture tuning range
Frequency Range (MHz)	106-1002
Data Rate (Mbps Max.)	> 960 Mbps
RF Input Sensitivity Level (dBmV)	-15 to +15 (DOCSIS)

**RF Upstream**

Bonded Channels	Up to 8
Frequency Range (MHz)	5 to 42
Data Rate (Mbps Max.)	up to 240
RF Output Level (dBmV)	+57 dBmV (64 QAM, single upstream) +54dBmV (64QAM, 4-8 upstreams) +58dBmV (16 QAM, single upstream) +56 dBmV (SCDMA, single upstream)

**Wireless 2.4GHz**

Transmit Power (EIRP)	+20dBm (802.11n MCS0, HT20) +25.5dBm (802.11n MCS7, HT20)
Spatial Streams	3
Receive Levels	-85dBm 802.11n (MCS0, HT20) -68dBm 802.11n (MCS7, HT20)
Antennas	3 transmit and 3 receive

**Wireless 5GHz**

Transmit Power (from any antenna)	+30dBm (802.11ac MCS0, VHT20) +25.5 dBm (802.11ac MCS9, HT80)
Spatial Streams	4
Receive Levels	-87dBm 802.11ac (MCS0, VHT20) -65dBm 802.11ac (MCS7, HT40) -54dBm (802.11ac, MCS9, VHT80)
Antennas	4 transmit, and 4 receive (per band)

**Ordering Information**

Model	Description
TBD	TG2482A/WL, 42MHz Upstream, US Power Adapter and Cord.

ARRIS Enterprises, LLC. 2017 All rights reserved. No part of this publication may be reproduced in any form or by any means or used to make any derivative work (such as translation, transformation, or adaptation) without written permission from ARRIS Enterprises, LLC ("ARRIS"). ARRIS reserves the right to revise this publication and to make changes in content from time to time without obligation on the part of ARRIS to provide notification of such revision or change. ARRIS and the ARRIS logo are trademarks of ARRIS Enterprises, LLC. Other trademarks and trade names may be used in this document to refer to either the entities claiming the marks or the names of their products. ARRIS disclaims proprietary interest in the marks and names of others. Rev. 1/21/2017

# PoE Injector

## TL-POE150S

### ⊙ Features:

- Complies with IEEE802.3af standard
- Cost Saving, no power cabling for Ethernet network device
- Delivers power and data over the single cable up to 100 meters
- Advanced Auto-Sensing Algorithm enables providing power with 802.3af PD
- Supports power classification, Auto-determine the necessary power requirements
- High Safety with Short Circuit Protection
- Plug & Play installation, requires no configuration
- External 48VDC power supply



### ⊙ Description:

TP-LINK's PoE Injector TL-POE150S fully complies with IEEE 802.3af standard. No need to buy a PoE switch, you can use the existing non-PoE switch or non-PoE router to connect PoE devices with the help of TL-POE150S.

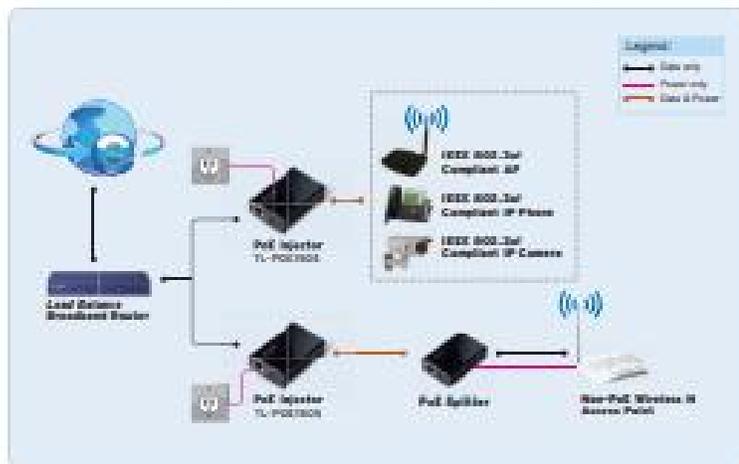
The PoE Injector TL-POE150S can work with all IEEE 802.3af PoE compliant PDs (Powered Devices) or PoE Receiver Adapters, such as TP-LINK's TL-POE10R, or other equivalent products, to expand your network to where there are no power lines or outlets, where you wish to fix devices like Wireless Access Points, IP Cameras or IP Phones, etc.



## ⊙ Specifications:

Standards	IEEE 802.3, IEEE 802.3u, IEEE 802.3ab, IEEE 802.3af
Ports	1 10/100/1000Mbps Auto-Negotiation RJ45 LAN port (LAN IN) 1 10/100/1000Mbps Auto-Negotiation RJ45 PoE port (POWER+DATA OUT) 1 power socket (DC IN)
Network Media	10BASE-T: UTP category 3, 4, 5 cable (maximum 100m) EIA/TIA-568 100 STP (maximum 100m) 100BASE-TX: UTP category 5, 5e cable (maximum 100m) EIA/TIA-568 100 STP (maximum 100m) 1000BASE-T: UTP category 5, 5e, 6 cable (Max 100m)
Basic Function	Auto-Sensing Algorithm enables providing power with 802.3af PD Delivers power and data over the same cable up to 100 meters Auto-determine the necessary power requirements Plug-and-Play
Power	Input: External 48VDC power adapter Output: Auto-determine the necessary power requirements (max. 15.4W)
LED Indicator	Power On/No PD Connected (Blink color of red and yellow), Power On+PD Connected (green)
Safety & Emission	FCC, CE
Dimensions (W*D*H)	1.2*2.1*0.9 in.(30.8*54*24 mm)
Operating Temperature	0°C~40°C (32°F~104°F)
Storage Temperature	-40°C~70°C (-40°F~158°F)
Operating Humidity	10%~90% non-condensing
Storage Humidity	5%~90% non-condensing

## ⊙ Diagram:



### Package:

- TL-P0E150S PoE injector
- One Ethernet (CAT5-UTP) Cable
- One Power Adapter
- User Guide

### Related Products:

- Load Balance Broadband Router  
TL-BR7074
- 150Mbps Wireless N Access Point  
TL-WA701ND
- PoE Splitter  
TL-P0E10N

Specifications are subject to change without notice. TP-LINK is a registered trademark of TP-LINK Technologies Co., Ltd. Other brands and product names are trademarks or registered trademarks of their respective holders. For further information, please contact your local TP-LINK distributor. TP-LINK is not responsible for any damage or loss caused by the use of the products. TP-LINK is not responsible for any damage or loss caused by the use of the products.

www.tp-link.com

Fuente: <https://images10.newegg.com/UploadFilesForNewegg/itemintelligence/TP-LINK/tplink tpoe150s poe injector 1452946137178.pdf>

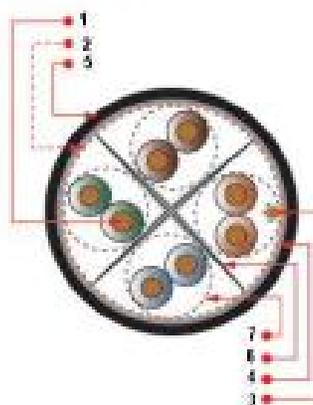
## ANEXO 15 Hoja técnica del Cable UTP Categoría 6



**Hoja Técnica** 1/2  
**Ref. : 1202050001**

Ed. 1.0

CABLE SOLIDO 100Ω F/UTP 4 pares - CAT6- 250MHz – Exterior -PE



1. Conductor: Cobre sólido desnudo 28AWG.
2. Aislamiento : Espuma de polietileno PE
3. Alambre de Tierra: Cobre sólido estañado
4. Blindaje a los 4 pares: Cinta políester de aluminio.
5. Chaqueta exterior: PE- negro (polietileno).
6. Cruzeta.
7. Par trenzado.

### Descripción.

El cable sólido F/UTP SATRA Categoría 6 para exteriores, de 4 pares trenzados, está diseñado para la red horizontal o vertical (backbone), transmitiendo datos, voz e imagen en un sistema de cableado estructurado. Con frecuencia de operación de 250MHz.

La chaqueta exterior de polietileno (PE), resistente a la intemperie y resistente a los rayos UV, lo hace adecuado para uso externo.

Cada bobina contiene 500m (1640pies) de cable.

### Aplicaciones.

- ISDN - RNIS
- 100 VG-AnyLAN
- ATM 155, 622 Mbits/s and 1,2Gbits
- ETHERNET 10Base - T,
- ETHERNET 100 Base - T,
- ETHERNET 1000 Base - T.
- IEEE 802.3 af /at – PoE (Power Over Ethernet)

### Estándares

Cable	IEC 61156-5
Estándares	ISO/IEC 11801 & EN50173 ANSI/TIA-568-C.2 CAT 6

[www.satranet.com](http://www.satranet.com)

Este documento es confidencial y es propiedad de SATRA. SATRA posee los derechos de autor, y el documento no debe ser copiado o modificado en cualquier forma, en todo o en parte, sin el permiso por escrito de SATRA. El contenido de este documento debe ser divulgado a cualquier otra persona o personas. Las características relacionadas con este documento no son contractuales y pueden ser modificadas sin previo aviso.

CABLE SOLIDO 100Ω FI/UTP 4 pares - CAT6-250MHz – Exterior -PE

Propiedades Eléctricas	Otras Características
Resistencia del conductor (Ω /100m@20°C) : 9.5	Material de la Chaqueta: PE Material de Aislamiento: PE Separador en Cruz Tipo: PE Tipo de Blindaje: Cinta poliéster de aluminio
Desbalance de capacitancia para tierra: 1600 pF / Km	Tensión Min. (psi): 14000
Impedancia Característica : de 1a 250 MHz :100 ± 15%	Temperatura de Instalación : - 10° C / + 60°C Temperatura de Operación : - 10° C / + 60°C
Velocidad de Propagación : 66 %	Diámetro del cable: 6.86 ±0.3mm
Delay Skew: 45ns/100m Max.	Frecuencia de operación: 250Mhz.

**Performance de transmisión.**

Medida (MHz)	Atenuación (dB/100m)		NEXT (dB/100m)		PS NEXT (dB/100m)		ELFEXT (dB/100m)		PSELFEXT (dB/100m)		RETURN LOSS (dB/100m)	
	Standard	Satra	Standard	Satra	Standard	Satra	Standard	Satra	Standard	Satra	Standard	Satra
4	3.8	3.5	55.3	59	53.3	55	55.8	57	52.8	54	23	25
10	5.0	5.2	50.3	53	57.3	50	47.8	50	44.5	57	25	28
16	7.5	6.9	57.3	58	54.2	57	43.7	55	40.7	53	25	28
31.25	10.7	9.8	52.9	55	49.9	52	37.9	51	34.9	48	23	27
62.5	15.5	13.9	48.4	51	45.4	48	31.9	43	29.1	45	21.5	25
100	19.9	17.5	45.3	48	42.3	45	27.8	40	24.8	37	20.1	25
200	29.1	25.3	40.8	44	37.8	41	21.8	34	18.8	31	18	24
250	33.0	28.3	39.3	42	36.3	39	19.8	27	16.8	24	17.3	22

**Condiciones de Orden.**

Item No	1202050001
Pares	4
[X] x AWG	23
Diámetro	6.86
Ka/Bobina	29.5
Acondicionamiento	Bobina 500m

## ANEXO 16 Catalogo TOMRA SENTINEL II



# SENTINEL II CLASIFICADORA ÓPTICA

¿Le interesa una demostración gratuita con su propio producto o necesita más información?

**Póngase en contacto con nosotros.**

**TOMRA Food EMEA**  
Research Park Hasseltde 822  
Somskestraat, 20  
3001 Leuven  
BELGIUM  
Tel: +32 16 396 396  
Fax: +32 16 396 300  
food@tomra.com  
www.tomra.com/food

**TOMRA Food AMERICAS**  
875 Embarcadero Drive  
West Sacramento  
California 95605  
U.S.A.  
Tel: +1 916 388 3900  
Fax: +1 916 388 3901  
Food.us@tomra.com  
www.tomra.com/food

**TOMRA Food APAC**  
Unit 1, 20 Anella Ave,  
Castle Hill, 2154  
NSW  
AUSTRALIA  
Tel: +61 2 8624 0300  
Fax: +61 2 8624 0301  
food.asia@tomra.com  
www.tomra.com/food

**TOMRA Food ESPAÑA**  
C/ Carrer Argelsteve Guall, num. 45  
17480 Rosas  
GRONA  
ESPAÑA  
Tel: +34 972 15 4573  
Fax: +34 972 15 2516  
food@tomra.com  
www.tomra.com/food

El clasificador óptico Sentinel II se ha diseñado para clasificar numerosas aplicaciones alimentarias. Resulta idóneo para el procesado de tomate, melocotón, pimiento y patata. Mediante el uso de la tecnología más novedosa de iluminación y detección, Sentinel II es una solución de clasificación altamente eficaz y rentable.

## SOLUCIÓN PERSONALIZADA

Los sensores de alta resolución de Sentinel II y su clara interfaz de usuario permiten que el cliente configure el clasificador para detectar y eliminar una amplia gama de afecciones y defectos en el producto de entrada como **producto en mal estado, no maduro, quemado por el sol, imperfecto según los estándares de calidad de nuestros clientes**, etc.

Asimismo, detecta y retira una gran variedad de materiales extraños como tallos de algodón, mazorcas de maíz, fragmentos de hueso de fruta, plásticos, vidrio, material animal, piedras, madera, etc.

Gracias a los tres tamaños seleccionables de clasificador, la Sentinel II cubre un rango de gran capacidad de hasta 200 toneladas/hora, lo que lo convierte en la solución perfecta **para procesadores tanto estacionales como anuales**. Los clientes pueden elegir además entre una gama de configuraciones de fábrica como, por ejemplo, un sistema de inspección por uno o ambos lados.

## ÓPTIMA TECNOLOGÍA

Además de satisfacer las necesidades individuales de los productores alimentarios, la tecnología de TOMRA asegura una producción de mayor calidad con menos clasificación manual y menos tiempo fuera de servicio.

Además, el nuevo sistema de LED pulsada y sensores ofrece una excelente estabilidad de clasificación, con un mantenimiento mínimo.

## VENTAJAS

- Rentabilidad atractiva
- Optimización de la inversión
- Alta productividad
- Alta eficiencia
- Calidad de producto controlable y consistente
- Iluminación y sensores estables
- Diseño robusto y compacto
- Bajo coste de mantenimiento
- Interfaz de usuario con captura de múltiples datos, para optimizar los resultados en la planta



La combinación de estos elementos, adaptables a las necesidades del cliente, convierte a la Sentinel II en una opción rentable eficiente en costes para procesadores de distintos tipos de productos, que optimiza los costes de la planta.

## FUNCIONAMIENTO

El producto se reparte de forma uniforme por la cinta de entrada, donde las cámaras de ambos lados lo escanean mientras el producto está en el aire. Unos milisegundos más tarde, unos dedos eyectores inteligentes, ubicados al final de la cinta de entrada, rechazan los defectos. Mientras tanto, el producto que cumple los requisitos definidos continúa por la línea de procesado.

## DIMENSIONES Y ESPECIFICACIONES

Modelo	Dimensiones				Servicio	
	Ancho	Largo	Alto	Elevación de entrada	Alimentación	Aire
<b>SENTINEL II 1000</b>	1000 mm (40")	2748 mm (108")	1332 mm (53")	710 mm (28")	3 ph+N 1.0 kVa	100 psi 7 bar
<b>SENTINEL II 1600</b>	1600 mm (64")	2748 mm (108")	1332 mm (53")	710 mm (28")	3 ph+N 2.0 kVa	100 psi 7 bar
<b>SENTINEL II 2000</b>	2000 mm (79")	2748 mm (108")	1332 mm (53")	710 mm (28")	3 ph+N 3.5 kVa	100 psi 7 bar

\* Información mostrada como referencia, sujeta a modificaciones según la aplicación real.

Fuente: Archivo extraído de la página web de la empresa TOMRA

## ANEXO 17 Salidas digitales conectadas al Arduino

Sensor / Actuador	Salida	Entrada al Arduino
Ultrasonido	Echo	3
	Trigger	2
Ledes	Led_Faja	4
	Led_Ventilador	5
	Led_Cepillo	6
	Led_Alarma	7
	Led_Pistón	25
	Led_Pulsador	26
Sensor de Color TCS230	S0	8
	S1	9
	Out	10
	S3	11
	S2	12
Alarma	Out	13
Motor Faja	IN1	14
	IN2	15
Pulsador_On	Out	16
Pulsador_Off	Out	17
Motor del cepillo	IN1	23
	IN2	24
Pantalla LCD 16X2	Rs	27
	Echo	28
	D4	29
	D5	30
	D6	31
	D7	32
Pistón eléctrico	IN1	34
	IN2	35

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO 18 Salidas analógicas conectadas al Arduino

Sensor / Actuador	Salida	Entrada al Arduino
Balanza	DR	A1
	SCK	A2

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO 19 Programación del sensor HC-SR04

```
// Entradas para el sensor de Ultrasonido
const int Trigger = 2; //Pin digital 2 para el Trigger del sensor
const int Echo = 3; //Pin digital 3 para el Echo del sensor
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  Serial.begin(9600); //iniciamos la comunicación
  //-----SENSOR ULTRASONIDO-----
  pinMode(Trigger, OUTPUT); //pin como salida
  pinMode(Echo, INPUT); //pin como entrada
  digitalWrite(Trigger, LOW); //Iniciamos el pin con 0
}
void loop() {
  //-----Config. del UltraSonido-----

  long t; //timepo que demora en llegar el eco
  long d; //distancia en centimetros

  digitalWrite(Trigger, HIGH);
  delayMicroseconds(10); //Enviamos un pulso de 10us
  digitalWrite(Trigger, LOW);

  t = pulseIn(Echo, HIGH); //obtenemos el ancho del pulso
  d = t/59; //escalamos el tiempo a una distancia en cm

  // Sensor ultrasonido activa motor de la faja y demás actuadores
  if ( d >= 3 && d <= 9) {

    inicio:
```

```

Serial.println("Detecto Limón");
digitalWrite(motor_faja, HIGH);
Serial.println("Faja se mueve");
digitalWrite(motor_vent, HIGH);
digitalWrite(motor_cep, HIGH );
digitalWrite(ventilador, HIGH);
Serial.println("Cepillo se mueve");
digitalWrite (Motorfajapos, LOW);
digitalWrite (Motorfajaneg, HIGH);
digitalWrite (cep_posi, HIGH);
digitalWrite (cep_neg, LOW);

//LCD
lcd.print("Detecto Limon");
delay(1000);
lcd.clear();

lcd.home();
lcd.print("Faja se mueve");
//lcd.clear();
lcd.setCursor ( 0, 1 );
lcd.print("Cepillo se mueve");
delay(1000);
lcd.clear();

booleano = true;
}

```

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO 20 Calibración del sensor TCS230

```
// Definiendo entradas del sensor de color
#define S0 8
#define S1 9
#define S2 12
#define S3 11
#define salidaSensor 10

// Para guardar las frecuencias de los fotodiodos
int frecuenciaRojo = 0;
int frecuenciaVerde = 0;
int frecuenciaAzul = 0;
int colorRojo;
int colorVerde;
int colorAzul;

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:

  Serial.begin(9600); //iniciailzamos la comunicación

  // ----- SENSOR DE COLOR -----
  //-----
  // Definiendo las Salidas
  pinMode(S0, OUTPUT);
  pinMode(S1, OUTPUT);
  pinMode(S2, OUTPUT);
  pinMode(S3, OUTPUT);

  // Definiendo salidaSensor como entrada
  pinMode(salidaSensor, INPUT);
```

```

// Definiendo la escala de frecuencia a 20%
digitalWrite(S0,HIGH);
digitalWrite(S1,HIGH);
// ----- SENSOR DE COLOR -----
//-----
}
void loop() {
//-----CALIBRACIÓN-----
//-----
//
// Definiendo la lectura de los fotodiodos con filtro rojo
digitalWrite(S2,LOW);
digitalWrite(S3,LOW);

// Leyendo la frecuencia de salida del sensor
frecuenciaRojo = pulseIn(salidaSensor, LOW);

// Mostrando por serie el valor para el rojo (R = Red)
Serial.print("R = ");
Serial.print(frecuenciaRojo);
delay(100);

// Definiendo la lectura de los fotodiodos con filtro verde
digitalWrite(S2,HIGH);
digitalWrite(S3,HIGH);

// Leyendo la frecuencia de salida del sensor
frecuenciaVerde = pulseIn(salidaSensor, LOW);

// Mostrando por serie el valor para el verde (G = Green)

```

```
Serial.print(" G = ");
Serial.print(frecuenciaVerde);
delay(100);

// Definiendo la lectura de los fotodiodos con filtro azul
digitalWrite(S2,LOW);
digitalWrite(S3,HIGH);

// Leyendo la frecuencia de salida del sensor
frecuenciaAzul = pulseIn(salidaSensor, LOW);

// Mostrando por serie el valor para el azul (B = Blue)
Serial.print(" B = ");
Serial.println(frecuenciaAzul);
delay(100);
//-----CALIBRACIÓN-----
//-----
```

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO 21 Calibración del módulo HX711

```
#include "HX711.h"           // Biblioteca HX711

#define DOUT A0              // HX711 DATA OUT = pin A0 do Arduino
#define CLK A1               // HX711 SCK IN = pin A1 do Arduino

HX711 balanca;              // definir la balanza HX711

float calibration_factor = 42130; // Factoe de calibración de la balanza

void setup()
{
  Serial.begin(9600);        // monitor serial 9600 Bps
  balanca.begin(DOUT, CLK);  // inicializa a balanza
  Serial.println();          // Salta una linea
  Serial.println("HX711 - Calibración de la balanza");           // Imprimir en el monito
  serial
  Serial.println("Remover peso de la balanza");
  Serial.println("Después de las primeras lecturas coloque un peso conocido ");
  Serial.println("Presione a,s,d,f para aumentar Factor de calibracion por 10,100,1000,10000
respectivamente");
  Serial.println("Presione z,x,c,v para disminuir Factor de calibracion por
10,100,1000,10000 respectivamente");
  Serial.println("pressione t para TARA(zerar) ");

  balanca.set_scale();           // Configuración de estado de balanza
  zeraBalanca ();               // zera a Balanza
}

void zeraBalanca ()
```

```

{
  Serial.println();           // salta una linea
  balanca.tare();             // zera a Balanza
  Serial.println("Balanza Zerada ");
}

void loop()
{
  balanca.set_scale(calibration_factor);           // ajusta factor de calibracion
  Serial.print("Peso: ");                          // imprime no monitor serial
  Serial.print(balanca.get_units(), 3);            // imprime peso da balanza con 3
  decimales
  Serial.print(" kg");
  Serial.print("   Fator de Calibraçãõ: ");        // imprime no monitor serial
  Serial.println(calibration_factor);              // imprime factor de calibración
  delay(500);                                       // atraso de 0,5 segundos

  if (Serial.available())                          // reconoce la letra para ajustar factor de
  calibración
  {
    char temp = Serial.read();
    if (temp == '+' || temp == 'a')               // a = aumenta 10
      calibration_factor += 10;
    else if (temp == '-' || temp == 'z')          // z = disminuye 10
      calibration_factor -= 10;
    else if (temp == 's')                         // s = aumenta 100
      calibration_factor += 100;
    else if (temp == 'x')                         // x = disminuye 100
      calibration_factor -= 100;
    else if (temp == 'd')                         // d = aumenta 1000
      calibration_factor += 1000;
  }
}

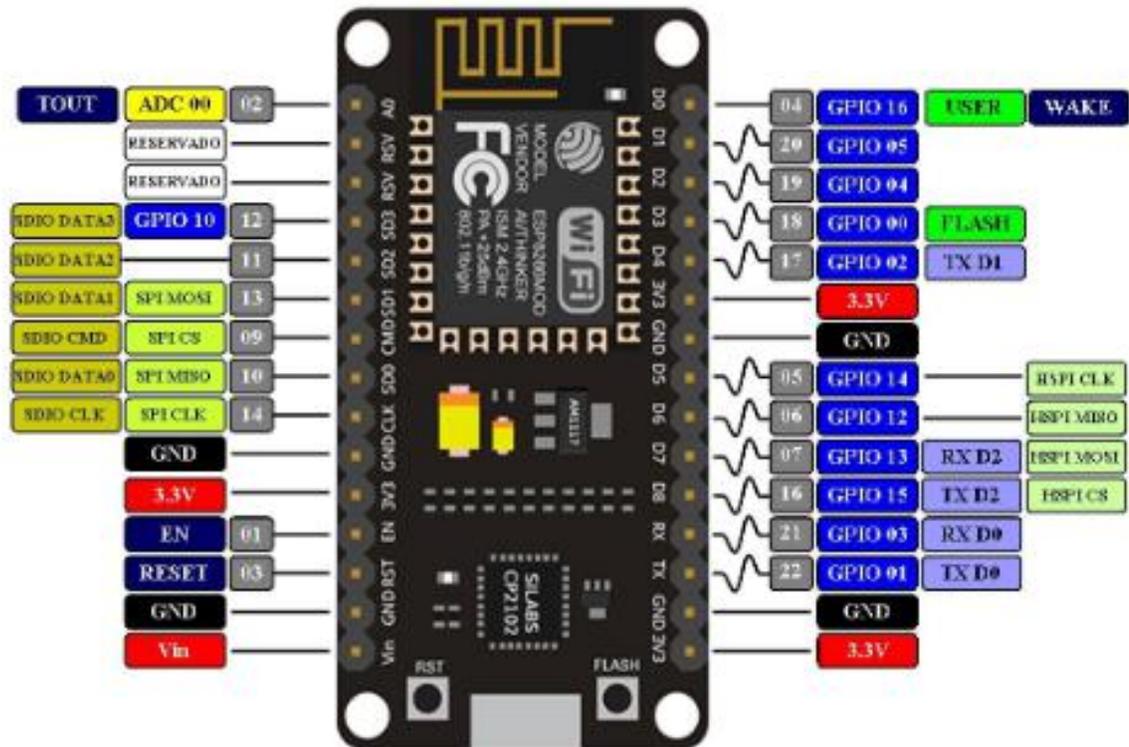
```

```
else if (temp == 'c')           // c = disminuye 1000
  calibration_factor -= 1000;
else if (temp == 'f')           // f = aumenta 10000
  calibration_factor += 10000;
else if (temp == 'v')           // v = disminuye 10000
  calibration_factor -= 10000;
else if (temp == 't') zeraBalanca (); // t = zera a Balanza
```

}Fuente: <https://blog.eletrogate.com/balanca-digital-com-arduino-aprenda-a-usar-a-celula-de-carga>

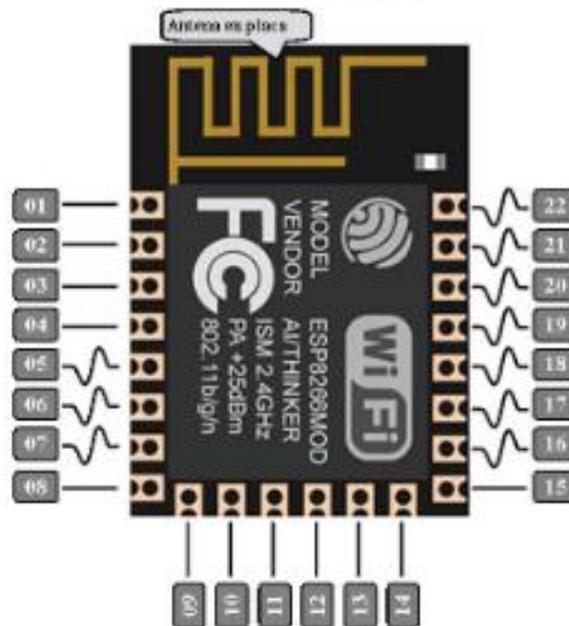
## PLACA NodeMCU 1.0 (V2)

### PINOUT



- Vin ALIMENTACIÓN EXTERNA (de 5V a 10V).
- 3.3 V ALIMENTACIÓN INTERNA (desde la placa a dispositivos).
- GND TIERRA (GND *Ground*).
- GPIO PIN DE ENTRADA/SALIDA +3.3V (GPIO *General Purpose Input/Output*).  
Entrada digital , Entrada analógica ~. (Todas las salidas son digitales).
- ADC PIN DE SALIDA ANALÓGICA (el rango es entre +0V y -1V dividido en 1023 intervalos).
- SPI BUS SPI (*Serial Peripheral Interface*).
- HSPI BUS HSPI (*Hardware-Serial Peripheral Interface*).
- SDIO PINES PARA INICIO DEL ESP8266 DESDE UNA TARJETA SD.  
Para activar el modo SDIO el pin GPIO 15 debe estar en tensión cuando se enciende la placa.
- TX/RX COMUNICACIÓN SERIE TX/RX.  
Los pines GPIO01 y GPIO02 están conectados al puerto MicroUSB a través del conversor UART.

## ESP8266 12E



### NOTAS:



- El voltaje de alimentación ( $V_{in}$ ) debe estar comprendido entre 5 V y 10 V.



- La intensidad de **máxima** de salida a un pin es de 12 mA. No se debe demandar mas intensidad para no quemar el procesador. La intensidad de salida normal será de 6 mA.

- Para activar el modo de reposo (*sleep mode*), unir los pines GPIO16 (D0) y RESET y poner el pin GPIO16 en tensión (*HIGH*). Para reactivar (*wakeup*), quitar la tensión en el pin GPIO16 (*LOW*). El sistema se reiniciará.



- En *boot/reset/wakeup* (inicio/reseteo/reactivado), los pines GPIO00 (D3) ó GPIO15 (D8) **no** deben estar con tensión ( $+3.3V$ ). **Tampoco** el pin GPIO02 (D4) debe estar conectado a tierra ( $+0.0V$ ).



- Los pines GPIO01 (TX) y GPIO03 (RX) se utilizan en el puerto MicroUSB, por lo que no se deben utilizar simultáneamente con otro dispositivo ya que la conexión se interferiría.



- Los pines GPIO00 y GPIO02 **no** debe utilizarse para lectura (*input*). El pin GPIO09 **no** debe utilizarse ni para lectura ni para escritura (*input/output*).

- El pin GPIO02 (D4) controla el LED azul del ESP8266. Se enciende cuando no tiene tensión ( $+0.0V$ ).

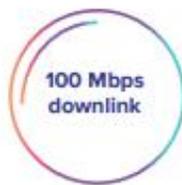
- El pin GPIO16 (D0) controla el LED azul de la placa. Se enciende cuando no tiene tensión ( $+0.0V$ ).  
(En la placa *LoLin* este LED no está disponible).

- Para flashear, en el caso de que la placa quede bloqueada, se debe conectar el pin GPIO00 (D3) a tierra el MicroUSB con el ordenador y ejecutar el flasher.

Fuente: [https://www.esploradores.com/wp-content/uploads/2019/11/PINOUT-NodeMCU\\_1.0-V2-2\\_2.jpg](https://www.esploradores.com/wp-content/uploads/2019/11/PINOUT-NodeMCU_1.0-V2-2_2.jpg)

## ANEXO 23 Ficha técnica del kit Li-Fi Max

**LiFiMax**<sup>®</sup> | High speed internet through invisible light



Brightly Reinventing the Way We Connect



## Specifications

### Package Contents

1 LiFiMax® access point  
1 LiFiMax® dongle\*  
1 USB-C / USB-C cable  
1 USB-C / USB-A cable  
Mounting kit  
Documentation

### Communication Specifications

Type of light source: infrared LED  
Download data rate: 100 Mbps  
Upload data rate: 40 Mbps  
Communication coverage: **90 degrees field of view (\*\*)**  
Maximum number of users: 16

### Electrical Specifications

Access point nominal power < 5W  
Access point power input: PoE (IEEE 802.3af)  
Dongle nominal power: 2.5W  
Dongle power input: USB-C

### Mechanical Specifications

Access point dimensions: Ø 110mm / 25 mm height  
Access point weight: 400 g  
Dongle dimensions: Ø63 mm / 17 mm height  
Dongle weight: 100 g  
Main material: white painted aluminium  
Ingress protection: IP30

### User Device Requirements

Microsoft® Windows 7, 8, 10, Mac OS®, UNIX®, or Linux,  
Android

### Certifications & Warranty

CE, ETL, ROHS in progress  
2 years warranty ([www.oledcomm.net](http://www.oledcomm.net))

### Support

[www.oledcomm.net](http://www.oledcomm.net)

\* Measured as coverage with 5 Mbps minimum data rate for download

\*\* The field of view can be customized on request



## Speed

LIFIMax® provides fast download speed of 100 Mbps and upload speed of 40 Mbps, therefore giving you and your colleagues a smooth network access during meetings.



## Security

With LIFIMax®, you do not need to sacrifice your mobility for security anymore. LIFI is based on the transmission of invisible light. As light cannot go through walls, your network cannot be accessed from outside the room, providing you a highly secured connection.



## Multiuser

LIFIMax® can support up to 16 users simultaneously and provide each one of them with a fast and reliable network access. All they need is connect the LIFIMax® USB dongle to their device.



## Reliability

LIFIMax® is based on high lifetime invisible light LED to operate whatever the light level in the room. It also makes your working environment healthier as it does not use radiowaves.

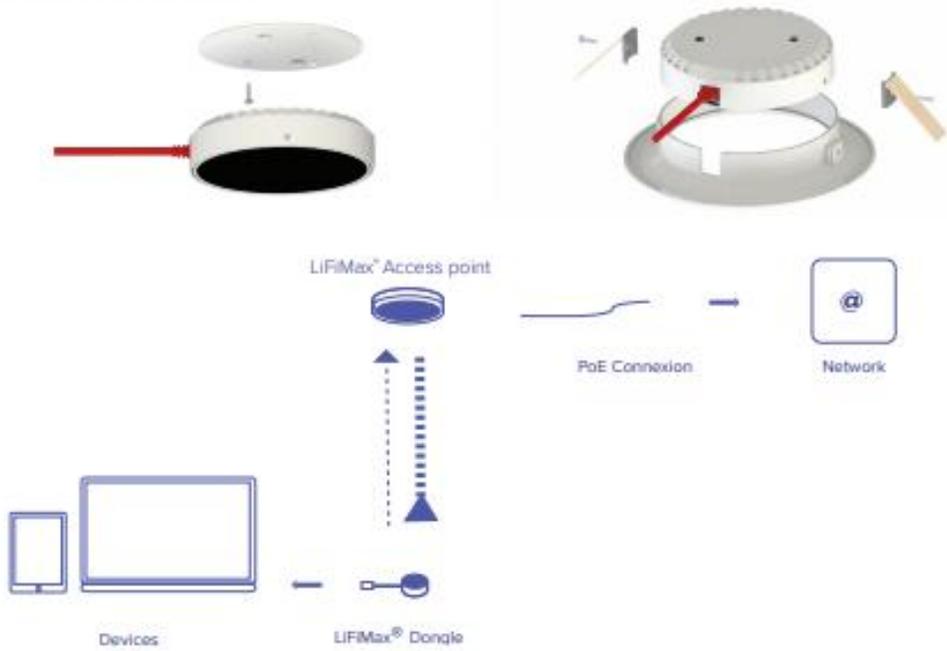


## Ease of Use

LIFIMax® can be installed very quickly in your conference room. You can either plug it to a support fixed on the ceiling or directly embed it in a suspended ceiling. The LIFIMax® access point simply needs a PoE access, whereas the users only have to plug the LIFIMax® USB dongle to their device to be connected.



**Installation Diagram**



Fuente: Ficha técnica extraída de la página web de la empresa OLEDCOMM

## ANEXO 24 Código del Módulo ESP8266

```
#include <ESP8266WiFi.h>

const char* ssid = "KIKO-2.4GHz";
const char* password = "22041817G";

int pulsador_continua = 16; // GPIO16
int pulsador_parada = 4; // GPIO4
int motor_faja = 2; // GPIO2
int led_peso= 12; // GPIO12

int val_motor;

int val_peso;

WiFiServer server(80);

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  delay(10);

  pinMode(pulsador_continua, OUTPUT);
  digitalWrite(pulsador_continua, LOW);

  pinMode(pulsador_parada, OUTPUT);
  digitalWrite(pulsador_parada, LOW);

  pinMode(motor_faja, INPUT);
```

```
pinMode(led_peso, INPUT);

// Connect to WiFi network
Serial.println();
Serial.println();
Serial.print("Connecting to ");
Serial.println(ssid);

WiFi.begin(ssid, password);

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
  delay(500);
  Serial.print(".");
}
Serial.println("");
Serial.println("WiFi connected");

// Start the server
server.begin();
Serial.println("Server started");

// Print the IP address
Serial.print("Use this URL to connect: ");
Serial.print("http://");
Serial.print(WiFi.localIP());
Serial.println("/");
}
```

```
void loop() {

    // Check if a client has connected
    WiFiClient client = server.available();
    if (!client) {
        return;
    }

    // Wait until the client sends some data
    Serial.println("new client");
    while(!client.available()){
        delay(1);
    }

    // Read the first line of the request
    String request = client.readStringUntil('\r');
    Serial.println(request);
    client.flush();

    // Match the request

    int value = LOW;

    int value1 = LOW;

    val_motor = digitalRead(motor_faja);

    val_peso = digitalRead(led_peso);
```

```

int valfinal;

int valfinal1;

if (request.indexOf("/LED=ON") != -1) {
    digitalWrite(pulsador_continua, HIGH);
    value = HIGH;
    delay(500);
    digitalWrite(pulsador_continua, LOW);
    value = LOW;
}
// if (request.indexOf("/LED=OFF") != -1) {
//     digitalWrite(ledPin, LOW);
//     value = LOW;
// }
if (request.indexOf("/LED1=ON") != -1) {
    digitalWrite(pulsador_parada, HIGH);
    value1 = HIGH;
    delay(500);
    digitalWrite(pulsador_parada, LOW);
    value1 = LOW;
}
// if (request.indexOf("/LED1=OFF") != -1) {
//     digitalWrite(ledPin1, LOW);
//     value1 = LOW;
// }

if (request.indexOf("/Consulta") != -1) {

```

```

    if ( val_motor == HIGH){
        valfinal == HIGH;
    }

    if (val_motor == LOW){
        valfinal == LOW;
    }
}

// if (request.indexOf("/limon") != -1) {
//
//     if ( val_peso == HIGH){
//         valfinal1 == HIGH;
//     }
//
//     if (val_peso == LOW){
//         valfinal1 == LOW;
//     }
// }

// Set ledPin according to the request
//digitalWrite(ledPin, value);

// Return the response
client.println("HTTP/1.1 200 OK");
client.println("Content-Type: text/html");
client.println(""); // do not forget this one
client.println("<!DOCTYPE HTML>");
client.println("<html>");

```

```

client.print("<br>");

client.print("<h2>DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL POR LAZO CERRADO
PARA EL PROCESO DE SELECCIÓN Y EMPAQUETADO DE LIMONES UTILIZANDO COMUNICACIÓN LI-
FI </h2>");

// client.print("<br>");

/*****/

client.print("<h4>Estado de los limones: ");

if(val_peso == HIGH) {
    client.print("PESO MAYOR A 1 KG");
}

if (val_peso == LOW){
    client.print("PESO MENOR A 1 KG");
}

client.print("</h4>");

client.print("<h4>Estado de los motores");
client.println("<br><br>");
client.print("Motor de la faja: ");
if(val_motor == HIGH) {
    client.print("ENCENDIDO");
}

if (val_motor == LOW){
    client.print("APAGADO");
}

client.println("<br><br>");

```

```

client.print("Motor del ventilador: ");
if(val_motor == HIGH) {
    client.print("ENCENDIDO");
}
if (val_motor == LOW){
    client.print("APAGADO");
}
client.println("<br><br>");

client.print("Motor del cepillo: ");
if(val_motor == HIGH) {
    client.print("ENCENDIDO");
}
if (val_motor == LOW){
    client.print("APAGADO");
}

client.print("</h4>");

client.println("<a href=\"/limon\"><button>Consultar </button></a>");

// client.println("<br><br>");
//
// client.println("<a href=\"/limon\"><button>Consultar Peso </button></a>");

/*****/

client.println("<br><br>");

```

```

    client.print("Boton Inicia Proceso: ");
// if(value == HIGH) {
//   client.print("On");
// } else {
//   client.print("Off");
// }

    client.println("<br><br>");
    client.println("<a href=\\\"/LED=ON\\\"><button>INICIAR</button></a>");

    client.println("<br><br>");

    client.print("Boton Detiene Proceso: ");
//
// if(value1 == HIGH) {
//   client.print("On");
// } else {
//   client.print("Off");
// }

    client.println("<br><br>");
    client.println("<a href=\\\"/LED1=ON\\\"><button>DETENER</button></a>");
//
// client.println("<br><br>");
// client.print("Estado de los motores");
// client.println("<br><br>");
// client.print("Motor de la faja: ");
// if(val_motor == HIGH) {
//   client.print("ENCENDIDO");
// }
// if (val_motor == LOW){

```

```

// client.print("APAGADO");
// }
// client.println("<br><br>");
//
// client.print("Motor del ventilador: ");
// if(val_motor == HIGH) {
// client.print("ENCENDIDO");
// }
// if (val_motor == LOW){
// client.print("APAGADO");
// }
// client.println("<br><br>");
//
//client.print("Motor del cepillo: ");
// if(val_motor == HIGH) {
// client.print("ENCENDIDO");
// }
// if (val_motor == LOW){
// client.print("APAGADO");
// }
// client.println("<br><br>");
//
// client.println("<a href=\"/limon\"><button>Consultar Peso </button></a>");

// client.println("<br><br>");
//
// client.print("Estado de los limones: ");
//
// if(val_peso == HIGH) {

```

```
// client.print("PESO MAYOR A 1 KG");
// }
// if (val_peso == LOW){
// client.print("PESO MENOR A 1 KG");
// }
// client.println("<br><br>");
//
// client.println("<a href=\"/limon\"><button>Consultar Peso </button></a>");

client.println("</html>");

delay(1);
Serial.println("Client disconnected");
Serial.println("");

}
```

**Fuente: Elaboración propia**

## ANEXO 25 Código final del programa

```
// Incluimos la librería para poder controlar el servo
#include <Servo.h>

//Incluimos la libreria para poder controlar la balanza
#include "HX711.h"          // Biblioteca HX711

//Incluimos la libreria para poder controlar la pantalla LCD
#include <LiquidCrystal.h>

//-----
// ----- SENSOR DE COLOR -----
// Definiendo entradas del sensor de color
#define S0 8
#define S1 9
#define S2 12
#define S3 11
#define salidaSensor 10

// Para guardar las frecuencias de los fotodiodos
int frecuenciaRojo = 0;
int frecuenciaVerde = 0;
int frecuenciaAzul = 0;
int colorRojo;
int colorVerde;
int colorAzul;

// ----- SENSOR DE COLOR -----
//-----
```

```

// Entradas para el sensor de Ultrasonido
const int Trigger = 2; //Pin digital 2 para el Trigger del sensor
const int Echo = 3; //Pin digital 3 para el Echo del sensor

//Ledes
int motor_faja = 4; // Led del Motor de la faja
int motor_vent = 5; // Led del Motor ventilador
int motor_cep = 6; // Led del Motor del cepillo
int led_alarma = 7; // Led de la alarma
int led_color = 25; // Led que se activa con el piston
int led_pulsador = 26; // Led que se enciende con el pulsador de emergencia

//Ventilador
int ventilador = 22; // Ventilador
//int sensorPin = 7; // Sensor infrarojo

//Servomotor que representa el pistón eléctrico
Servo servoMotor; // Servomotor conectado al pin 7

// Entrada para el potenciometro
//const int analogPin = A1;
//int val; // variable que almacena la lectura analogica raw
//int position; // posición del potenciometro en tanto por ciento

//const int analogPin1 = A2; // Potenciometro de emergencia por Ultrasonido
//int val1; // variable que almacena la lectura analogica raw // Potenciometro de emergencia
por Ultrasonido
//int position; // posición del potenciometro en tanto por ciento

```

```

//Entrada para la Alarma que avisa que ya se llegó al 1 Kg
int alarma = 13; // Alarma

// Entradas para controlar el motor de la faja

int Motorfajapos = 14; // IN3 del L298 a pin 22
int Motorfajaneg = 15; // IN4 del L298 a pin 23

//Declarando pulsador 1
const int pulsador1 = 16;
int valpuls1 =0;

//Declarando pulsador 2
const int pulsador2 = 17;
int valpuls2 =0;

//*****Balanza*****

#define DOUT A1 // HX711 DATA OUT = pino A1 do Arduino
#define CLK A2 // HX711 SCK IN = pino A2 do Arduino
HX711 balanca; // define instancia balança HX711

float calibration_factor = 398530.00; // fator de calibração aferido na Calibração

//*****Balanza*****

boolean boleano = false;
int i = 0;

```

```

/**cepillo**
int cep_posi = 23;
int cep_neg = 24;

/**Pantalla LCD **
const int rs = 27, en = 28, d4 = 29, d5 = 30, d6 = 31, d7 = 32;
LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);

//Pistón eléctrico
int IN3 = 35;
int IN4 = 34;

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:

  Serial.begin(9600);//iniciailzamos la comunicación

  // ----- SENSOR DE COLOR -----
  //-----
  // Definiendo las Salidas
  pinMode(S0, OUTPUT);
  pinMode(S1, OUTPUT);
  pinMode(S2, OUTPUT);
  pinMode(S3, OUTPUT);

  // Definiendo salidaSensor como entrada
  pinMode(salidaSensor, INPUT);

  // Definiendo la escala de frecuencia a 20%

```

```

digitalWrite(S0,HIGH);
digitalWrite(S1,HIGH);
// ----- SENSOR DE COLOR -----
//-----

//-----SENSOR ULTRASONIDO-----
//-----

pinMode(Triquer, OUTPUT); //pin como salida
pinMode(Echo, INPUT); //pin como entrada
digitalWrite(Triquer, LOW);//Inicializamos el pin con 0
//-----SENSOR ULTRASONIDO-----
//-----

//-----LEDES -----
//-----

pinMode(motor_vent, OUTPUT); // Led del ventilador
pinMode(motor_cep, OUTPUT); // Led del cepillo
pinMode(motor_faja, OUTPUT); // Led de la faja
pinMode(led_alarma, OUTPUT); // Led de la alarma
pinMode(led_color, OUTPUT); // Led del sensor de color
pinMode(led_pulsador, OUTPUT);// Led del Pulsador
digitalWrite(led_color, LOW);
digitalWrite(led_pulsador, LOW);

//-----LEDES -----
//-----

//-----VENTILADOR-----
pinMode(ventilador, OUTPUT);
digitalWrite(ventilador, LOW);
//-----

```

```

//-----ALARMA-----
pinMode(alarma , OUTPUT); //definir pin como entrada
//-----

//-----Motores de la faja-----
pinMode (Motorfajapos, OUTPUT); // Input4 conectada al pin 4
pinMode (Motorfajaneg, OUTPUT); // Input3 conectada al pin 5

//-----Pulsadores-----
pinMode(pulsador1, INPUT);
pinMode(pulsador2, INPUT);

//-----BALANZA-----
//-----
balanca.begin(DOUT, CLK); // inicializa a balança
//Serial.println("Balança com HX711 - celula de carga 50 Kg");
//Serial.println("Pressione t para Tara"); // imprime no monitor serial
balanca.set_scale(calibration_factor); // ajusta fator de calibração
balanca.tare(); // zera a Balança
//-----
//-----BALANZA-----

//Pistón eléctrico
pinMode(cep_posi,OUTPUT);
pinMode(cep_neg,OUTPUT);

//Pantalla
// INDICAMOS QUE TENEMOS CONECTADA UNA PANTALLA DE 16X2
lcd.begin(16, 2);
lcd.home();

```

```

//-----Pistón eléctrico-----
//-----
pinMode (IN4, OUTPUT); // Input4 conectada al pin 4
pinMode (IN3, OUTPUT); // Input3 conectada al pin 5

digitalWrite (IN3, LOW);
digitalWrite (IN4, LOW);

//-----
//-----Pistón eléctrico-----

}

void loop() {
// put your main code here, to run repeatedly:

//*****COLOR*****
//*****

/*
// Definiendo la lectura de los fotodiodos con filtro rojo
digitalWrite(S2,LOW);
digitalWrite(S3,LOW);

// Leyendo la frecuencia de salida del sensor
frecuenciaRojo = pulseIn(salidaSensor, LOW);

// Mostrando por serie el valor para el rojo (R = Red)

```

```

Serial.print("R = ");
Serial.print(frecuenciaRojo);
delay(100);

// Definiendo la lectura de los fotodiodos con filtro verde
digitalWrite(S2,HIGH);
digitalWrite(S3,HIGH);

// Leyendo la frecuencia de salida del sensor
frecuenciaVerde = pulseIn(salidaSensor, LOW);

// Mostrando por serie el valor para el verde (G = Green)
Serial.print(" G = ");
Serial.print(frecuenciaVerde);
delay(100);

// Definiendo la lectura de los fotodiodos con filtro azul
digitalWrite(S2,LOW);
digitalWrite(S3,HIGH);

// Leyendo la frecuencia de salida del sensor
frecuenciaAzul = pulseIn(salidaSensor, LOW);

// Mostrando por serie el valor para el azul (B = Blue)
Serial.print(" B = ");
Serial.println(frecuenciaAzul);
delay(100);
*/

//-----CALIBRACIÓN-----
//-----

```

```
//
/*
// Definiendo la lectura de los fotodiodos con filtro rojo
digitalWrite(S2,LOW);
digitalWrite(S3,LOW);

// Leyendo la frecuencia de salida del sensor
frecuenciaRojo = pulseIn(salidaSensor, LOW);

// Mostrando por serie el valor para el rojo (R = Red)
Serial.print("R = ");
Serial.print(frecuenciaRojo);
delay(100);

// Definiendo la lectura de los fotodiodos con filtro verde
digitalWrite(S2,HIGH);
digitalWrite(S3,HIGH);

// Leyendo la frecuencia de salida del sensor
frecuenciaVerde = pulseIn(salidaSensor, LOW);

// Mostrando por serie el valor para el verde (G = Green)
Serial.print(" G = ");
Serial.print(frecuenciaVerde);
delay(100);

// Definiendo la lectura de los fotodiodos con filtro azul
digitalWrite(S2,LOW);
digitalWrite(S3,HIGH);

// Leyendo la frecuencia de salida del sensor
```

```

frecuenciaAzul = pulseIn(salidaSensor, LOW);

// Mostrando por serie el valor para el azul (B = Blue)
Serial.print(" B = ");
Serial.println(frecuenciaAzul);
delay(100);
*/
//-----CALIBRACIÓN-----
//-----

//-----MEJORANDO EL SENSOR DE COLOR-----
//-----

// Definiendo la lectura de los fotodiodos con filtro rojo
digitalWrite(S2,LOW);
digitalWrite(S3,LOW);

// Leyendo la frecuencia de salida del sensor
frecuenciaRojo = pulseIn(salidaSensor, LOW);

// Mapeando el valor de la frecuencia del ROJO (RED = R) de 0 a 255
// Usted debe colocar los valores que registro. Este es un ejemplo:
// colorRojo = map(frecuenciaRojo, 70, 120, 255,0);
colorRojo = map(frecuenciaRojo, 28, 44, 255,0);

// Mostrando por serie el valor para el rojo (R = Red)
Serial.print("R = ");
Serial.print(colorRojo);
delay(100);

// Definiendo la lectura de los fotodiodos con filtro verde
digitalWrite(S2,HIGH);

```

```

digitalWrite(S3,HIGH);

// Leyendo la frecuencia de salida del sensor
frecuenciaVerde = pulseIn(salidaSensor, LOW);

// Mapeando el valor de la frecuencia del VERDE (GREEN = G) de 0 a 255
// Usted debe colocar los valores que registro. Este es un ejemplo:
// colorVerde = map(frecuenciaVerde, 100, 199, 255,0);
colorVerde = map(frecuenciaVerde, 48, 68, 255,0);

// Mostrando por serie el valor para el verde (G = Green)
Serial.print("G = ");
Serial.print(colorVerde);
delay(100);

// Definiendo la lectura de los fotodiodos con filtro azul
digitalWrite(S2,LOW);
digitalWrite(S3,HIGH);

// Leyendo la frecuencia de salida del sensor
frecuenciaAzul = pulseIn(salidaSensor, LOW);

// Mapeando el valor de la frecuencia del AZUL (AZUL = B) de 0 a 255
// Usted debe colocar los valores que registro. Este es un ejemplo:
// colorAzul = map(frecuenciaAzul, 38, 84, 255, 0);
colorAzul = map(frecuenciaAzul, 27, 49, 255, 0);

// Mostrando por serie el valor para el azul (B = Blue)
Serial.print("B = ");
Serial.print(colorAzul);
delay(100);

```

```

// Comprobar cual es el color detectado y mostrarlo
// con un mensaje en el monitor serie

if(colorRojo > colorVerde && colorRojo > colorAzul){
    Serial.println(" - Detectado ROJO");
}
if(colorVerde > colorRojo && colorVerde > colorAzul){
    Serial.println(" - Detectado VERDE");
}
if(colorAzul > colorRojo && colorAzul > colorVerde){
    Serial.println(" - Detectado AZUL");
}

//-----MEJORANDO EL SENSOR DE COLOR-----
//-----

//*****COLOR*****
//*****

//-----
//-----Config. del UltraSonido-----

long t; //timepo que demora en llegar el eco
long d; //distancia en centimetros

digitalWrite(Tripulador, HIGH);
delayMicroseconds(10); //Enviamos un pulso de 10us

```

```

digitalWrite(Triquer, LOW);

t = pulseIn(Echo, HIGH); //obtenemos el ancho del pulso
d = t/59;           //escalamos el tiempo a una distancia en cm

//-----
//-----Config. del UltraSonido-----

//-----
//-----Ultrasonido detecta limón-----

if ( d>=3 && d<= 9) {

    inicio:

    Serial.println("Detecto Limón");
    digitalWrite(motor_faja, HIGH);
    Serial.println("Faja se mueve");
    digitalWrite(motor_vent, HIGH);
    digitalWrite(motor_cep, HIGH );
    digitalWrite(ventilador, HIGH);
    Serial.println("Cepillo se mueve");
    digitalWrite (Motorfajapos, LOW);
    digitalWrite (Motorfajaneg, HIGH);
    digitalWrite (cep_posi, HIGH);
    digitalWrite (cep_neg, LOW);

    //LCD
    lcd.print("Detecto Limon");
    delay(1000);

```

```

lcd.clear();

lcd.home();
lcd.print("Faja se mueve");
//lcd.clear();
lcd.setCursor ( 0, 1 );
lcd.print("Cepillo se mueve");
delay(1000);
lcd.clear();

booleano = true;

}

if(colorRojo > colorVerde && colorRojo > colorAzul) {

    //Serial.print("R = ");
    //Serial.print(frecuenciaRojo);
    //Serial.print(" G = ");
    //Serial.println(frecuenciaVerde);
    Serial.println("Limón malogrado");
    delay(100);
    digitalWrite(motor_faja, LOW);
    digitalWrite(motor_vent, LOW);
    digitalWrite(motor_cep, LOW);
    digitalWrite(ventilador, LOW);
    digitalWrite(cep_posi,LOW);
    Serial.println("Se detiene la faja y se bota el limón malogrado");
    Serial.println("Se acciono el pistón");
}

```

```

digitalWrite(led_color, HIGH);
delay(2000);
// Desplazamos a la posición 0°
//servoMotor.write(0);
digitalWrite(led_color,HIGH);
//lcd.clear();
//lcd.home();
//lcd.print("limón malogrado")
// Esperamos 1 segundo
//delay(500);
// Desplazamos a la posición 90°
//servoMotor.write(90);
// Esperamos 1 segundo
delay(500);
digitalWrite(motor_faja, HIGH);
digitalWrite(motor_vent, HIGH);
digitalWrite(motor_cep, HIGH);
digitalWrite(cep_posi,HIGH);
digitalWrite(ventilador, HIGH);
digitalWrite(led_color,LOW);
Serial.println("Se botó el limón, continua con el proceso");

//LCD
lcd.clear();
lcd.home();
lcd.print("Limon malogrado");
lcd.setCursor ( 0, 1 );
lcd.print("Bota limon");
delay(1000);
lcd.clear();
//i = 0;

```

```

        //goto color;
        piston();

    }

    if(colorVerde > colorRojo && colorVerde > colorAzul){

        //i==0;
        //Serial.println(i);
        //Serial.print(" G = ");
        //Serial.println(frecuenciaVerde);
        //Serial.print("R = ");
        //Serial.print(frecuenciaRojo);
        Serial.println("Limón bueno");
        lcd.clear();
        lcd.home();
        lcd.print("Limon bueno");

        //delay(1000);
        lcd.clear();
        //i==0;
        //goto color;
    }

```

```

if (balanca.get_units() >= 1) {

    Serial.println("La caja tiene más de 1KG");
    digitalWrite(alarma, HIGH);
    digitalWrite(motor_faja,LOW);
    digitalWrite(motor_vent, LOW);

```

```

digitalWrite(motor_cep, LOW);
digitalWrite(ventilador, LOW);
digitalWrite(cep_posi,LOW);
digitalWrite(led_alarma, HIGH);
Serial.println("Retire la caja y diga si quiere continuar el proceso");
digitalWrite (Motorfajaneg, LOW);

lcd.clear();
lcd.home();
lcd.print("Peso: ");
lcd.print(balanca.get_units(), 3);
lcd.print(" kg");
delay(1500);
lcd.clear();
lcd.home();
lcd.print("Si desea seguir");
lcd.setCursor ( 0, 1 );
lcd.print("Retire el peso");
delay(1000);
delay(500);

lcd.clear();
digitalWrite(alarma, LOW);
digitalWrite(led_alarma, LOW);

}

else {

digitalWrite(alarma, LOW);

```

```

}

//*****BALANZA*****
//*****

if (Serial.available())          // se a serial estiver disponivel
{
  char temp = Serial.read();      // le carcter da serial
  if (temp == 't' || temp == 'T') // se pressionar t ou T
  {
    balanca.tare();              // zera a balança
    Serial.println(" Balança zerada"); // imprime no monitor serial
  }
}

//*****BALANZA*****
//*****

// ORDEN PARA CONTROL DE LOS PULSADORES
valpuls1 = digitalRead(pulsador1); //lectura digital de pulsador 1
  if (valpuls1 == LOW) {
    //Serial.println("Pulsador 1 OFF");
  }
  else {
    //Serial.println("PULSDOR 1 ON");
    lcd.clear();
    lcd.home();
    lcd.print("Inicia de nuevo");
    lcd.setCursor ( 0, 1 );
    lcd.print("el proceso");

```

```
    delay(2000);  
    lcd.clear();  
    goto inicio;  
}
```

```
valpuls2 = digitalRead(pulsador2); //lectura digital de pulsador 1
```

```
if (valpuls2 == LOW) {  
    //Serial.println("PULSADOR 2 OFF");  
}
```

```
else {  
    //Serial.println("PULSADOR 2 ON");
```

```
    // Pantalla LCD
```

```
    lcd.clear();  
    lcd.home();  
    lcd.print("Parada de ");  
    lcd.setCursor ( 0, 1 );  
    lcd.print("Emergencia!!!");  
    delay(2000);  
    lcd.clear();
```

```
    digitalWrite(alarma, LOW);  
    digitalWrite(motor_faja,LOW);  
    digitalWrite(motor_vent, LOW);  
    digitalWrite(motor_cep, LOW);  
    digitalWrite(ventilador, LOW);  
    digitalWrite (Motorfajaneg, LOW);  
    digitalWrite (cep_posi, LOW);  
    digitalWrite(led_pulsador, HIGH);
```

```
        delay(2000);
        digitalWrite(led_pulsador, LOW);

    }

}

void piston(){

    digitalWrite (IN3, HIGH);
    digitalWrite (IN4, LOW);
    delay(1000);

    digitalWrite (IN3, LOW);
    digitalWrite (IN4, HIGH);
    delay(500);

    digitalWrite (IN3, LOW);
    digitalWrite (IN4, LOW);
    delay(2000);

    loop();
}
```

Fuente: Elaboración propia