

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Diseño de una máquina expendedora de componentes electrónicos para el
laboratorio de Sistemas Embebidos

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero en Electrónica y Automatización Industrial

Presentado por:

Fausto Marín Falquez

Richard Decimavilla Morán

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2022

DEDICATORIA

El presente proyecto es dedicado a nuestras respectivas familias, que siempre han estado apoyándonos incondicionalmente, sin importar las dificultades; también a los colegas y amigos que hemos hecho durante nuestra vida universitaria, destacando especialmente aquellos con los que hemos podido apoyarnos mutuamente durante la carrera.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro más sincero agradecimiento a nuestros profesores a lo largo de la carrera, aquellos que han dado lo mejor de sí para garantizarnos un aprendizaje de la más alta calidad, finalmente un agradecimiento a todo aquel que sienta interés por leer este trabajo de fin de grado.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Fausto Marín y Richard Decimavilla damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Fausto Marín



Richard Decimavilla

EVALUADORES

Ing. Dennys Cortez Alvarez

PROFESOR DE LA MATERIA

Ronald Solís M.
Ing. Ronald Solís Mesa

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo el diseño de una máquina expendedora de componentes electrónicos para el laboratorio de Sistemas Embebidos de la facultad de FIEC dentro de la ESPOL. Considerando la falta de una tienda de electrónica cerca del campus, se busca aliviar la necesidad que tienen los estudiantes de ESPOL para obtener los componentes electrónicos que requieren para sus aplicaciones de laboratorio.

Entre los factores que se consideraron para la solución, se tomó en cuenta el requerimiento de un suministro de componentes accesible que cuente con un sistema de control de inventario actualizado en tiempo real según el consumo del usuario. Para realizarlo, se implementó un sistema embebido conformado por una tarjeta de desarrollo ESP32, además de un selector múltiple de monedas, una pantalla LCD, un teclado matricial de membrana y motorreductores. Adicionalmente, se utilizaron conocimientos de IoT para establecer una red en la cual el cliente puede revisar el inventario de la máquina y solicitar componentes adicionales que requiera.

Se realizó una guía completa para la construcción de la máquina expendedora, la cual incluye: planos mecánicos, diagramas de conexiones eléctricas y electrónicas, códigos de programación, tabla de presupuestos y el diagrama correspondiente al funcionamiento de la máquina.

Se presenta el diseño de la máquina expendedora cumpliendo los requisitos del cliente brindándole acceso a una plataforma para la gestión de datos (dashboard) de su inventario, así como considerando las necesidades del usuario al facilitarle una forma de obtener sus componentes dentro del campus.

Palabras Clave: Máquina expendedora, componentes electrónicos, IoT, sistemas embebidos, dashboard.

ABSTRACT

The objective of this project is the design of a vending machine for electronic components for the Embedded Systems laboratory of the FIEC faculty within ESPOL. Considering the lack of an electronics store near campus, it seeks to alleviate the need for ESPOL students to obtain the electronic components they require for their laboratory applications.

Among the factors that were considered for the solution, the requirement of an accessible supply of components that has an inventory control system updated in real time according to user consumption was considered. To do this, an embedded system consisting of an ESP32 development card was implemented, in addition to a multiple coin selector, an LCD screen, a membrane matrix keyboard and geared motors. Additionally, IoT insights were used to establish a network where the customer can review the machine's inventory and request additional components as required.

A complete guide was made for the construction of the vending machine, which includes mechanical drawings, electrical and electronic connection diagrams, programming codes, budget table and the diagram corresponding to the operation of the machine.

The design of the vending machine meets the customer's requirements, providing access to a dashboard for monitoring its inventory, as well as considering the user's needs by providing a way to obtain its components within the campus.

Keywords: Vending machine, electronic components, IoT, embedded systems, dashboard.

ÍNDICE GENERAL

Contenido

EVALUADORES.....	5
RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS	VI
SIMBOLOGÍA	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE PLANOS.....	XI
CAPÍTULO 1.....	12
1. Introducción	12
1.1 Descripción del problema	13
1.2 Justificación del problema	13
1.3 Objetivos	14
1.3.1 Objetivo General	14
1.3.2 Objetivos Específicos	14
1.4 Marco teórico.....	14
1.4.1 <i>Fundamentos de las máquinas expendedoras</i>	14
1.4.2 Tipos de máquinas expendedoras	15
1.4.3 <i>Tecnología a utilizar para la elaboración del proyecto</i>	16
1.4.4 <i>Módulos utilizados en el proyecto</i>	17
CAPÍTULO 2.....	27
2. Metodología.....	27
2.1 Método de investigación-acción:	27

2.2 Desarrollo de las encuestas	28
2.3 Resultados de la encuesta:	29
2.4 Consideraciones para el diseño de la máquina expendedora	35
2.5 Esquematización del diseño de la máquina expendedora.....	36
2.6 Análisis del diagrama de estados.....	37
CAPÍTULO 3.....	39
3. Resultados Y ANÁLISIS	39
3.1 Requisitos eléctricos.....	39
3.1.1 Consumo de elementos que operan de forma continua.....	39
3.1.2 Consumo eléctrico de los controladores:	41
3.1.3 Consumo de elementos que operan durante la venta.....	42
3.1.4 Consumo eléctrico total:.....	43
3.1.5 Selección de conductores para cableado eléctrico/electrónico	44
3.2 Características de la máquina expendedora:	48
3.2.1 <i>Sistema de pago:</i>	48
3.2.2 <i>Conexión a la Red</i>	49
3.2.3 <i>Dashboard:</i>	49
3.2.4 <i>Interfaz de usuario:</i>	49
3.2.5 <i>Mecanismo para expender:</i>	49
3.2.6 <i>Sistema mecánico:</i>	50
3.2.7 <i>Sistema de aislamiento:</i>	50
3.2.8 <i>Diseño estético:</i>	50
3.3 Diseño electrónico.....	51
3.3.1 Conexión entre LCD y la tarjeta principal.	51
3.3.2 Conexión entre teclado y la tarjeta principal.....	51
3.3.3 Conexión entre el selector de monedas y la tarjeta principal.	52

3.3.4 Conexión entre el selector de relés y la tarjeta principal.	53
3.3.5 Conexión total del sistema.	54
3.2.6 Diagrama para la elaboración de la programación.....	55
Planos Mecánicos de máquina expendedora	60
CAPÍTULO 4.....	64
4. Conclusiones Y Recomendaciones	64
4.1 Conclusiones	64
4.2 Recomendaciones.....	66
BIBLIOGRAFÍA.....	67
2. Bibliografía.....	67
APÉNDICES.....	70

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FIEC	Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación
FIMCP	Facultad de Ingeniería en Mecánica y en Ciencias de la Producción
IoT	Internet of Things
CAD	Computer-Aided Design
LCD	Liquid Crystal Display
PWM	Pulse Width Modulation
SCL	System Clock
IDE	Integrated Development Environment
GPIO	General Purpose Input Output
RFID	Radio Frequency Identification
I2C	Inter Integrated Circuits
USB	Universal Serial Bus
PCB	Printed Circuit Board
DC	Direct Current
SPI	Serial Peripheral Interface
CPU	Central Processing Unit
RAM	Random Access Memory
SDA	System Data

SIMBOLOGÍA

mA	Miliamperios
V	Voltios
MΩ	Mega Ohms
mm	Milímetros
mV	Milivoltio
GB	Giga Byte
kB	Kilo Byte
GHz	Giga Herzio
W	Vatios
P	Potencia
I	Corriente

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. “Pinout de ESP32.”	18
Figura 1.2. “Pinout del LCD 16x2.”	19
Figura 1.3. “Pinout del módulo para interfaz I2C.”	20
Figura 1.4. “Pinout del teclado matricial 4x4.”	22
Figura 1.5. “Pinout del selector de monedas HX-916.”	23
Convertidor voltaje DC-DC STEP-DOWN 3A LM2596	23
Figura 1.6. “Pinout convertidor voltaje DC-DC STEP-DOWN.”	25
Figura 1.7. “Pinout convertidor voltaje DC-DC STEP-DOWN.”	26
Figura 2.1. “Facultades a las que pertenecen los participantes de la encuesta.”	29
Figura 2.2. “Semestres que están cursando los participantes de la encuesta.”	29
Figura 2.3. “Asistencia por parte de los encuestados a clases de laboratorio con modalidad presencial.”	30
Figura 2.4. “Materias con modalidad presencial que han tomado los encuestados.”	30
Figura 2.5. “Materias en las cuales los encuestados han realizado proyectos implementados en físico.”	31
Figura 2.6. “Porcentaje de encuestados que han comprado o no componentes electrónicos.”	31
Figura 2.7. “Lugares en donde los encuestados compran componentes electrónicos.”	32
Figura 2.8. “Porcentaje de encuestados que han comprado o no componentes electrónicos en “El Tallercito” de FIEC.”	32
Figura 2.9. “Importancia de poder adquirir componentes electrónicos dentro del campus según los encuestados.”	33
Figura 2.10. “Interés por parte de los encuestados de implementar la máquina expendedora en los laboratorios de FIEC.”	34
Figura 2.11. “Intención de uso de la máquina expendedora para adquirir componentes electrónicos por parte de los encuestados.”	34

Figura 2.12. “Diagrama de estados del funcionamiento de la máquina.”	37
Figura 3.1. “Tabla de conductores normalizados.”	45
Figura 3.2. “Ranuras incorporadas en máquina expendedora.”	50
Figura 3.3. “Conexiones LCD1602 y la tarjeta principal.”	51
Figura 3.4. “Conexiones entre teclado y PCB principal”.	52
Figura 3.5. “Conexión entre el selector de monedas y PCB principal”.	52
Figura 3.6. “Conexión entre el selector de relés y PCB principal”.	53
Figura 3.7. “Diagrama de conexiones.”	54
Figura 3.8. “Diagrama para la programación.”	55
Figura 3.9. “Vista frontal de material de máquina expendedora.”	56
Figura 3.10. “Parte inferior de máquina expendedora.”	56
Figura 3.11. “Material aislante en máquina expendedora.”	57
Figura 3.12. “Representación real del poliestireno extruido.”	57
Figura 3.13. “Zona de control de máquina expendedora.”	58
Figura 3.14. “Ranuras incorporadas en máquina expendedora.”	59
Figura 3.15. “Vista superior de ranuras.”	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. “Especificaciones técnicas de la ESP32.”	18
Tabla 1.2. “Especificaciones técnicas de la LCD 16x2.”	19
Tabla 1.3. “Especificaciones técnicas del Módulo adaptador lcd a i2c.”	20
Tabla 1.4. “Especificaciones técnicas del teclado matricial 4x4.”	21
Tabla 1.5. “Especificaciones técnicas del selector de monedas HX-916.”	22
Tabla 1.6. “Especificaciones técnicas del módulo LM2596s.”	24
Tabla 1.7. “Especificaciones técnicas del módulo de 8 relés.”	25
Tabla 3.1. “Alimentación Integrado de fuente conmutada.”	39
Tabla 3.2. “Alimentación Integrado LM2596S.”	40
Tabla 3.3. “Alimentación de comunicación y alimentación I2C con pantalla LCD.”	40
Tabla 3.4. “Alimentación teclado matricial 4x4.”	40
Tabla 3.5. “Alimentación selectora de monedas HX-916.”	41
Tabla 3.6. “Alimentación del controlador ESP-WROOM-32.”	41
Tabla 3.7. “Elementos del consumo eléctrico continuo total.”	41
Tabla 3.8. “Alimentación de motorreductores.”	42
Tabla 3.9. “Alimentación de módulos relés.”	43
Tabla 3.10. “Elementos del consumo eléctrico que se activan durante la venta.”	43
Tabla 3.11. “Elementos del consumo eléctrico total.”	43
Tabla 3.12. “Tabla de conductores seleccionados.”	46
Tabla 3.13. “Componentes para construcción de máquina expendedora.”	47
Tabla 3.14. “Componentes electrónicos que oferta la máquina expendedora.”	47

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1 Estructura base de máquina expendedora.....	57
PLANO 2 Estructura base de máquina expendedora.....	58
PLANO 3 Elementos de zona de productos.....	59
PLANO 4 Estructura de zona de productos.....	60

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

En la Escuela Superior Politécnica del Litoral ubicada en el Campus Gustavo Galindo Velasco, Km. 30.5 Vía Perimetral se encuentran disponibles carreras de electrónica con diferentes especializaciones, en las cuales en gran parte de las materias de cada rama existen proyectos a ser desarrollados y construidos por los estudiantes haciendo uso de componentes electrónicos y entre otros, los cuales se obtienen en las tiendas de electrónica ubicadas en las calles P. Icaza y Boyacá en la ciudad de Guayaquil. Esto conlleva a que los estudiantes se trasladen del campus hacia el centro de la ciudad para disponer de una gran variedad de componentes electrónicos para sus prácticas y requerir una determinada cantidad de cada elemento para realizar pruebas de estos antes de poder presentar sus trabajos.

Dichos materiales deberán ser adquiridos con anticipación por los alumnos debido al diseño del proyecto, se debe recalcar que, durante las pruebas de este, existirá la posibilidad de optimizar el funcionamiento del circuito cambiando uno o varios componentes determinados; de manera que será necesario que el estudiante requiera comprar componentes electrónicos adicionales.

Actualmente, por circunstancias de la pandemia causada por el virus SARS-COV-2 en el año 2020, la universidad no cuenta con una tienda de electrónica dentro o cerca del campus. Esto obliga a los estudiantes a obtener sus componentes en horarios en los cuales no se encuentran en la universidad, en algunos casos los locales ya no se encuentran atendiendo al público. Además, ocurre el caso en el que se requiere modificar ciertos dispositivos durante las pruebas del proyecto, y muchas veces en estas situaciones los alumnos no disponen de los componentes requeridos para realizar las mejoras del proyecto.

Por lo anteriormente mencionado, los estudiantes se encuentran sometidos a una serie de problemas como la interrupción de las pruebas de sus proyectos debido a la falta de los componentes electrónicos requeridos, necesidad de recorrer la ciudad en busca de las piezas para el proyecto, entre otros.

Dichos problemas pueden ser solucionados al otorgarle a los estudiantes un método para que puedan obtener sus componentes electrónicos dentro del campus.

1.1 Descripción del problema

Por lo expuesto anteriormente, los problemas que se ocasionan por conseguir componentes electrónicos fuera de la universidad conllevan al estudiante a gastar dinero y tiempo extra para el transporte, tiempo que es muy anhelado por los estudiantes para realizar las numerosas y respectivas pruebas de sus proyectos para lograr aprobar la materia que está relacionada al mismo. Para solucionar esto, los estudiantes designan a uno de ellos que cuente con el tiempo necesario para viajar a las tiendas electrónicas y pueda realizar todas las compras previamente enlistadas por ellos mismos. La universidad para alivianar esta necesidad estableció una pequeña despensa de componentes electrónicos dentro del campus junto al sitio llamado el “El Tallercito”, espacio en donde los estudiantes puedan construir y poner a prueba sus proyectos, pero esta solución necesita de personal disponible que este llevando el proceso de abastecer y llevar la contabilidad de la despensa electrónica.

1.2 Justificación del problema

La solución mejor analizada es la de establecer una máquina expendedora cerca de los laboratorios ya que esta no necesita de personal para el despacho de componentes, más que para el abastecimiento de esta, tampoco ocupa mucho espacio dentro de la universidad. Esta solución elimina el tiempo de traslado hacia las tiendas para conseguir los materiales electrónicos y mejorando el aprendizaje y persistencia de los estudiantes de la carrera.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar de una máquina expendedora con su respectivo prototipo basado en los diseños eléctricos, mecánicos y estructurales de modelos comerciales de golosinas, siguiendo las especificaciones del cliente para la venta de dispositivos electrónicos usados en los proyectos de la materia de Sistemas de Embebidos y afines, utilizando los conceptos de electrónica y automatización e internet de las cosas.

1.3.2 Objetivos Especificos

1. Realizar el estudio y análisis de los requerimientos solicitados por el cliente.
2. Esquematizar el sistema eléctrico-electrónico de la máquina expendedora utilizando sistemas embebidos e IoT.
3. Elaborar esquema mecánico y estructural de la máquina expendedora utilizando herramientas CAD.
4. Implementar maqueta para pruebas de concepto.
5. Diseñar el esquema eléctrico para la interconexión de los componentes electrónicos que conforman la máquina expendedora.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Fundamentos de las máquinas expendedoras

Una máquina expendedora, conocida como “Vending Machine” en inglés, es una máquina que tiene la capacidad de proveer un producto determinado al consumidor, sin necesidad de un operario. Se puede afirmar que la característica principal de una máquina expendedora es esta independencia de una persona que realice el cobro y la entrega del producto a ser expandido.

Inicialmente, estas máquinas eran utilizadas para la venta de alimentos y bebidas. Con el paso del tiempo se les ha ido otorgando más usos, y hoy en día se expenden todo tipo de productos; desde alimentos y bebidas frías o calientes,

hasta dispositivos electrónicos o cualquier artículo de tamaño pequeño como libros, cigarrillos, preservativos, etc.

1.4.2 Tipos de máquinas expendedoras

Las máquinas expendedoras pueden ser clasificadas principalmente en dos tipos:

1.4.2.1. Máquinas expendedoras mecánicas.

Este tipo de máquinas son caracterizadas por tener un funcionamiento exclusivamente mecánico, es decir, no utilizan componentes eléctricos ni electrónicos. Las limitaciones que presentan este tipo de máquinas son la razón por la cual han ido desapareciendo de manera progresiva del mercado. Un ejemplo clásico de una máquina expendedora mecánica es un dispensador de goma de mascar.

1.4.2.2. Máquinas expendedoras electrónicas

Actualmente, las máquinas expendedoras electrónicas son las que más se ven en el mercado. Su funcionamiento es gobernado por la programación interna y comportamiento de sus circuitos y componentes electrónicos. Estas máquinas requieren una alimentación de energía eléctrica para poder operar, pero su versatilidad justifica este requisito.

Entre sus ventajas podemos nombrar que: disponen de sistemas de cobro inteligentes, sensores que pueden determinar si el producto fue entregado, control de inventario de la máquina, entre otros beneficios.

1.4.3 Tecnología a utilizar para la elaboración del proyecto

1.4.3.1 Tecnología ESP32

La placa de desarrollo equipa el módulo ESP-WROOM-32 que contiene el microprocesador LX6 de 32 bits Tensilica Xtensa® Dual-Core. El ESP32 también admite Wifi Direct, que es una buena opción para la conexión entre pares sin la necesidad de un punto de acceso. El Wifi Direct es más fácil de configurar y las velocidades de transferencia de datos son mucho mejores que las de Bluetooth. (LastMinuteEngineers, 2022)

Además, entre sus especificaciones muestra una capacidad de 448 KB de ROM, 520 KB de SRAM y 4 MB de memoria Flash, para el almacenamiento de programas y datos, cantidades suficientes para superar las grandes cadenas que componen las páginas web, los datos JSON/XML y todos los dispositivos IoT lanzados hoy en día.

1.4.3.2 Tecnología Arduino

Arduino es el software de desarrollo para proyectos electrónicos y robóticos muy utilizado a nivel mundial debido a su facilidad de conexión y programación que agiliza el aprendizaje y uso de este en adición existe abundante documentación y múltiples aplicaciones.

1.4.3.3 Tecnología IoT

El internet de las cosas, o Internet of Things por sus siglas en inglés, incluye cualquier objeto o cosa que pueda conectarse a una red de internet, ya sea desde el equipamiento y transporte interno de una fábrica hasta dispositivos móviles inteligentes. Actualmente esta tecnología representa cosas conectadas que están equipadas con sensores, software y otras tecnologías que les permiten transmitir y recibir datos hacia y desde otras cosas.

Tradicionalmente, la conectividad se conseguía principalmente a través de Wi-Fi, mientras que hoy en día la 5G y otros tipos de plataformas de red son cada

vez más capaces de manejar grandes data sets con velocidad y confiabilidad. (Systemanalyse Programmentwicklung, s.f.)

Los dispositivos de IoT están potenciados para ver, captar y percibir información sin que exista una persona presente. Equipados con sensores, comparten los datos según lo indicado y los analiza para fundamentar y automatizar las acciones o decisiones posteriores.

Hay cuatro etapas clave en este proceso:

Capturar los datos. A través de sensores, los dispositivos de IoT capturan datos de sus entornos. Esto podría ser tan simple como la temperatura o tan complejo como un feed de video en tiempo real.

Compartir los datos. Usando las conexiones de red disponibles, los dispositivos de IoT hacen que estos datos sean accesibles a través de una nube pública o privada, según se indique

Procesar los datos. En este punto, el software se programa para que haga algo en base a esos datos –como encender un ventilador o enviar una advertencia–.

Actuar a partir de los datos. Se analizan los datos acumulados de todos los dispositivos de una red de IoT. Esto brinda información estratégica poderosa para fundamentar acciones y decisiones de negocio confiables. (Systemanalyse Programmentwicklung, s.f.)

1.4.4 Módulos utilizados en el proyecto

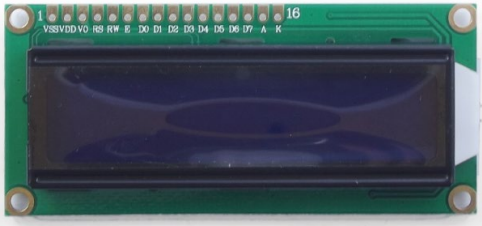
ESP32

Creado por Espressif Systems, la tarjeta ESP32 corresponde a una serie de microcontroladores que cuenta con módulos de bajo consumo de energía y de bajo costo; además cuenta con un sistema en chip, comunalmente conocido por sus siglas en inglés y posee WI-FI y Bluetooth integrados de forma dual. (Carmenate, 2020)

LCD 16x2

El Display LCD1602 permite mostrar texto/números/caracteres con ayuda de 2 filas y 16 columnas de dígitos alfanuméricos, funciona con el controlador interno HD44780, que es un integrado muy utilizado y para el cual existe amplia documentación. Para conectar la pantalla LCD a nuestro Arduino/PIC se necesitan 6 pines: 2 de control y 4 de datos. (Naylamp Mechatronics, 2017)

Tabla 1.2. “Especificaciones técnicas de la pantalla LCD 16x2.”

Voltaje de operación:	3.3V	
Interfaz de comunicación:	Paralelo 4 u 8 bits	
Color texto:	Blanco	
Backlight:	Azul	
Filas:	2	
Columnas:	16	
No incluye pines/headers		
Dimensiones pantalla:	64.5*14.5 mm	
Dimensiones externas:	80.0*36.0 mm	

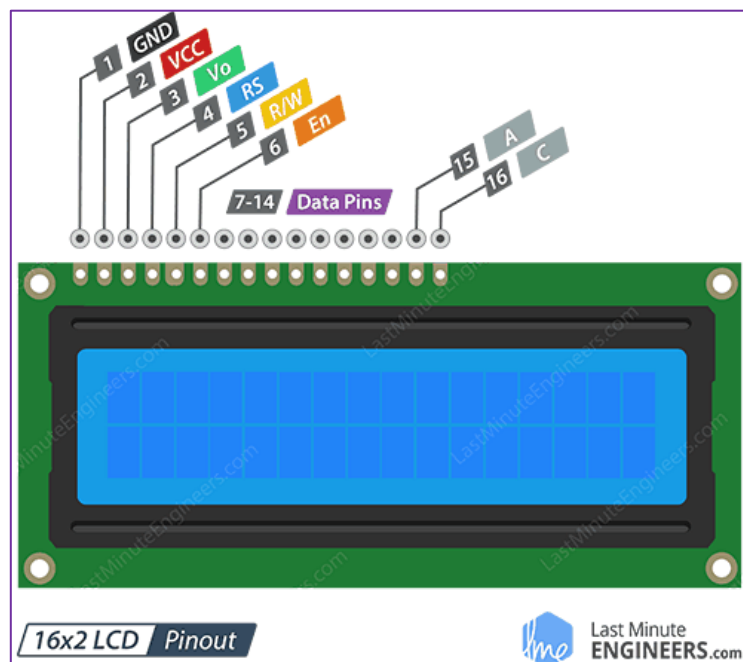


Figura 1.2. “Pinout del LCD 16x2.”

Módulo adaptador LCD a i2c

Este módulo permite manejar nuestro LCD utilizando solo 2 pines (SDA y SCL) a parte de los 2 pines de alimentación. El módulo es compatible con los LCDs: 1602 y 2004. Está basado en el integrado PCF8574 que es un expensor de salidas y entradas digitales controlado por I2C. Por el diseño del PCB este módulo se usa especialmente para controlar un LCD Alfanumérico. (Naylamp Mechatronics, 2017)

Tabla 1.3. “Especificaciones técnicas del Módulo adaptador LCD a i2c.”

Voltaje de alimentación:	5V DC	
Chip controlador:	PCF8574	
Compatible con el protocolo:	I2C	
Dirección I2C:	0x3F (en algunos modelos es 0x27)	
Jumper para luz de fondo		
Potenciómetro para ajuste de contraste:	Si	
Dimensiones:	80mm x 36mm	




Figura 1.3. “Pinout del módulo para interfaz I2C.”

Teclado matricial 4x4 - tipo membrana

El teclado matricial 4x4, como se indica tiene cuatro filas y cuatro columnas, que brindan en total 16 botones de plástico brinda la posibilidad de interactuar con el usuario como una entrada. Este teclado está compuesto por pulsadores ubicados como matriz ubicados en las filas y columnas L (1-2-3-4) y C (1-2-3-4) respectivamente. Esta distribución permite reducir el número de pines que intervienen en la conexión, de forma que, a pesar de tener 16 teclas, el microcontrolador solo necesitaría 8 pines para la conexión; por esta razón debe utilizar la técnica de barrido para la lectura del botón o tecla pulsada, y no solo hacer la lectura de un pin del microcontrolador. (Naylamp Mechatronics, 2016)

Tabla 1.4. “Especificaciones técnicas del teclado matricial 4x4.”

Cantidad de botones:	16 en distribuidos en una matriz de 4 filas x 4 columnas
Tipo de teclado:	membrana
Resistencia:	Agua y el polvo
Tiempo de rebote (Bounce time):	≤5 ms
Máximo voltaje operativo:	24 V DC
Máxima corriente operativa:	30 mA
Resistencia de aislamiento:	100 MΩ
Voltaje que soporta el dieléctrico:	250 VRMS (@ 60Hz, por 1 min)
Expectativa de vida:	1.000.000 de operaciones
Dimensiones teclado:	69*77 mm
Cable de cinta:	plana de 8.5 cm de largo aprox.
Conector tipo:	DuPont hembra de una fila y 8 contactos
Temperatura de operación:	0 a 50 °C

A photograph of a 4x4 matrix keypad. The keypad is square-shaped with a black plastic frame. It features 16 keys arranged in a 4x4 grid. The keys are color-coded: the top row has red keys with letters 'A', 'B', 'C', 'D'; the second row has blue keys with numbers '1', '2', '3', '4'; the third row has blue keys with numbers '5', '6', '7', '8'; and the bottom row has red keys with symbols '*', '0', '#', '3'. A white ribbon cable is attached to the bottom of the keypad, ending in a black DuPont connector with 8 pins.

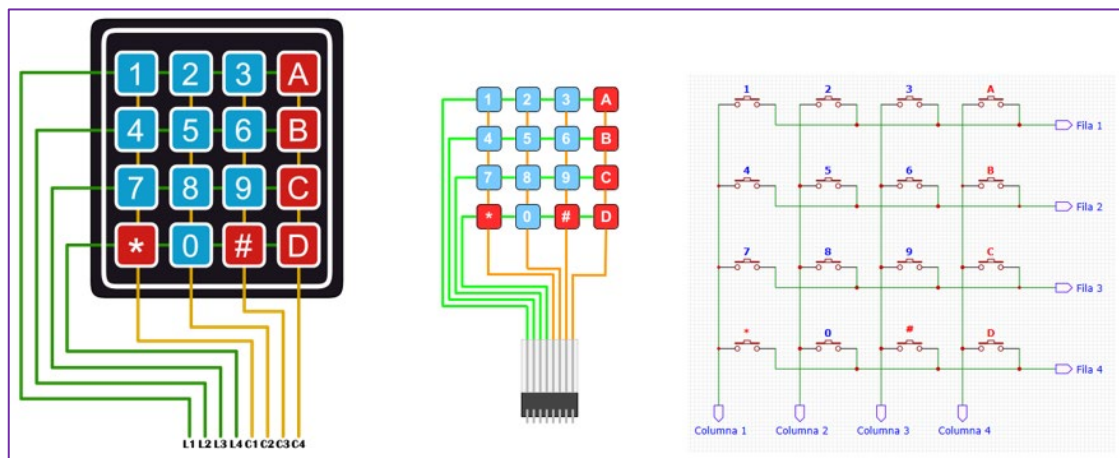


Figura 1.4. “Pinout del teclado matricial 4x4.”

Selector de monedas HX-916

El selector puede detectar hasta 6 tipos de monedas programables. Puede ser utilizado de forma sencilla cualquier placa electrónica que admita lectura de señales analógicas.

El selector utiliza variables como: diámetro, peso y velocidad de caída de la moneda para determinar la validez de la moneda previamente registrada. Internamente el selector analiza las variables y mediante un algoritmo estadístico determina la validez de la moneda. Se puede seleccionar varios niveles de precisión para hacer más o menos sensible el proceso. (Naylamp Mechatronics, 2021)

Tabla 1.5. “Especificaciones técnicas del selector de monedas HX-916.”

Modelo:	HX-916	
Voltaje de alimentación:	12 V DC	
Corriente en espera:	20 mA	
Corriente de trabajo:	350 mA	
Diámetro de la moneda:	15 mm ~ 29 mm	
Espesor de la moneda:	1.8 mm ~ 2.8 mm	
Cantidad de monedas programables:	6	
Señal de salida:	De pulso	

Tasa de precisión de identificación:	95%	
Humedad de trabajo:	< 95%	
Tiempo de identificación:	< 0.6 s	
Humedad de trabajo:	< 95%	
Tiempo de identificación:	< 0.6 s	
Material:	Plástico	
Incluye cable de conexión	Sí	
Dimensiones caja:	143*124*70 mm	
Peso:	255 gramos	

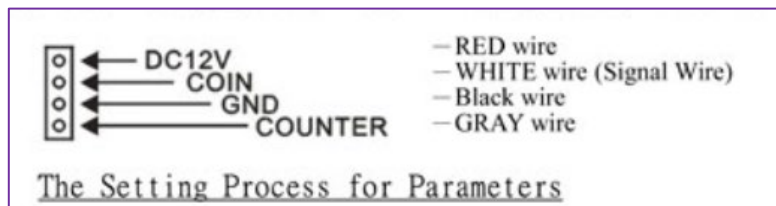
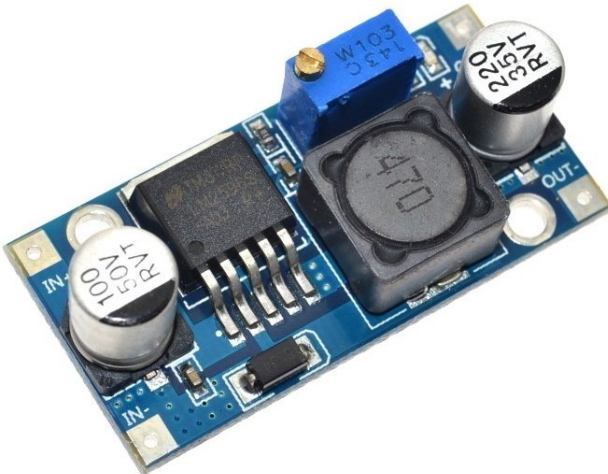


Figura 1.5. “Pinout del selector de monedas HX-916.”

Convertidor voltaje DC-DC STEP-DOWN 3A LM2596

El LM2596 es un convertidor de voltaje DC-DC que tiene como función principal entregar un valor constante de voltaje inferior al de la entrada frente a un valor variable de carga o de entrada. Entre sus valores operativos de tienen los siguientes: Corriente máxima de salida igual a 3A, rango de voltaje que puede ingresar entre 4.5V y 40V y el rango de voltajes que arroja en su salida varía entre 1.23V y 37V, que como se indicó son valores menores al del rango de entrada. Para seleccionar el voltaje de salida de hace uso de un potenciómetro multivuelta. (Naylamp Mechatronics, 2021)

Tabla 1.6. “Especificaciones técnicas del módulo LM2596s.”

Modelo:	LM2596s	
Voltaje de entrada:	4.5 V a 40 V DC	
Voltaje de salida:	1.23 V a 37 V DC	
Potencia de salida:	25 W	
Eficiencia de conversión:	92%	
Frecuencia de Trabajo:	150 kHz	
Ripple en la salida:	30 mV (máx.) 20M bandwidth	
Protección de sobre-temperatura:	Sí (apaga la salida)	
Protección de corto circuito:	Sí (hasta 5 A)	
Protección limitadora de corriente:	Sí	
Protección frente a inversión de polaridad:	No	
Dimensiones:	<ul style="list-style-type: none"> • 43 mm*21 mm*13 mm 	

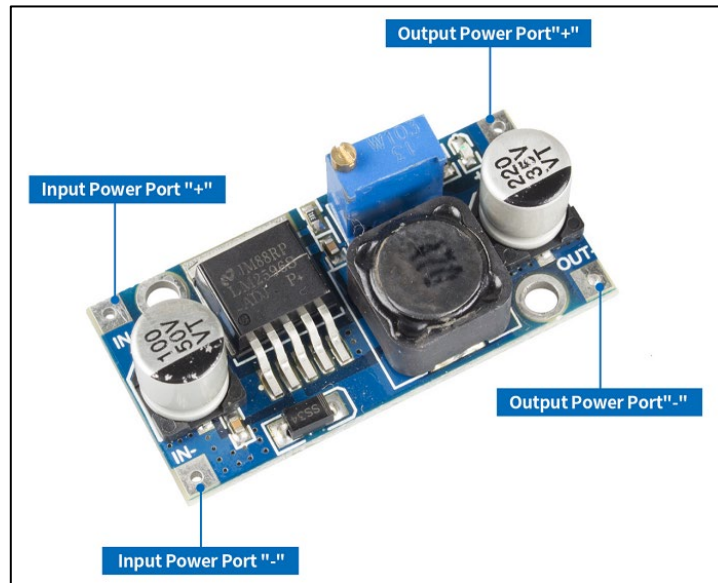


Figura 1.6. “Pinout convertidor voltaje DC-DC STEP-DOWN.”


Módulo relé 8CH 5VDC.

El módulo seleccionado posee 8 relés, siendo este el más adecuado por la cantidad de motores presentes en la máquina expendedora. Estos relés son de alta calidad y pueden soportar cargas que no sobrepasen los 250V a 10 A. Entre las características de esos módulos se evidencia la presencia de un aislamiento eléctrico por cada canal, que utiliza un optoacoplador y un LED que trabaje como un indicador de estado.

Su diseño permite trabajar con diferentes sistemas como: Arduino, Raspberry Por, ESP8266, entre otros. En la configuración de este módulo relé el 0 lógico, que corresponde a 0 voltios, activa la salida normalmente abierta y el 1 lógico, que corresponde a 5 voltios, desactiva la salida. Es recomendable utilizar la función Millis() en reemplazo de la función Delay() como timers en la programación respectiva, ya que la segunda función mencionada impide que el sistema opere durante el cambio del valor lógico que recibe el relé. (Mechatronics, 2021)

Tabla 1.7. “Especificaciones técnicas del módulo de 8 relés.”

Modelo:	SRD-05VDC-SL-C	
Voltaje de operación	5 V DC	
Señal de Control:	TTL (3.3V o 5V)	

Nº de relés (canales):	8 CH	
Capacidad máx:	10A/250VAC, 10A/30VDC	
Corriente máx:	10 A (NO), 5 A (NC)	
Tiempo de acción:	10 ms / 5 ms	
Para activar salida NO:	0 V	
Entradas optoacopladas		
Indicadores LED de activación		

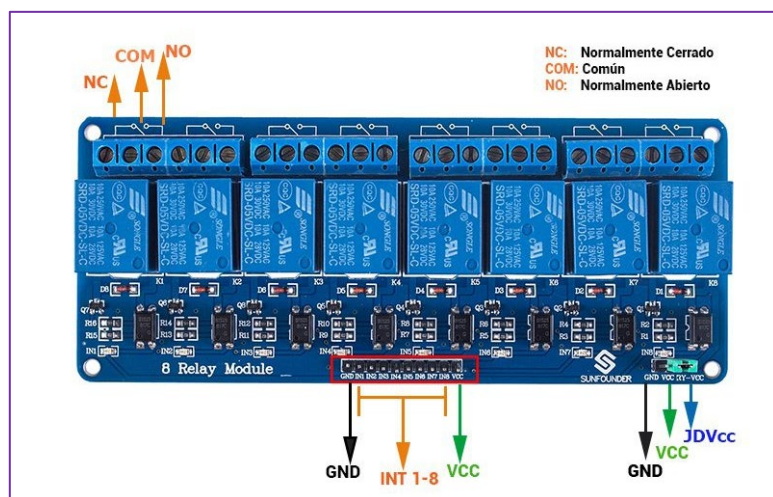


Figura 1.7. “Pinout convertidor voltaje DC-DC STEP-DOWN.”

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

Al momento de desarrollar un proyecto de nivel universitario es importante considerar el enfoque y la metodología de investigación que serán utilizados en la elaboración de este. Hay dos principales tipos de enfoques de proyecto, el cuantitativo y el cualitativo. El cuantitativo presenta cuatro alternativas de metodologías: el método descriptivo, de observación, experimental y el hipotético-deductivo. Por otro lado, el enfoque cualitativo presenta dos principales métodos de investigación: el método de investigación-acción, y el método de estudio de casos. A continuación, se explicará con detalle las consideraciones para elegir el enfoque y la metodología adecuada para un proyecto.

2.1 Método de investigación-acción:

Esta metodología toma un enfoque cualitativo, es decir, no tiene como objetivo principal la recolección de datos para realizar un análisis estadístico. Lo que se busca lograr con este método es presentar una solución a una problemática social o necesidad, la solución va dirigida a un grupo de individuos o usuarios en caso de que el proyecto sea la elaboración de un servicio o dispositivo. Este grupo puede ser una comunidad, una organización, una empresa, etc.

La metodología utilizada para el desarrollo de este proyecto tiene un enfoque cualitativo y se basa en el método de investigación-acción; este es ideal en situaciones en las que se busca encontrar una solución a una problemática o necesidad. La problemática que se está abordando en este trabajo es la necesidad por parte de los estudiantes de la facultad de FIEC de ESPOL de poder adquirir componentes electrónicos para sus proyectos y prácticas de laboratorio de manera inmediata y dentro del campus universitario.

Para solucionar esto, se propuso el diseño de una máquina expendedora de componentes electrónicos que sería ubicada en el laboratorio de Sistemas Embebidos para el uso de los alumnos y profesores que requieran comprar piezas

para sus proyectos. Para poder cumplir con la necesidad de este proyecto, se lo ha seccionado en las siguientes etapas:

- Realizar encuestas a estudiantes de diferentes carreras donde se involucran prácticas que necesiten componentes electrónicos, con el objetivo de conocer el grado de aceptación de la propuesta para la solución del problema.
- Establecer los requisitos que debe cumplir la máquina expendedora de componentes electrónicos.
- Esquematar el diseño electrónico de la máquina expendedora.
- Determinar costos para la implementación de la máquina expendedora de componentes electrónicos.

2.2 Desarrollo de las encuestas

La aplicación de esta metodología se identifica desde el diagnóstico de la situación. Se comenzó formulando el problema y recolectando datos a partir de encuestas realizadas a un nicho específico, en este caso estudiantes de diferentes carreras donde se involucran prácticas que necesiten componentes electrónicos; esta encuesta se realizó con el objetivo de conocer el grado de aceptación de la propuesta de solución del problema, así como los componentes de mayor necesidad para la comunidad ya especificada. Para hacerle llegar la encuesta a la audiencia requerida, se envió el enlace a varios grupos de Whatsapp de las materias que contienen laboratorios donde se realicen proyectos que ocupen componentes electrónicos incorporados en ellos. El trabajo de campo se llevó a cabo tras dialogar con profesores de las materias involucradas.

Además de revisar antecedentes como actividades que se realizaban en semestres anteriores que intentaban resolver esta problemática, como lo fue "El Tallercito", que era un pequeño puesto en la universidad donde se podían adquirir estos componentes electrónicos; sin embargo, se identificaron las limitantes de esta propuesta y se contrastó con la solución presentada en este proyecto.

2.3 Resultados de la encuesta:

A continuación, se muestran los datos más relevantes obtenidos de la encuesta realizada a los estudiantes de la ESPOL:

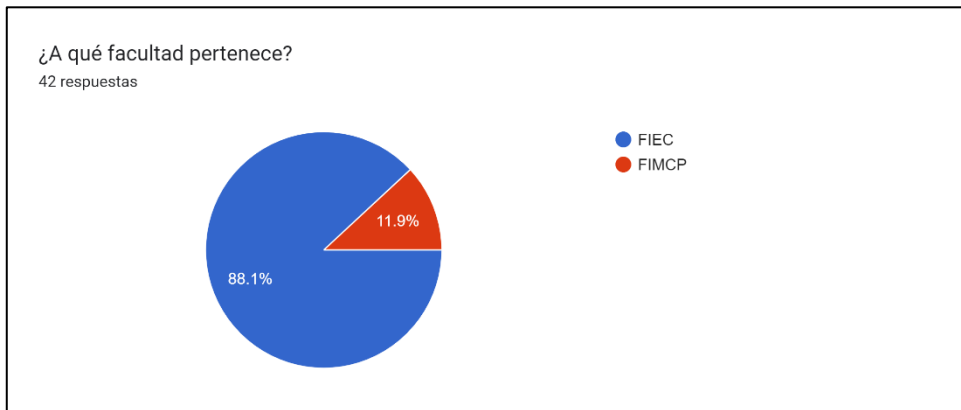


Figura 2.1. “Facultades a las que pertenecen los participantes de la encuesta.”

En el gráfico de la figura 2.1 se observa que la encuesta se focalizó en estudiantes de las facultades de FIEC y de FIMCP, ya que en estas se realizan proyectos que cuentan con componentes electrónicos. Como era de esperarse, la mayoría de los encuestados pertenecen a la facultad FIEC.

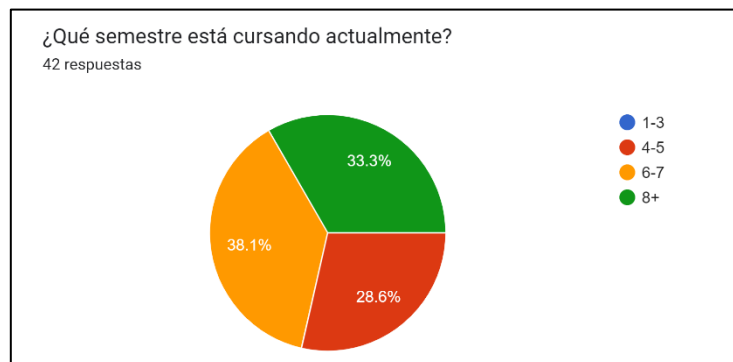


Figura 2.2. “Semestres que están cursando los participantes de la encuesta.”

La figura 2.2 muestra que gran parte de los estudiantes que participaron en la encuesta se encuentran en 6to semestre en adelante, con un 28,6% de ellos cursando 4to y 5to semestre. Ninguno de los que respondieron forman parte de los primeros 3 semestres de universidad, lo que es de esperarse porque es dichos semestres aún no se ven materias donde se utilicen componentes electrónicos.

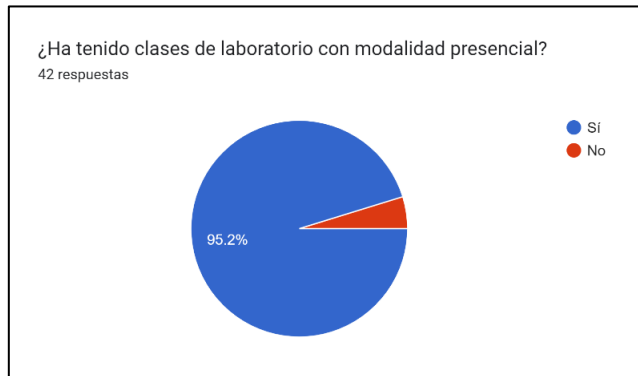


Figura 2.3. “Asistencia por parte de los encuestados a clases de laboratorio con modalidad presencial.”



Figura 2.4. “Materias con modalidad presencial que han tomado los encuestados.”

Debido a que actualmente se retomaron las clases presenciales en la ESPOL, esto lo demuestra la figura 2.3 con un gráfico que muestra que el 95,2% de los encuestados han asistido a clases de laboratorio de manera presencial. Adicionalmente, se preguntó cuáles han sido las materias que se han tomado con modalidad presencial. Se listaron como opciones de la pregunta perteneciente a la figura 2.4 las materias que contienen proyectos en los que se utilizan componentes electrónicos, tales como: Análisis de redes eléctricas, Sistemas digitales I, Sistemas digitales II, Principios de electrónica, Aplicaciones electrónicas y Sistemas embebidos. Cabe recalcar, que el enfoque principal de este proyecto es que la máquina contenga lo necesario para poder realizar las prácticas de laboratorio y proyectos de curso de la materia de Sistemas embebidos.

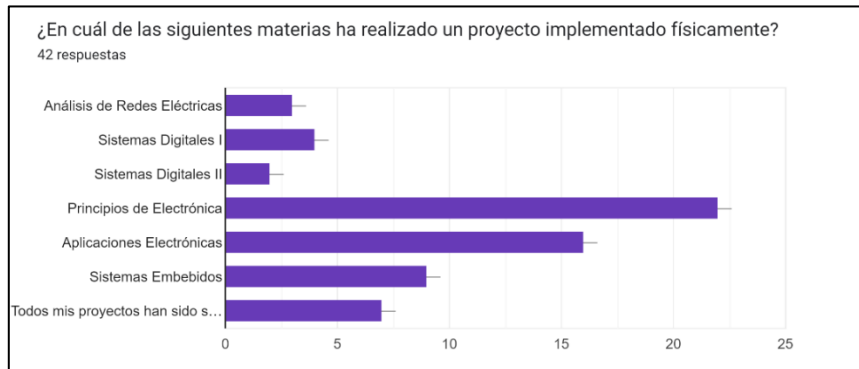


Figura 2.5. “Materias en las cuales los encuestados han realizado proyectos implementados en físico.”

Similarmente, se realizó una pregunta que incluye las materias mencionadas anteriormente, pero el enfoque de esta es conocer en cuales asignaturas se realizaron proyectos con implementación física. El gráfico de barras de la figura 2.5 muestra que la mayoría de los estudiantes han realizado proyectos para su materia de Principios de electrónica, seguida de la asignatura Aplicaciones electrónicas; la opción con el menor número de selecciones es para Sistemas Digitales II. La diversidad en las opciones y los altos rangos entre las alternativas se atribuye a los niveles de semestre por el cual están cursando los estudiantes. Al haber una gran cantidad de alumnos cursando del 6to semestre en adelante, es natural que gran parte de los encuestados han cursado las materias de electrónica de manera presencial con proyectos realizados implementados en físico.

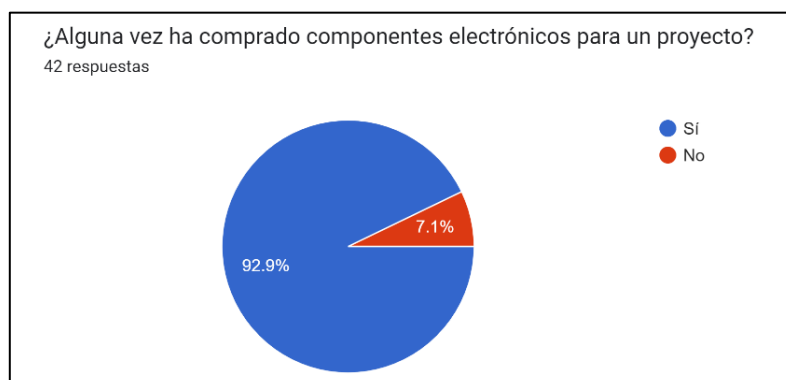


Figura 2.6. “Porcentaje de encuestados que han comprado o no componentes electrónicos.”

Como se evidenció en la pregunta anterior, la mayoría de los encuestados han desarrollado proyectos que han tenido que implementar físicamente para sus materias de laboratorio, por lo tanto, era de esperarse que la gran mayoría de ellos hayan realizado la compra de componentes electrónicos en algún momento de su vida académica, como lo muestra la figura 2.6.

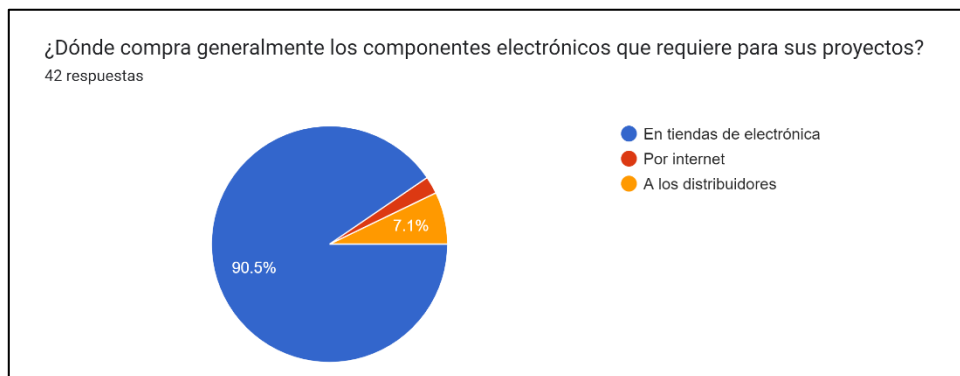


Figura 2.7. “Lugares en donde los encuestados compran componentes electrónicos.”

Además de conocer si los estudiantes han tenido la necesidad de comprar componentes electrónicos, es importante saber por qué medios suelen adquirirlos; se presentaron como opciones por medio de tiendas de electrónica, por internet, y directamente a los distribuidores de dichos componentes. En la figura 2.7 se observa que la mayor parte, con un 90,5%, adquiere sus elementos electrónicos en tiendas especializadas, la siguiente opción más seleccionada fue comprarlos directamente a los distribuidores con un valor de 7,1%, y finalmente, solo el 2,4% de los encuestados adquieren sus componentes electrónicos por medio de internet.

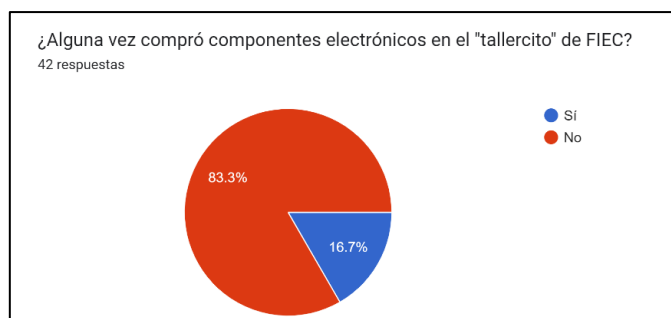


Figura 2.8. “Porcentaje de encuestados que han comprado o no componentes electrónicos en “El Tallercito” de FIEC.”

Se consideró importante conocer que cantidad de alumnos han obtenido anteriormente sus componentes electrónicos en “El Tallercito” que solía haber en la FIEC. Se observa en la figura 2.8 que el 83,3% de los participantes de la encuesta nunca han comprado dichos elementos en la tienda mencionada, la razón de esto es que “El Tallercito” está cerrado desde finales del año 2019 cuando empezó la pandemia a causa del virus SARS-COV-2, y continúa inhabilitada hasta el día de hoy. En las respuestas de la encuesta se pudo evidenciar que la mayoría de los alumnos que respondieron que sí, están cursando desde el semestre 8 en adelante.

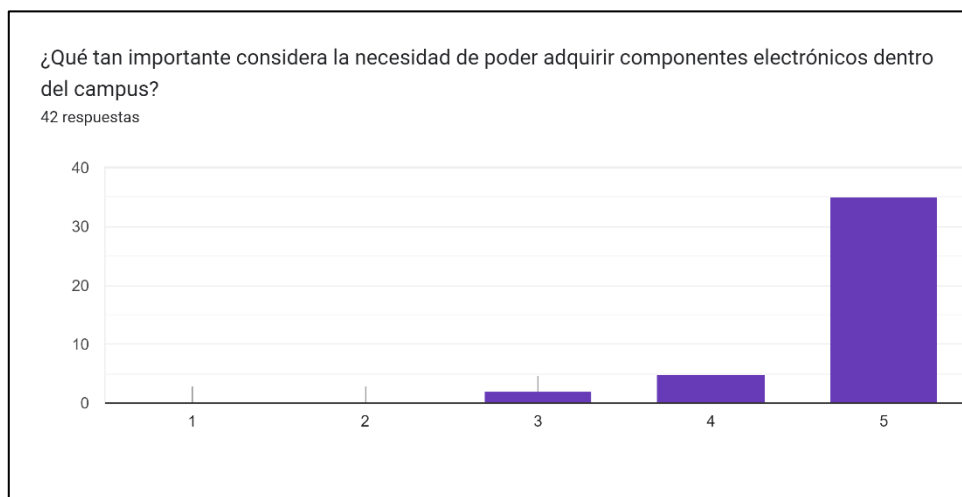


Figura 2.9. “Importancia de poder adquirir componentes electrónicos dentro del campus según los encuestados.”

Para medir la importancia que le dan los estudiantes de ESPOL a tener un medio para conseguir piezas para sus proyectos dentro del campus, se solicitó a los encuestados que indiquen que tan primordial es la necesidad de adquirir componentes en la universidad. La figura 2.9 muestra que 35 respuestas indicaron que es totalmente necesario disponer de dicho medio. Esto reafirma la hipótesis establecida de que la falta de un método para comprar los componentes en el campus es un problema.



Figura 2.10. “Interés por parte de los encuestados de implementar la máquina expendedora en los laboratorios de FIEC.”

Se decidió incluir preguntas para medir el interés de los estudiantes de ESPOL en cuanto al proyecto en mención. Las respuestas obtenidos fuero mayormente positivas, con un 97,6% de los encuestados a gusto con la idea de implementar una máquina expendedora de componentes electrónicos en los laboratorios de FIEC, como se puede evidenciar en la figura 2.10.



Figura 2.11. “Intención de uso de la máquina expendedora para adquirir componentes electrónicos por parte de los encuestados.”

Similarmente, se realizó una pregunta en la cual se mide la intención por parte de los alumnos de utilizar dicha máquina, en caso de que requieran adquirir piezas para sus proyectos de las materias de laboratorio. De igual manera, la figura 2.11

muestra que el 97,6% de los participantes de la encuesta afirman que harían uso de la máquina en caso de requerirla.

2.4 Consideraciones para el diseño de la máquina expendedora

Es necesario tomar en cuenta ciertos aspectos para la elección definitiva del diseño de la máquina expendedora:

Primero se escogerán los módulos electrónicos que puedan imitar la interfaz-usuario y sistema de despacho del producto de una máquina expendedora básica de uso comercial. Seguidamente se buscará una tarjeta de desarrollo que cuente con tecnología IoT para usarla como tarjeta de principal que pueda interconectarse con los módulos que conforman el HMI y el sistema de control de despacho de la máquina expendedora.

Adicionalmente la programación se escogerá la que presente menor grado de complejidad debido a que se deberán interconectar varios módulos electrónicos y así disminuir considerablemente la cantidad de líneas de programación y pruebas de funcionamiento del proyecto.

Es importante conocer la cantidad de objetos diferentes que serán ofrecidos por la máquina, esta información es requerida debido a que definirá el número de espacios que se tendrán, así como el número de motores necesarios. Para esta parte, se realizó una reunión con el jefe de laboratorio de la materia de Sistemas Embebidos y se listaron los componentes electrónicos más esenciales. Adicionalmente, se realizó una encuesta a los estudiantes de las facultades FIEC y FIMCP para determinar qué elementos electrónicos consideran los estudiantes como fundamentales de poder adquirir en el campus, además se midió su interés en cuanto a la idea de implementar la máquina expendedora en mención.

Otro aspecto fundamental es determinar cuál sería el sistema de pago más apropiado, existen dos opciones principales: la primera consiste en un sistema de pago tradicional, es decir, con dinero en efectivo; esto se lograría instalando un

selector de monedas electrónico, el cual sirve para reconocer los distintos tipos de monedas e interpretar su valor.

La siguiente opción consiste en utilizar un sistema de pago con un módulo RFID, para que los pagos puedan realizarse por medio de una tarjeta magnética acercándola a un módulo lector que se implementaría en la parte frontal de la máquina expendedora. La identificación de cada tarjeta sería única para cada estudiante que solicita una, y el saldo se podría recargar utilizando el mismo selector de monedas de la máquina expendedora.

Finalmente se diseñaron 2 placas de circuito impresas (PCB) para facilitar las conexiones entre los módulos además de la ubicación de estos en la máquina.

2.5 Esquemmatización del diseño de la máquina expendedora

La máquina expendedora contará con una pantalla LCD que permitirá al usuario ver el menú con las opciones disponibles a realizar tales como: comprar, recargar, seleccionar y despachar. Esta pantalla LCD estará acoplada a un módulo convertidor I2C para reducir el número de pines de conexión y facilitar la comunicación de la pantalla LCD con la ESP32, a su vez se tendrá un teclado matricial de 4x4 que también se conectará al controlador. Seguidamente se tendrá un método de pago mediante un sistema de créditos utilizando un selector de monedas electrónico. El usuario deberá colocar monedas en el selector de monedas HX-916 previamente configurado para aceptar monedas validas, según la moneda o cantidad de monedas colocadas, este último enviará una cantidad de pulsos digitales hacia un pin GPIO de la tarjeta microcontroladora principal la cual conectada a la tarjeta ESP32 realizará la acreditación de saldo correspondiente al usuario.

La máquina contará con motores acoplados a los slots que contendrán a los productos a despachar, dichos motores estarán conectados a módulos de 8 relés,

los cuales permitirán el paso de voltaje hacia los motores cuando estos deban ser accionados por el microcontrolador.

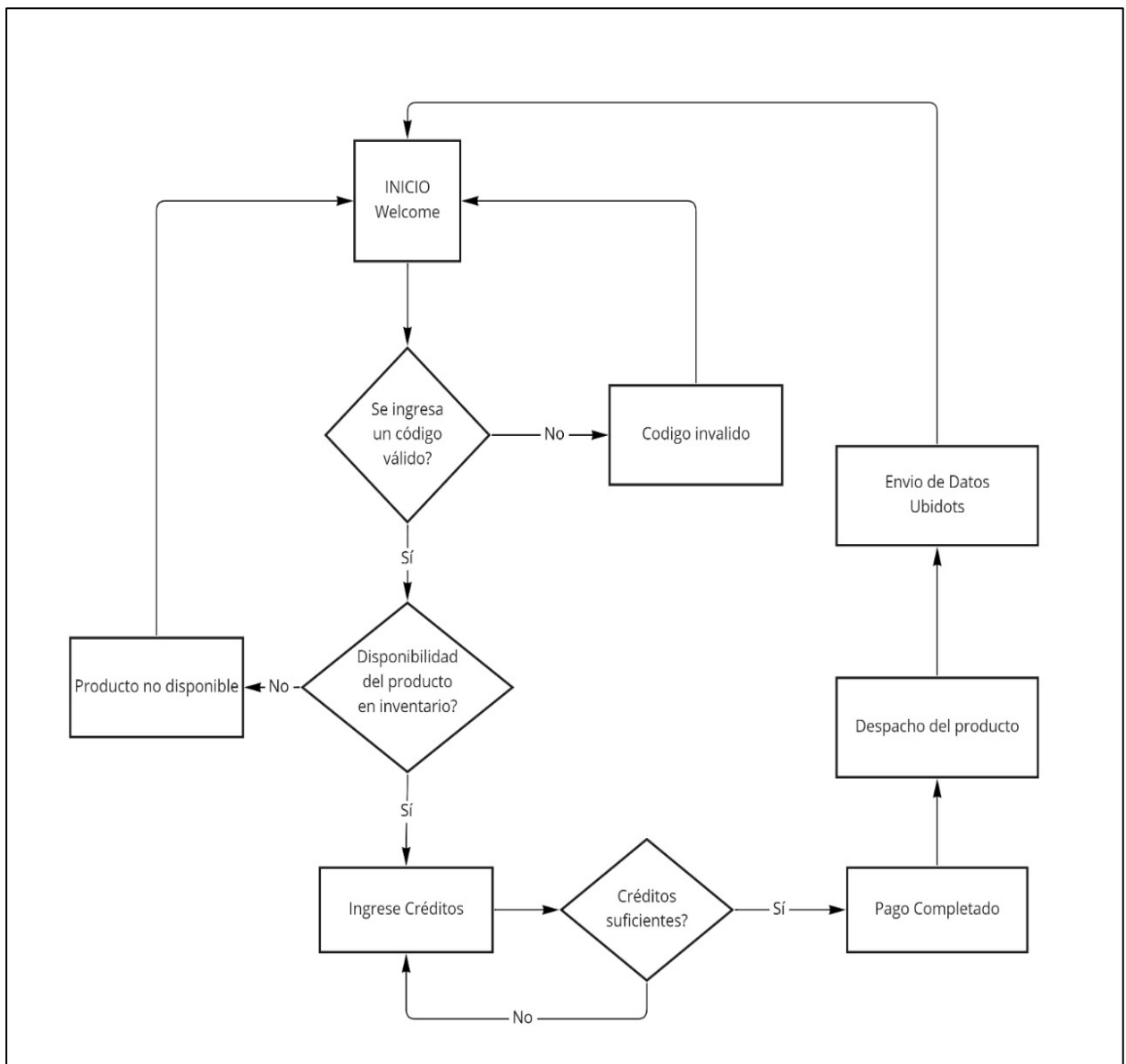


Figura 2.12. “Diagrama de estados del funcionamiento de la máquina.”

2.6 Análisis del diagrama de estados.

Como se observa en la figura 2.12, inicialmente la pantalla LCD1602 le mostrará al usuario un mensaje de bienvenida, seguido de un mensaje que muestra: “Presione cualquier tecla”. En este punto, el usuario deberá pulsar cualquier tecla del teclado

matricial para que la pantalla LCD1602 le solicite al usuario que introduzca el código correspondiente del producto que quiera comprar, cabe mencionar que los productos están etiquetados del 0 al 23. Una vez que el usuario digite un código válido, se le mostrará por pantalla el valor de créditos que cuesta el producto y la cantidad de créditos ingresados. Cuando la cantidad de créditos ingresados sea igual a la cantidad de créditos que corresponde al precio del producto, se completará el pago. Para incrementar los créditos disponibles del usuario, este deberá insertar monedas en el selector de monedas, el cual vendrá preconfigurado de tal manera que se registren seis monedas diferentes con su respectiva equivalencia en créditos. Una vez que se complete el pago, entra en funcionamiento el selector de relés que consiste en una PCB diseñada a partir del integrado CD4017, el cual es un decodificador decimal. Esta PCB tiene como objetivo activar el relé correspondiente al producto seleccionado por el usuario, de tal manera que el motor conectado a dicho relé accionará el sistema espiral para el despacho del producto. Finalmente, se le mostrará al usuario mediante la pantalla LCD el siguiente mensaje: “Gracias por su compra”.

Como función secundaria, la ESP32, además de controlar todo el sistema de compra y pago, también se encargará de enviar el inventario disponible en la máquina expendedora hacia la plataforma Ubidots para tener un monitoreo de las ventas realizadas.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Requisitos eléctricos

Al tratarse de una máquina vending, comúnmente conocida como máquina expendedora, su eficiencia energética es un factor muy importante para considerar; estos equipos se encuentran enchufados las 24 horas del día, los 7 días correspondientes a la semana, de forma que anualmente suelen ocupar un consumo medio de energía de 27 kWh.

Se revisó la Norme Técnica Ecuatoriana NTE INEN 3098 de voltajes normalizados de sistemas de suministro eléctrico para el diseño de equipos y sistemas, donde se especifica el voltaje monofásico de 110 Vac con una frecuencia nominal de 60 Hz presente en los tomacorrientes a nivel nacional.

Dicha alimentación de 110 Vac será la alimentación principal de la máquina, pero debido a que esta contiene componentes adicionales que trabajan con voltajes menores, será necesario implementar fuentes adicionales que regulen el voltaje para entregar los valores de tensión adecuados y evitar daños en los elementos.

3.1.1 Consumo de elementos que operan de forma continua

Fuente de alimentación:

Consta de una fuente de poder conmutada de 12[V] y 21[A].

Tabla 3.1. “Alimentación Integrado de fuente conmutada.”

Especificaciones:	Descripción:
Entrada:	110-240 Vac
Salida:	12 Vdc a 21 A
Potencia:	250 W máximo
Potenciómetro:	De ajuste de voltaje para calibración
Borneras:	De conexión para múltiples tomas
Carcasa:	Metálica aislada

Incluimos las potencias de aquellos elementos que se encuentran conectados a esta fuente, tales como:

- Integrado LM2596S: Es un circuito integrado que permite regular el voltaje de entrada de un circuito; al ser un regulador conmutado, posee una eficiencia mayor en comparación con los reguladores lineales. Se maneja con los circuitos datos de operación: (Semiconductor Components Industries, 2008)

Tabla 3.2. “Alimentación Integrado LM2596S.”

Especificaciones:	Descripción:
Rango de operación:	1.23 V – 37 V
Voltaje de salida:	Ajustable por el usuario vía potenciómetro de precisión
Tensión de entrada:	4 a 40 V
Corriente máxima de salida:	3 A

- Módulo I2C: Bus de comunicaciones que utiliza dos líneas para enviar y recibir información. Permite manejar la pantalla LCD 16x2. Los pines que se deben conectar en este conjunto son los siguientes:

Tabla 3.3. “Alimentación de comunicación y alimentación I2C con pantalla LCD.”

Comunicación del módulo I2C con pantalla LCD 16x2	
Pines	Descripción
VCC (Voltaje de funcionamiento)	Alimentación de 5 Vdc
GND	Referencia negativa
SDA	Pin de datos
SCL	Pin de señal de reloj

- Teclado Matricial 4x4: Este teclado matricial tipo membrana posee las siguientes especificaciones técnicas de alimentación:

Tabla 3.4. “Alimentación teclado matricial 4x4.”

Especificaciones:	Descripción:
Voltaje máximo operativo:	24 Vdc
Máxima corriente operativa:	30 mA
Rango operativo con microcontroladores:	3.3 V o 5 V

- Selector de monedas HX-916: Brinda la capacidad de cobro por monedas, para integrarlo al proyecto se necesita una fuente de 12 V y una entrada digital con interrupción. El selector de monedas HX-916 es ampliamente utilizado en máquinas expendedoras y cuenta con las siguientes especificaciones técnicas:

Tabla 3.5. “Alimentación selectora de monedas HX-916.”

Especificaciones:	Descripción:
Voltaje de alimentación:	12 Vdc
Corriente en espera:	20 mA
Corriente de trabajo:	350 mA

3.1.2 Consumo eléctrico de los controladores:

- ESP-WROOM-32: Puede alimentarse del puerto micro USB o utilizar una fuente externa de 3.3V. En este caso se utiliza una fuente externa regulada por el circuito integrado LM2596S.

Tabla 3.6. “Alimentación del controlador ESP-WROOM-32.”

Especificaciones:	Descripción:
Voltaje de alimentación:	5.0 Vdc
Voltaje lógico entradas/salidas (GPIO):	3.3 V
Frecuencia de reloj:	240 MHz
Corriente de operación:	80 mA (Fuente superior a 500 mA)

Para este módulo es recomendable colocar un capacitor de 100uF en paralelo con la fuente de alimentación, para poder filtrar ciertos picos de corriente.

Tabla 3.7. “Elementos del consumo eléctrico continuo total.”

Elementos:	Voltaje directo (Vdc):	Corriente (A):	Potencia (W):
Fuente de alimentación:	12.00	0.10	1.20
Regulador de voltaje LM2596S:	5.00	0.01	0.05
Selector de monedas:	12.00	0.02	0.24
ESP-WROOM-32:	5.00	0.18	0.90
Tira LED:	12	1.50	18.00

Total:			20.39
---------------	--	--	-------

El teclado matricial al poseer un consumo mínimo, no se considera dentro de los cálculos mencionados.

3.1.3 Consumo de elementos que operan durante la venta

- Motores reductores: 24 motorreductores distribuidos de forma equitativa entre 3 módulos de relés.

Tabla 3.8. “Alimentación de motorreductores.”

Especificaciones:	Descripción:
Velocidad:	23 RPM
Corriente:	280 mA
Potencia:	3.5 W
Torque:	17 kgf*cm
Voltaje directo:	12 V

Se calculó la potencia total consumida por los motorreductores a partir de la potencia propia del motorreductor y la cantidad de estos elementos, como se muestra a continuación:

$$P_{TMR} = P_{mr} * Cant_{mr} \quad (3.1)$$

Donde:

$$P_{TMR} = \text{Potencia total de los motores reductores}$$

$$P_{mr} = \text{Potencia del motorreductor igual a } 3.5W$$

$$Cant_{mr} = \text{Cantidad de motorreductores operando} = 1$$

Se considera la cantidad de motorreductores operando igual a 1, ya que, estos serán activados de forma individual. Por lo tanto, se obtuvo como potencia total consumida por los motorreductores igual a:

$$P_{TMR} = 3.5 W * 1 = 3.5 W \quad (3.2)$$

- Módulos Relés JQC-3FF-S-Z: Estos módulos permiten la activación de los motorreductores a su voltaje directo correspondiente de 12 Vdc. Se cuenta con 3 módulos de relés de 8 canales que equivalen a los 24 motorreductores planteados inicialmente.

Tabla 3.9. “Alimentación de módulos relés.”

Especificaciones:	Descripción:
Potencia:	0.36 W
Corriente:	71.40 mA
Voltaje directo:	5.00 V

La ecuación para el cálculo de la potencia consumida por los relés es similar a la utilizada por los motorreductores, involucra la cantidad de relés y su potencia correspondiente:

$$P_{TR} = P_r * Cant_r \quad (3.3)$$

Donde:

$$P_{TR} = \text{Potencia total de los relés}$$

$$P_r = \text{Potencia del relé igual a } 0.36W$$

$$Cant_r = \text{Cantidad de relés operando} = 1$$

Se considera la cantidad de relés operando igual a 1, ya que, estos serán activados de forma individual. Bajo este supuesto se obtuvo como potencia total consumida por los motorreductores el siguiente valor:

$$P_{TMR} = 0.36 W * 1 = 0.36 W \quad (3.4)$$

Tabla 3.10. “Elementos del consumo eléctrico que se activan durante la venta.”

Elementos:	Voltaje directo (Vdc):	Corriente (A):	Potencia (W):
Motorreductores:	12	0.2800	3.50
Módulos relé:	5	0.0714	0.36
Total:			3.86

3.1.4 Consumo eléctrico total:

Tabla 3.11. “Elementos del consumo eléctrico total.”

Elementos:	Voltaje directo (Vdc):	Corriente (A):	Potencia (W):
Fuente de alimentación:	12.00	0.1000	1.20
Regulador de voltaje LM2596S:	5.00	0.0100	0.05
Selector de monedas:	12.00	0.0200	0.24
Fuente ESP-WROOM-32:	5.00	0.1800	0.90
Tira LED:	12.00	1.5000	18.00
Motorreductores:	12.00	0.2800	3.50
Módulos relé:	5.00	0.0714	0.36
Consumo Total:			24.25

3.1.5 Selección de conductores para cableado eléctrico/electrónico

Al tratarse de un proyecto con una etapa electrónica, es necesario definir el cableado que va a utilizarse para la conexión y alimentación de los distintos módulos y dispositivos de la máquina expendedora. A continuación, se muestra la tabla de conductores normalizados:

Número AWG	Diámetro (mm)	Sección (mm ²)	Número espiras por cm.	Kg. por Km.	Resistencia (Ohm/Km.)	Capacidad (A)
0000	11,86	107,2			0,158	319
000	10,40	85,3			0,197	240
00	9,226	67,43			0,252	190
0	8,252	53,48			0,317	150
1	7,348	42,41		375	1,40	120
2	6,544	33,63		295	1,50	96
3	5,827	26,67		237	1,63	78
4	5,189	21,15		188	0,80	60
5	4,621	16,77		149	1,01	48
6	4,115	13,30		118	1,27	38
7	3,665	10,55		94	1,70	30
8	3,264	8,36		74	2,03	24
9	2,906	6,63		58,9	2,56	19
10	2,588	5,26		46,8	3,23	15
11	2,305	4,17		32,1	4,07	12
12	2,053	3,31		29,4	5,13	9,5
13	1,828	2,63		23,3	6,49	7,5
14	1,628	2,08	5,6	18,5	8,17	6,0
15	1,450	1,65	6,4	14,7	10,3	4,8
16	1,291	1,31	7,2	11,6	12,9	3,7
17	1,150	1,04	8,4	9,26	16,34	3,2
18	1,024	0,82	9,2	7,3	20,73	2,5
19	0,9116	0,65	10,2	5,79	26,15	2,0
20	0,8118	0,52	11,6	4,61	32,69	1,6
21	0,7230	0,41	12,8	3,64	41,46	1,2
22	0,6438	0,33	14,4	2,89	51,5	0,92
23	0,5733	0,26	16,0	2,29	56,4	0,73
24	0,5106	0,20	18,0	1,82	85,0	0,58
25	0,4547	0,16	20,0	1,44	106,2	0,46
26	0,4049	0,13	22,8	1,14	130,7	0,37
27	0,3606	0,10	25,6	0,91	170,0	0,29
28	0,3211	0,08	28,4	0,72	212,5	0,23
29	0,2859	0,064	32,4	0,57	265,6	0,18
30	0,2546	0,051	35,6	0,45	333,3	0,15
31	0,2268	0,040	39,8	0,36	425,0	0,11
32	0,2019	0,032	44,5	0,28	531,2	0,09
33	0,1798	0,0254	56,0	0,23	669,3	0,072
34	0,1601	0,0201	56,0	0,18	845,8	0,057
35	0,1426	0,0159	62,3	0,14	1069,0	0,045
36	0,1270	0,0127	69,0	0,10	1338,0	0,036
37	0,1131	0,0100	78,0	0,089	1700,0	0,028
38	0,1007	0,0079	82,3	0,070	2152,0	0,022
39	0,0897	0,0063	97,5	0,056	2696,0	0,017
40	0,0799	0,0050	111,0	0,044	3400,0	0,014
41	0,0711	0,0040	126,8	0,035	4250,0	0,011
42	0,0633	0,0032	138,9	0,028	5312,0	0,009
43	0,0564	0,0025	156,4	0,022	6800,0	0,007
44	0,0503	0,0020	169,7	0,018	8500,0	0,005

Figura 3.1. “Tabla de conductores normalizados.”

Tomando en consideración la figura 3.1, y debido a que las pruebas iniciales se las hicieron con cables jumper, se optó por utilizar un cable que tenga mejores características, siendo así el cable de 22 AWG debido a su calibre y su capacidad de manejar corrientes hasta 1 Amperios, por lo tanto, se dimensionaron los conductores de la siguiente forma:

Tabla 3.12. “Tabla de conductores seleccionados.”

Sección de cableado	Corriente (A)	Conductor AWG seleccionado	Diámetro del conductor (mm)
Cableado de alimentación de la fuente	3.28 A	Conductor 16 AWG	1.2910
Cableado de motorreductores	1.00 A (considerando los picos máximos de arranque)	Conductor 22 AWG	0.6438
Cableado de LCD	0.20 A	Conductor 22 AWG	0.6438
Cableado de regulador de voltaje LM2596S	1.00 A	Conductor 22 AWG	0.6438
Cableado de selector de monedas	0.30 A	Conductor 22 AWG	0.6438
Cableado de Módulo I2C	0.30 A	Conductor 22 AWG	0.6438

Una vez determinados los objetivos principales de este proyecto, la gama de elementos necesarios para la implementación del esquema tanto mecánico como electrónico de esta máquina expendedora, y la metodología óptima seleccionada para su correcto desarrollo, se procedió a analizar la viabilidad económica y la accesibilidad de su tecnología.

En el capítulo de metodología se identificó un gran porcentaje de aceptación por parte de los posibles consumidores, en este caso, los estudiantes de la ESPOL del área de ingeniería, de forma más específica, que cursan la materia de Sistemas Embebidos.

Para ello se creó un inventario o base de datos donde se plantearon los costos tanto de los elementos electrónicos para el diseño de la máquina, como de los instrumentos electrónicos que ofrecería este producto.

Tabla 3.13. “Componentes para construcción de máquina expendedora.”

Tabla de componentes:			
Componente:	Cantidad:	Precio/unidad:	Total:
Tarjeta de desarrollo ESP32	1	\$13.00	\$ 13.00
Pantalla LCD1602	1	\$5.00	\$ 5.00
Teclado matricial	1	\$2.50	\$ 2.50
Fuente conmutada	1	\$12.00	\$ 12.00
Selector de monedas	1	\$49.00	\$ 49.00
Regulador de voltaje LM2596s	2	\$4.50	\$ 9.00
Module relé 8 Canal	3	\$10.00	\$ 30.00
Motor reductor	24	\$6.50	\$ 156.00
Optoacoplador PC817	6	\$0.40	\$ 2.40
Resistor 1k	10	\$0.10	\$ 1.00
Resistor 10k	1	\$0.10	\$ 0.10
Conector 2 canales	38	\$0.15	\$ 5.70
Conector de 3 canales	1	\$0.30	\$ 0.30
Cable 22 AWG	40	\$0.75	\$ 30.00
Decodificador decimal CD4017	3	\$1.50	\$ 4.50
		Suma Total:	\$ 320.50

Tabla 3.14. “Componentes electrónicos que oferta la máquina expendedora.”

Conjunto:	Componentes:	Precio/ Componente:	Precio Tentativo/ Package:
Paquete 1	Mini protoboard de 170 puntos	\$ 1.00	\$ 1.00
Paquete 2	Protoboard de 400 puntos	\$ 4.50	\$ 4.50
Paquete 3	Pila de 9[V]+conector	\$ 2.80	\$ 2.80
Paquete 4	Arduino Nano	\$ 9.00	\$ 9.00
Paquete 5	DIP switches 4 canales	\$ 0.25	\$ 0.50
	DIP switches 4 canales	\$ 0.25	
Paquete 6	Tubo estaño 17 gramos	\$ 2.50	\$ 2.50
Paquete 7	Pasta para soldar 25 gramos	\$ 1.25	\$ 1.25
Paquete 8	Servomotor SG90	\$ 4.00	\$ 4.00
Paquete 9	Display 7 segmentos	\$ 0.30	\$ 1.00
	Decodificador BCD a 7 segmentos 74LS47	\$ 0.70	
Paquete 10	Módulo relé 2 canales 5[V]in	\$ 2.20	\$ 2.25
Paquete 11	Teclado membrana	\$ 2.25	\$ 2.25
Paquete 12	Tarjeta de desarrollo ESP32	\$ 13.00	\$ 13.00
Paquete 13	Encoder rotativo Ky040	\$ 1.75	\$ 1.75

Paquete 14	RFID kit RC522	\$ 5.00	\$ 5.00
Paquete 15	Alambre Estañado 1 m rojo	\$ 0.25	\$ 0.50
	Alambre Estañado 1 m negro	\$ 0.25	
Paquete 16	Pantalla LCD1602	\$ 5.00	\$ 5.00
Paquete 17	Módulo I2C PCF8574	\$ 3.00	\$ 3.00
Paquete 18	Bornera 2 Canales x3	\$ 0.45	\$ 1.00
	Bornera 3 Canales x1	\$ 0.30	
Paquete 19	Compuerta lógica "or" SN74LS32N	\$ 0.75	\$ 1.50
	Compuerta lógica "and" SN74LS08N	\$ 0.75	
Paquete 20	Compuerta lógica "xor" SN74LS86N	\$ 0.75	\$ 1.50
	Compuerta lógica "not" SN74LS04N	\$ 0.75	
Paquete 21	Sensor ultrasónico	\$ 2.75	\$ 2.75
Paquete 22	Sensor de temperatura LM35	\$ 1.50	\$ 2.75
	Sensor infrarrojo CNY70	\$ 1.25	
Paquete 23	Pulsadores x3	\$ 0.30	\$ 1.00
	LEDs x3	\$ 0.15	
	Resistor 1kΩ x3	\$ 0.30	
Paquete 24	Pinza para microcorte	\$ 5.00	\$ 5.00

3.2 Características de la máquina expendedora:

Tomando en consideración la tabla 3.14, se establecieron 24 paquetes de productos con una capacidad de 15 unidades cada uno, por lo que la máquina tendrá un total de 24 Slots para almacenar dichos productos.

Además, en el diseño de una máquina expendedora se toman en cuenta diversos factores tanto funcionales como técnicos. Entre estos factores se encuentran:

3.2.1 Sistema de pago:

Se utiliza un selector de monedas electrónico que es capaz de reconocer hasta 6 monedas diferentes, este es configurado de tal forma que cada moneda envía una cantidad determinada de pulsos, los cuales son recibidos por la parte de control y este interpreta los pulsos como valores establecidos para realizar el cálculo del saldo del usuario con el costo del producto.

3.2.2 **Conexión a la Red**

Se utilizará una tarjeta de desarrollo que posea principalmente Wi-Fi para que la máquina pueda conectarse a internet y así poder enviar datos a una plataforma para que el operario pueda supervisar las ventas realizadas. Además, esta tarjeta será el sistema principal para permitir la comunicación entre sus módulos.

3.2.3 **Dashboard:**

Este recurso permite llevar un registro del inventario de la máquina en tiempo real, es decir, se presenta el nombre del producto y la cantidad de este, que se actualiza según las compras que realice el usuario.

3.2.4 **Interfaz de usuario:**

La interfaz HMI contará con una pantalla LCD que presenta un mensaje de bienvenida y se le solicita al usuario presionar cualquier tecla. Se procede con la solicitud del código del producto que el usuario requiera, se verifica la existencia del código presentado, y se confirma que aún se cuente con unidades de dicho producto. Una vez terminado el proceso de verificación, se presenta un mensaje con el costo del producto.

3.2.5 **Mecanismo para expender:**

Se utilizará un el mecanismo más básico y común para el despacho de productos, siendo así, el sistema de espirales, el cual consiste en un motor DC acoplado a un espiral metálico. Dicho mecanismo se basa en la rotación de la espiral para trasladar un producto de forma perpendicular al motor como se muestra en la figura 3.2 ubicándolo así en la zona de despacho.

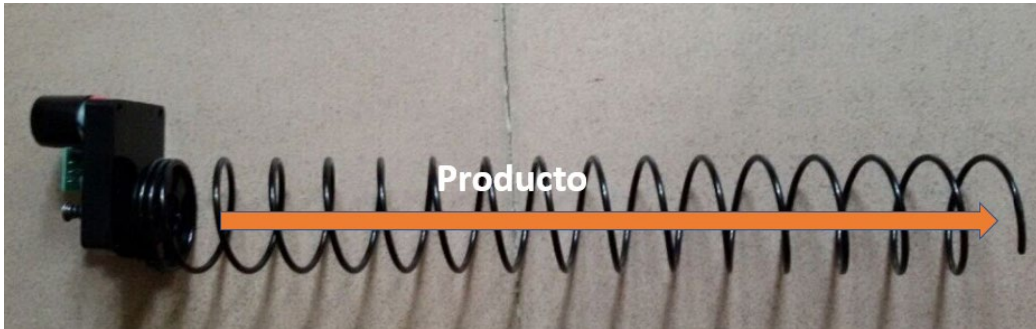


Figura 3.2. “Espirales para colocar los productos a expender.”

3.2.6 Sistema mecánico:

Tomando en cuenta la viabilidad económica analizada en este capítulo se ha elegido la alternativa de menor costo para el sistema mecánico que consiste en motores con carcasa plástica con dos espirales. Esta alternativa cumple con las características adecuadas para la máquina expendedora y los productos que esta oferta, manteniendo un precio viable y siendo competitiva en su área comercial.

3.2.7 Sistema de aislamiento:

Un sistema de aislamiento ofrece la protección adecuada para evitar la contaminación interior de la máquina expendedora, manteniendo la vida útil de los componentes que la constituyen y los productos que esta ofrece, pues se conoce la dificultad de sustituir mecanismos averiados en una maquinaria. Para este proyecto se utiliza como material del sistema de aislamiento poliestireno extruido, material aislante económico que ofrece duración, impermeabilidad y óptimas prestaciones económicas, reduciendo las oscilaciones térmicas y con ello el desgaste de los materiales en su interior. Incluso es reciclable y su costo es reducido en comparación con las demás opciones.

3.2.8 Diseño estético:

Para el diseño estético de la máquina expendedora, se tomaron distintos ejemplares de las máquinas que podemos observar actualmente en el mercado, tomando en consideración los productos que estos ofrecen para adecuar las

dimensiones de alto, ancho y profundidad, así como el tamaño de las ranuras; además, este diseño ofrece una pequeña pantalla que permitirá una interacción con el usuario, presentando mensajes de bienvenida e instrucciones para el correcto uso de la máquina. Dentro de la máquina se colocarán etiquetas con el código correspondiente de cada producto, proporcionando un apoyo visual para el usuario.

3.3 Diseño electrónico.

3.3.1 Conexión entre LCD y la tarjeta principal.

En este diagrama se detalla la conexión entre la LCD1602 y la tarjeta ESP32 mediante un módulo de comunicación i2c con la finalidad de mostrarle al usuario el menú de opciones.

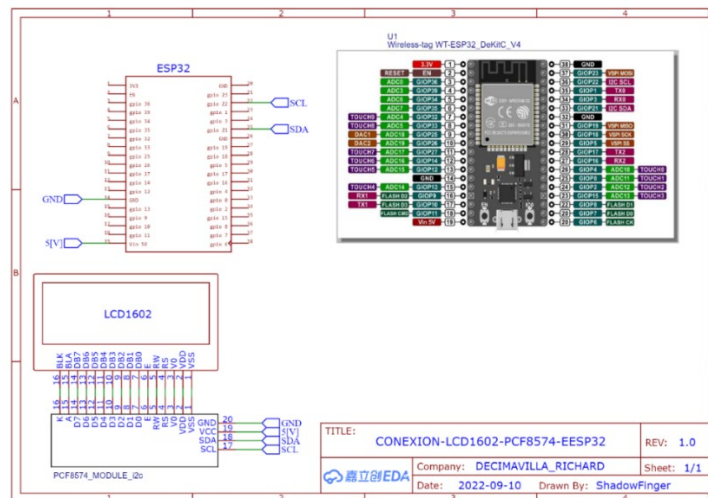


Figura 3.3. “Plano de conexiones entre la pantalla LCD1602 y PCB principal.”

3.3.2 Conexión entre teclado y la tarjeta principal.

En este diagrama se detalla la conexión entre el teclado matricial 4x4 y la tarjeta ESP32 con la finalidad de poder navegar entre las opciones mostradas en la pantalla LCD1602.

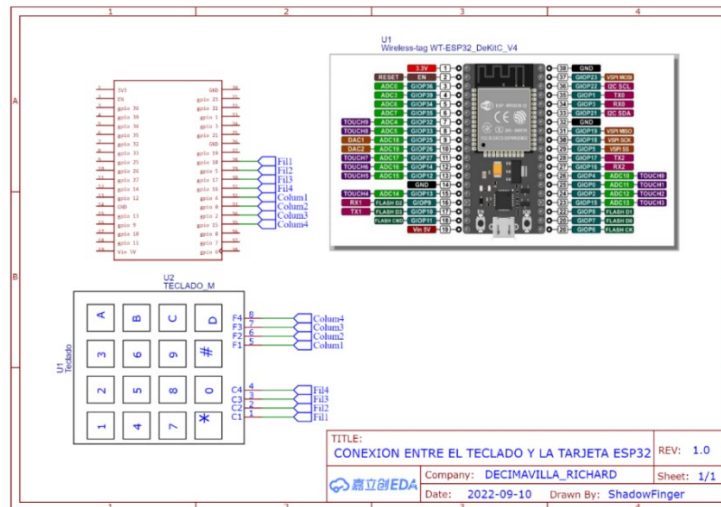


Figura 3.4. “Plano de conexiones entre el teclado 4x4 y PCB principal”.

3.3.3 Conexión entre el selector de monedas y la tarjeta principal.

En este diagrama se detalla la conexión entre el selector de monedas y la tarjeta ESP32 con la finalidad de poder pagar el precio del producto a expender.

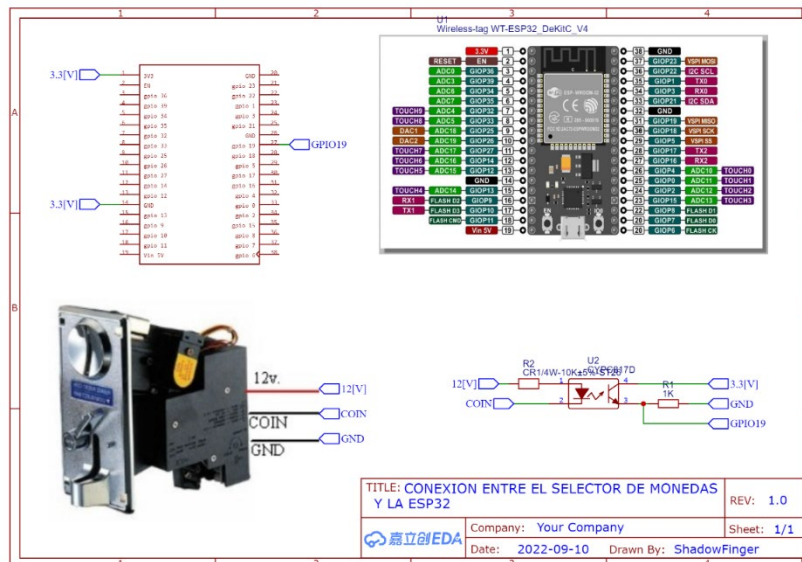


Figura 3.5. “Plano de conexiones entre el selector de monedas y PCB principal”.

3.3.4 Conexión entre el selector de relés y la tarjeta principal.

El selector de relés es una PCB diseñada para poder escoger el relé que se va a accionar y consecuente el motor conectado al relé correspondiente. El diseño electrónico de esta PCB se la detallara más adelante.

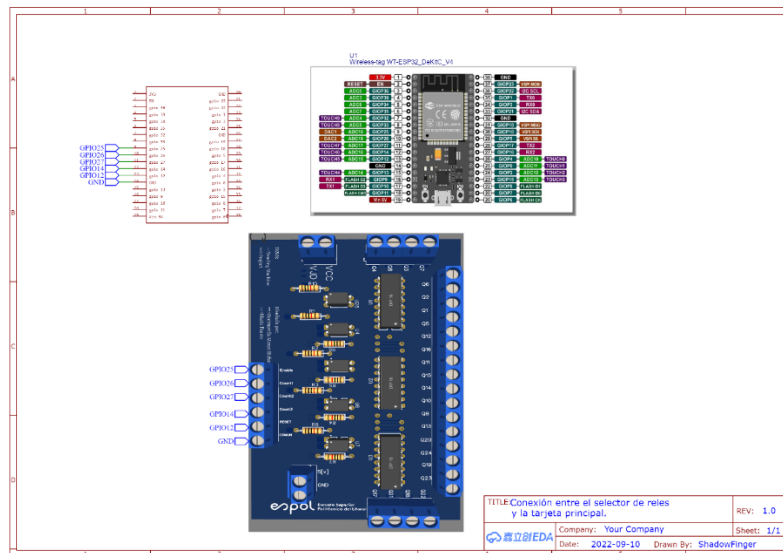


Figura 3.6. “Plano de conexiones entre el selector de relés y PCB principal”

3.3.5 Conexión total del sistema.

En la siguiente figura se muestra la conexión del sistema en conjunto a partir de las conexiones antes mencionadas. Además, se agregó una fuente conmutada y dos módulos LM2596 para establecer la alimentación DC de los módulos: LCD, teclado, selector de monedas, ESP32, relés y selector de relés.

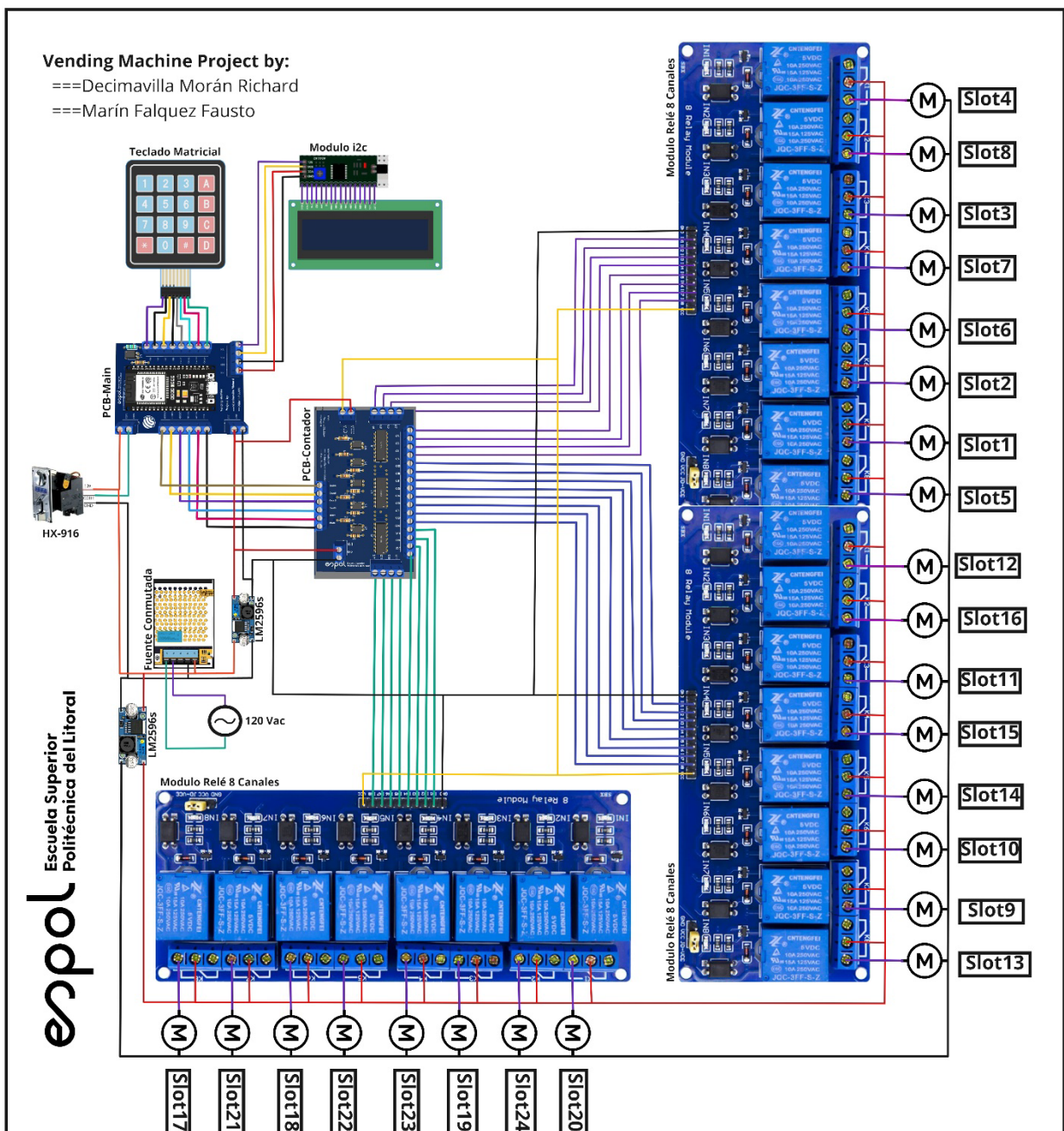


Figura 3.7. “Esquema de conexiones de los dispositivos eléctricos y electrónicos que conforman la máquina expendedora.”

3.2.6 Diagrama para la elaboración de la programación.

La programación de la tarjeta ESP32 se la realizó en el entorno del Arduino IDE y se desarrolló en base al siguiente diagrama de estados:

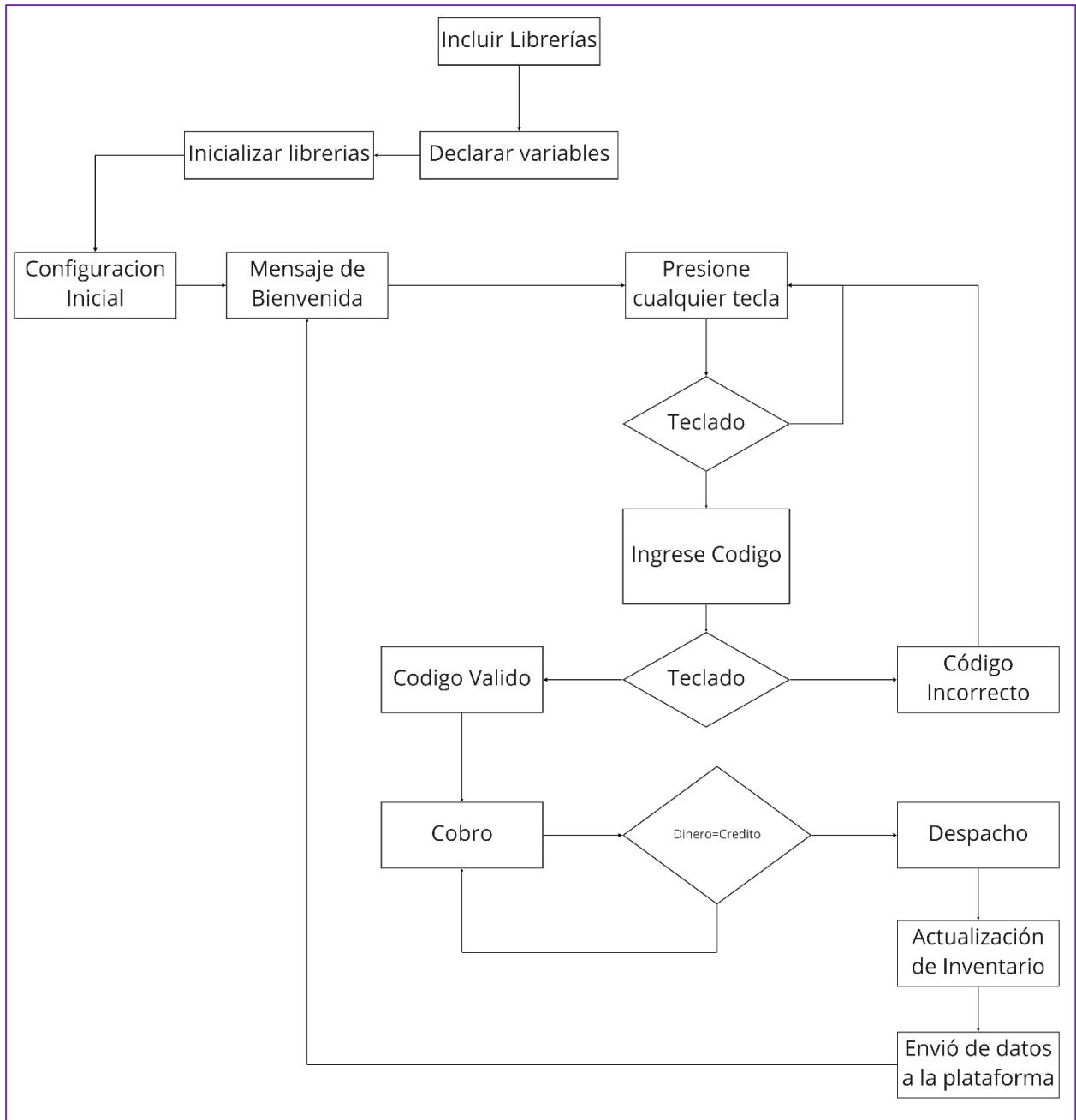


Figura 3.8. “Diagrama de estados para desarrollar la programación del funcionamiento de la máquina expendedora.”

Integración de todos los elementos colocados en la máquina expendedora:

Estructura base

Material: Hierro

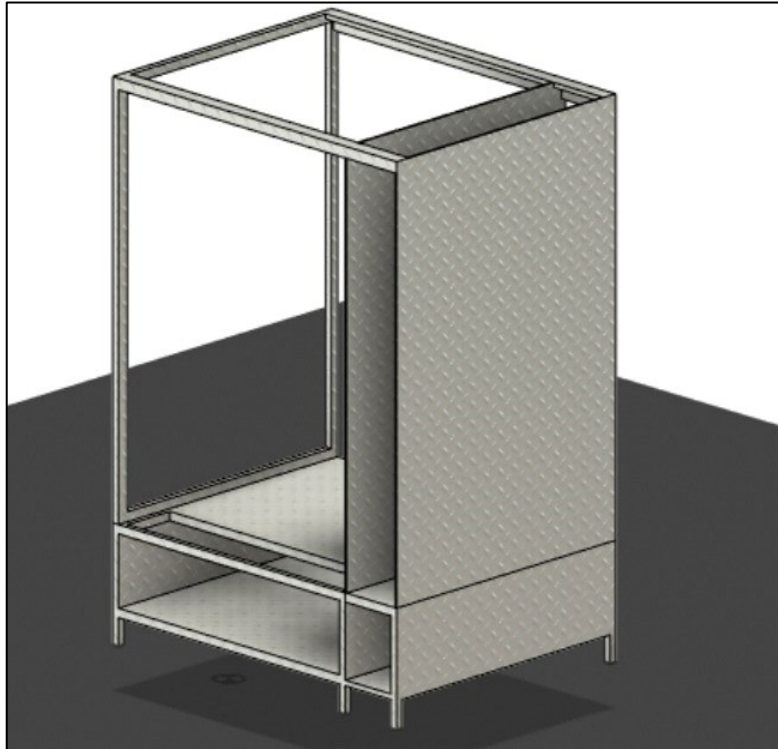


Figura 3.9. "Estructura base de la máquina expendedora."

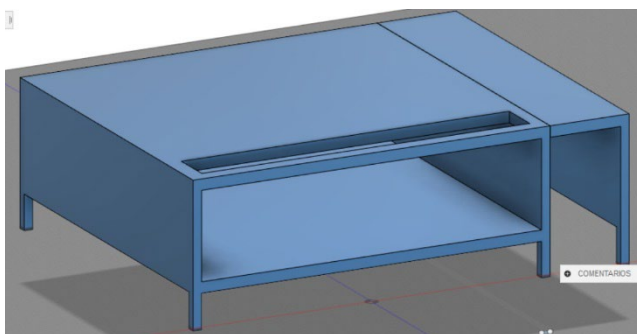


Figura 3.10. "Parte inferior de máquina expendedora."

Imagen superior:

Segmentación de zona de control y de .

Imagen lateral izquierda:

Zona de entrega de los productos.

Cubierta aislante de la máquina

Material: Poliestireno extruido (XPS)

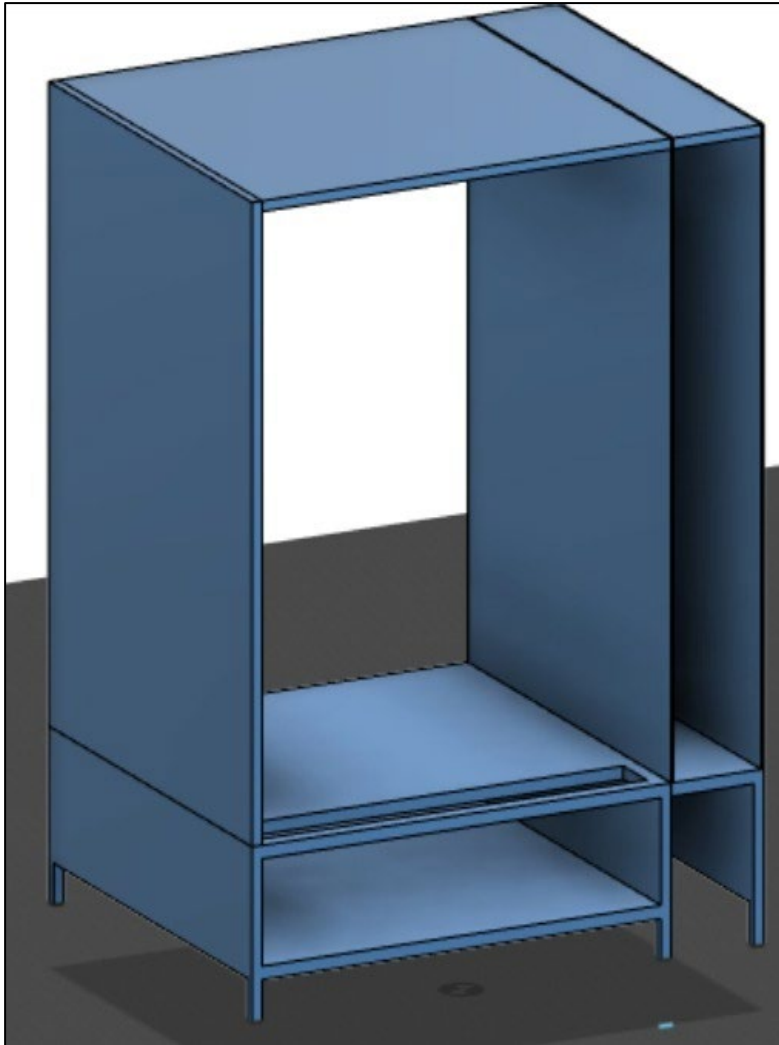


Imagen lateral:

Material aislante que impedirá las oscilaciones de temperatura dentro de la máquina para preservar la vida útil de los componentes que constituyen la máquina.

Figura 3.11. “Material aislante en máquina expendedora.”

Imagen lateral derecha:

Planchas del material aislante: Poliestireno extruido (XPS).



Figura 3.12. “Representación real del poliestireno extruido.”

Zona de control de la máquina expendedora

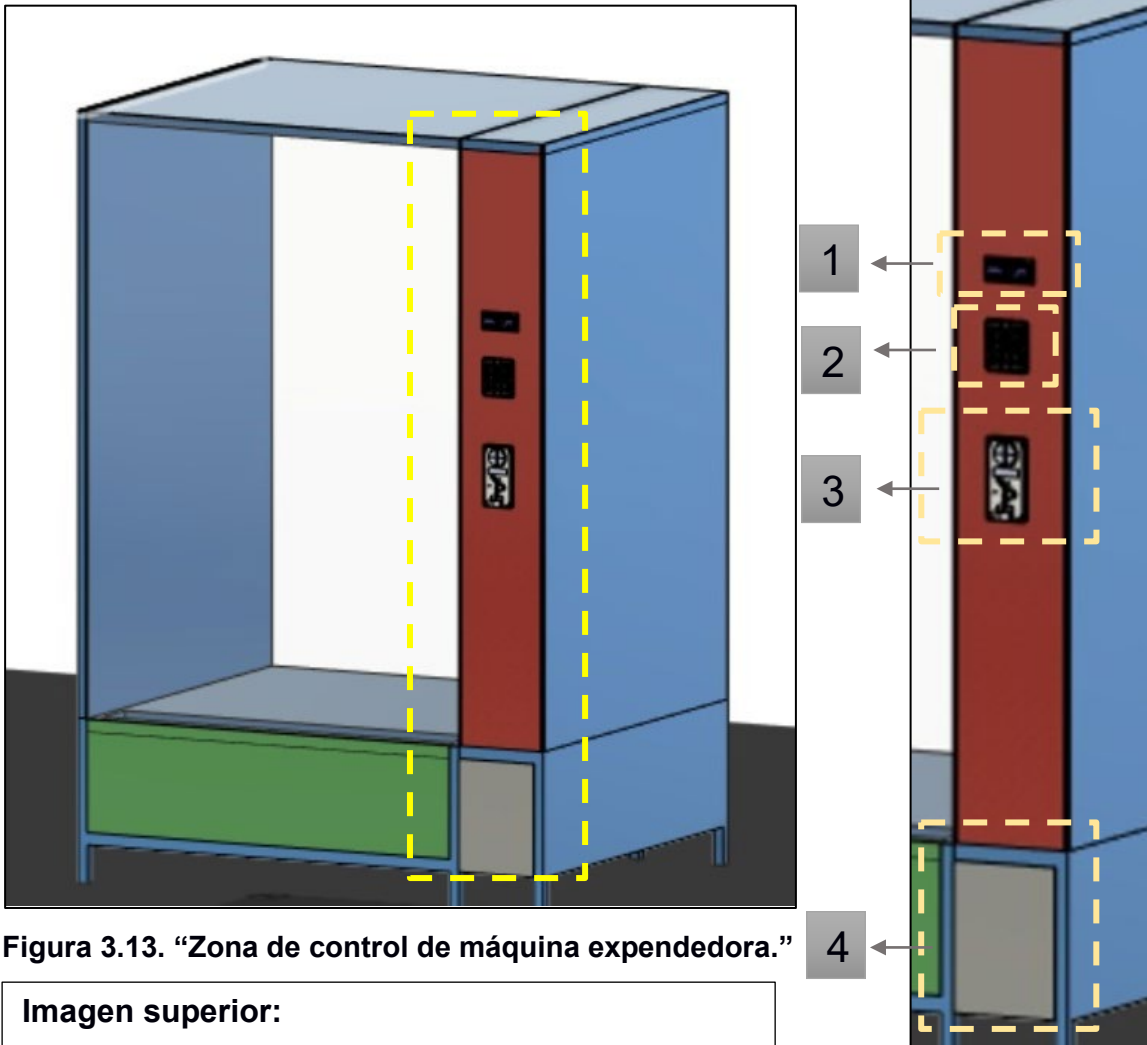


Figura 3.13. “Zona de control de máquina expendedora.”

Imagen superior:

Se presenta la zona de control de la máquina expendedora, que incluye:

1. Pantalla LCD de interacción con el usuario
2. Teclado para ingreso del código del producto elegido.
3. Selector de monedas.
4. Caja de retorno de monedas estancadas.

Zona de presentación de productos

División: Ranuras

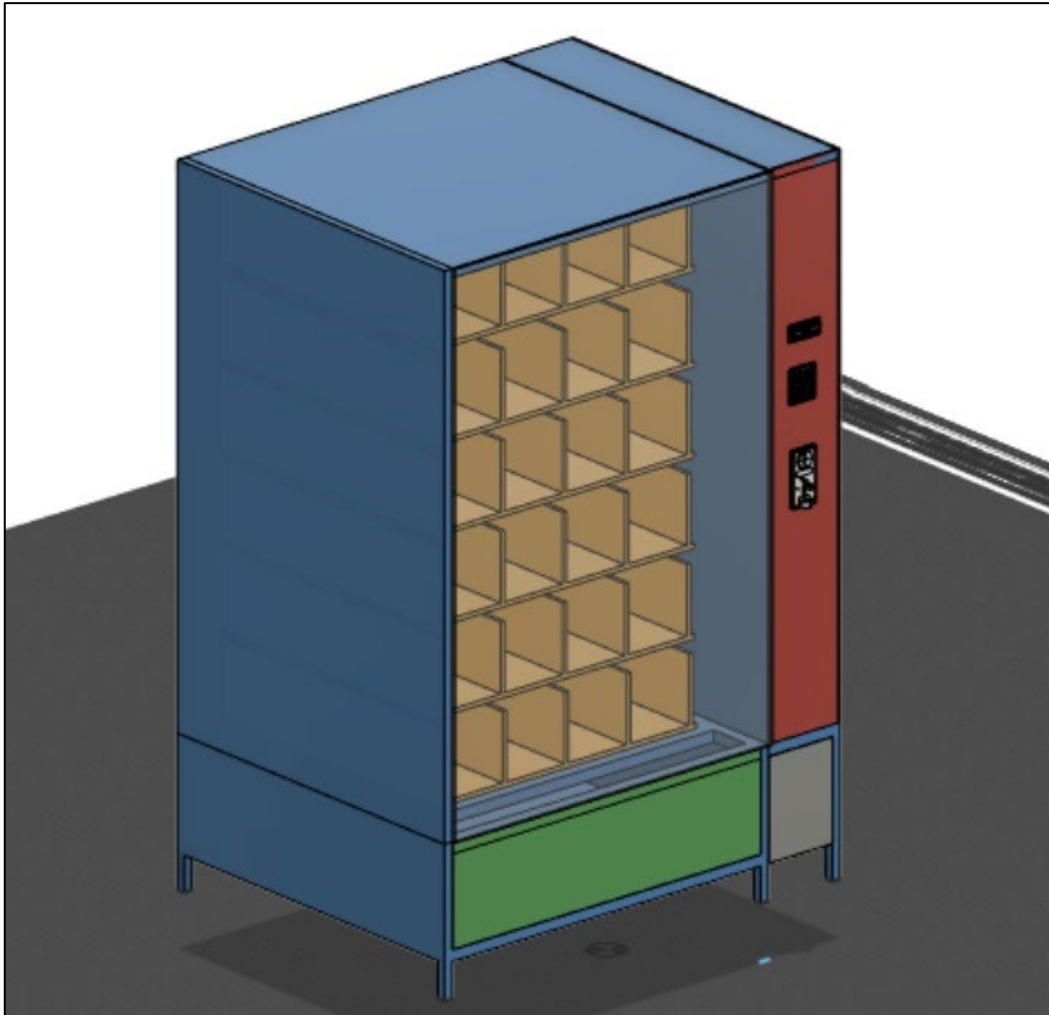


Figura 3.14. "Ranuras incorporadas en máquina expendedora."

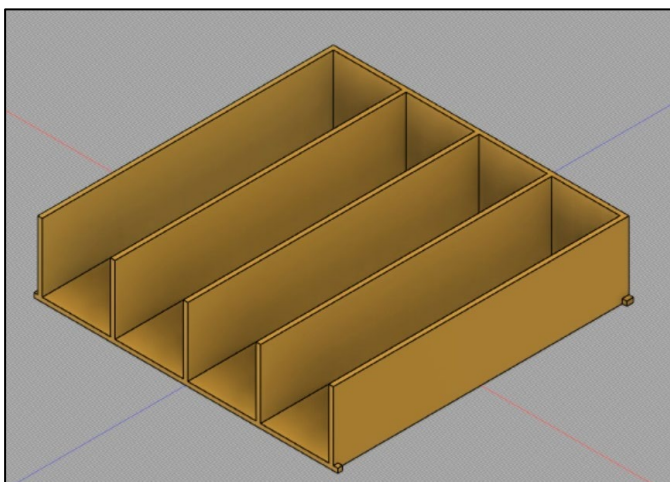


Figura 3.15. "Vista superior de ranuras."

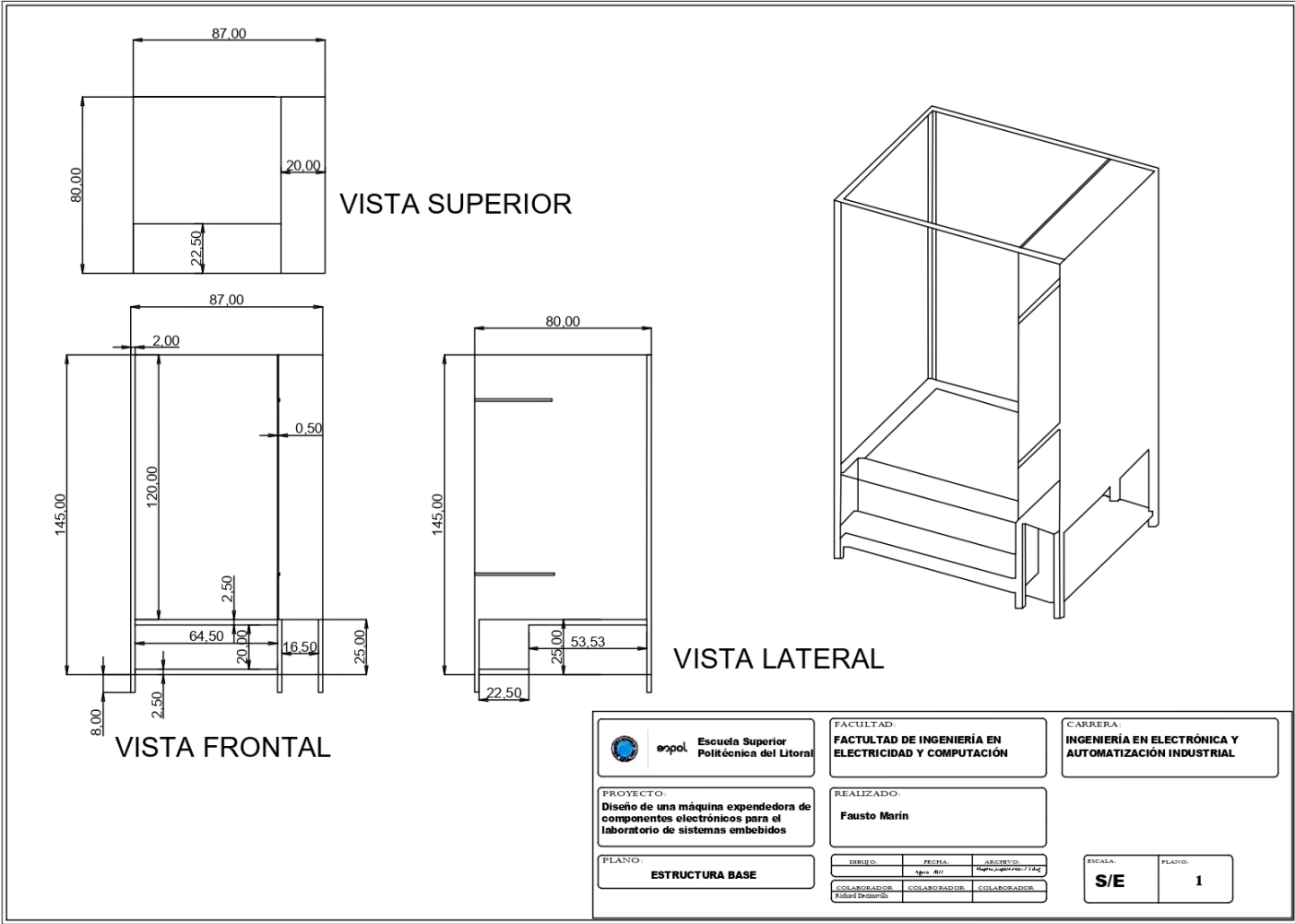
Imagen superior:

Se presenta la vista general de las ranuras donde se colocarán los productos en venta.

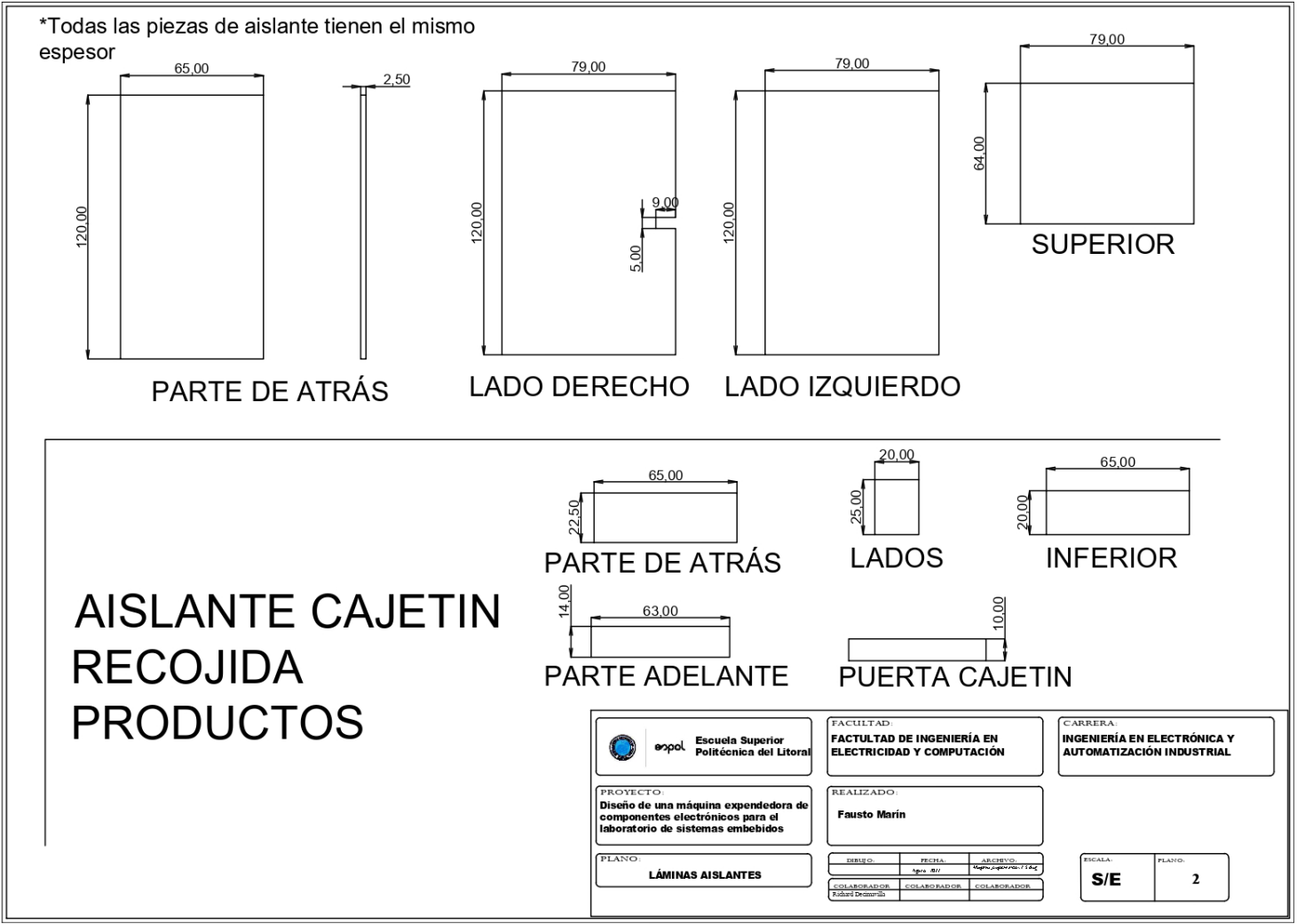
Imagen lateral izquierda:

Acercamiento de una de las bandejas con sus respectivas divisiones.

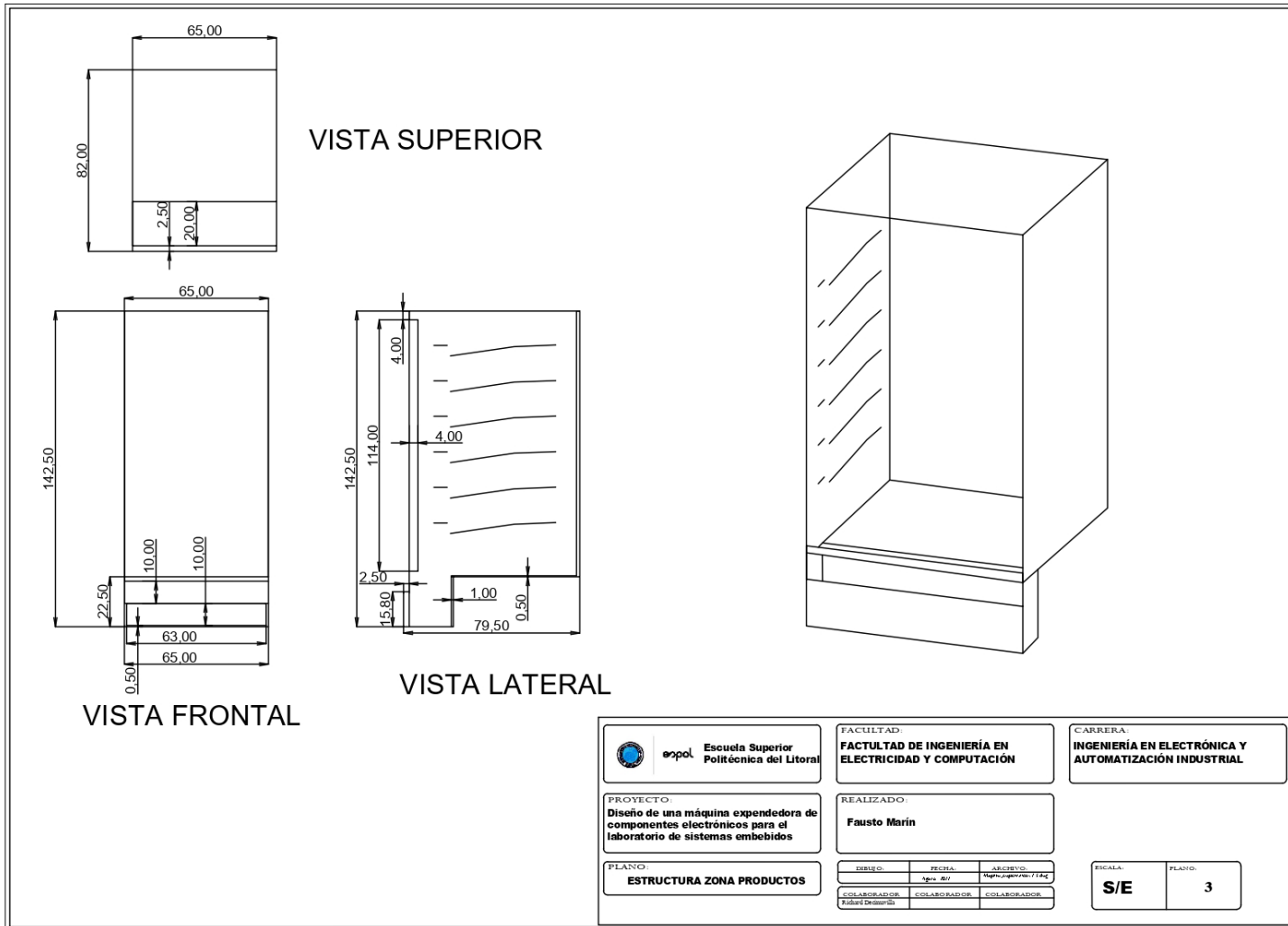
PLANOS MECÁNICOS DE MÁQUINA EXPENDEDORA



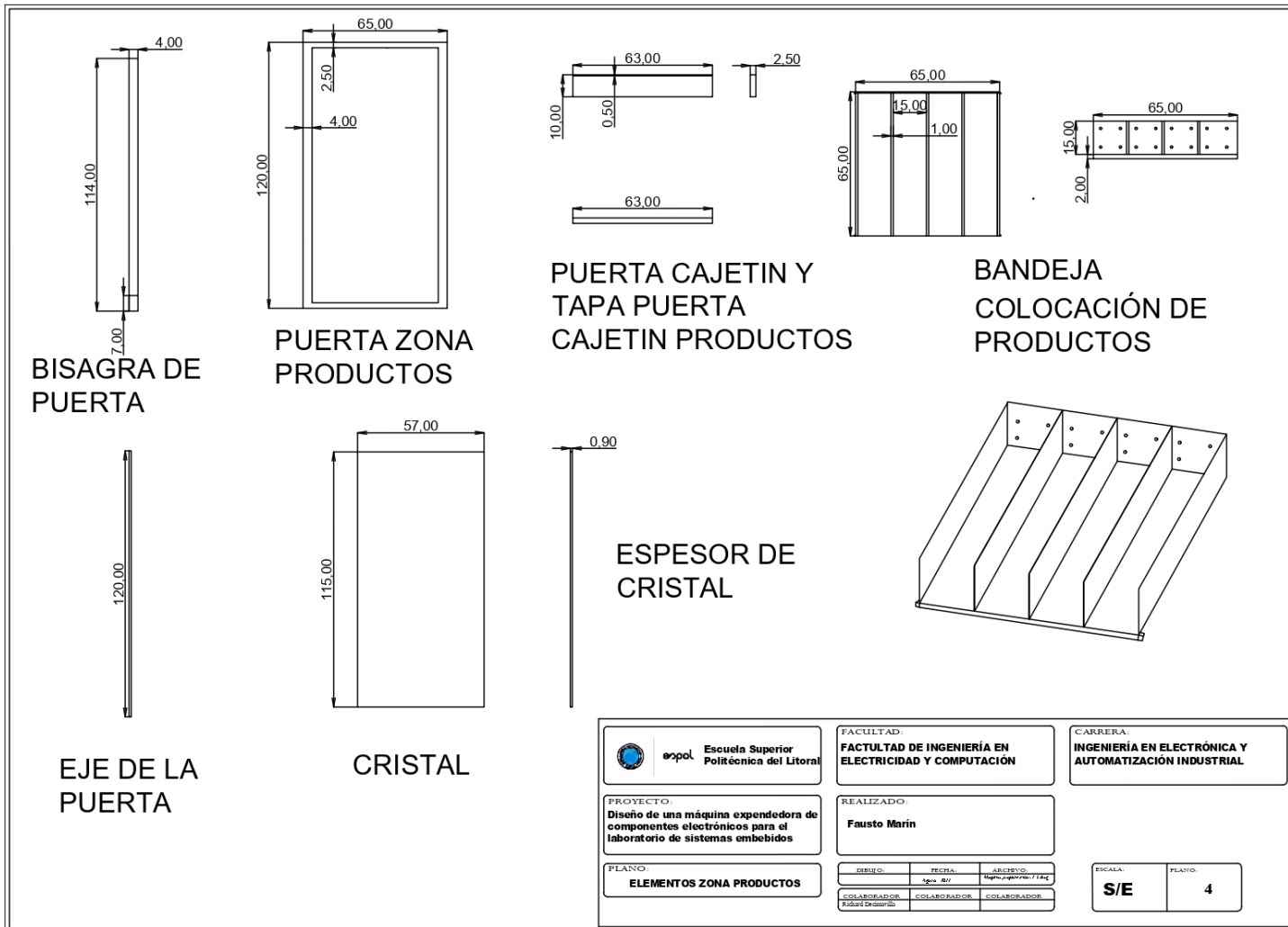
PLANO 1 Estructura base de máquina expendedora



PLANO 2 Láminas aislantes de la máquina expendedora



PLANO 3 Estructura de zona de productos



PLANO 4 Elementos de zona de producto

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- La ventaja de realizar la programación en el entorno de desarrollo de Arduino, a más de su bajo costo, se fundamenta en que posee un hardware y software con extenso soporte gracias a que es de código abierto, que presta una amplia apertura para la creación de proyectos.
- A pesar de que las máquinas expendedoras son un servicio explotado en diversas áreas, el producto que se ofrece en este proyecto y el nicho en el que este se envuelve, brinda grandes ventajas en cuanto a la competencia y las ganancias; pues se provee componentes electrónicos en una universidad mayormente de ingeniería donde se potencia la habilidad práctica de sus estudiantes.
- Previo al diseño físico de la máquina expendedora, fue necesario realizar el análisis correspondiente para conocer los productos, en este caso los componentes electrónicos, de mayor demanda. Este punto de partida fue necesario ya que las bandejas y la máquina en general debe ser dimensionada de forma que esta satisfaga los productos a ofrecer.
- En el análisis de costos fue necesario la evaluación y cotización real de los productos a ofertar y de los componentes involucrados en su construcción, de forma que este sea económicamente viable y posea accesibilidad de su tecnología; además, el acercamiento al nicho consumidor fue de gran importancia, pues esto permitió conocer el orden de prioridad de los posibles componentes a ofrecer.
- El Dashboard, que funciona como una base de datos que se actualiza en tiempo real, permite al operador llevar un inventario de sus productos, se desarrolló en la plataforma Ubidots que ofrece herramientas para almacenar datos, conocer estadísticas, entre otros servicios, combinándolo en una aplicación de fácil uso.

- En los cálculos de potencia se analizaron diversos casos; la potencia consumida cuando la máquina se encuentra en reposo, la potencia consumida durante la venta de un producto que es cuando los relés y los motorreductores empiezan a operar, y el caso en que exista alguna falla del sistema y existan picos de corriente. Este análisis se realizó de forma que los conductores puedan soportar los valores máximos sin dañar el equipo.
- Se reconoció que en la actualidad la ingeniería en Ecuador ha ido progresando de forma significativa, tanto que este proyecto fue desarrollado en su plenitud con materiales adquiridos dentro del país y con mano de obra nacional.

4.2 Recomendaciones

- Para proyectos de diseño es recomendable seccionar el esquema electrónico ayuda a que exista orden y facilidad de conexiones entre los distintos módulos, además de ubicar de manera inmediata un posible fallo en la máquina y que este no afecte al resto de las etapas del sistema.
- En aplicaciones en un ámbito más comercial, se debería añadir ciertas mejoras al diseño, como que el sistema de cobro incluya la capacidad de dar vuelto luego de realizar el pago; adicionalmente, se podría implementar un lector de billetes o un sistema de cobro vía una tarjeta magnética RFID.
- Es importante definir primeramente las dimensiones y características físicas de la máquina expendedora para poder basar el esquema eléctrico y electrónico según con los requisitos de funcionalidad y espacios definidos para la circuitería.
- Es fundamental brindar un mantenimiento continuo a la máquina expendedora para que esta no presente fallos de operación y daños en sus piezas mecánicas, como los motores y bisagras de puertas.
- Se recomienda realizar una investigación profunda sobre los diferentes materiales que podrían constituir la máquina expendedora, de forma que estos cumplan con el correcto funcionamiento de la máquina, sin perder su viabilidad económica.
- Se recomienda analizar cuál será el nicho de mercado al que apunta el proyecto, pues esto permitirá segmentar correctamente la dirección de las encuestas obteniendo así resultados óptimos y más aproximados a la realidad.

BIBLIOGRAFÍA

2. BIBLIOGRAFÍA

Ambien General Merchandiser. (2020). Model 3605 Service Manual.

AMS International. (2015). Manual de operación y servicio SENSIT 3. Kearneysville.

Automatic Products International. (2004). Instruction manual for Snackshop 103. St. Paul, Minnesota, USA.

Byron Espinosa, S. P. (2021). *Implementación de una máquina expendedora para mascarillas artesanales*. Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional, Escuela de Formación de Tecnólogos, Quito. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21805/1/CD%2011293.pdf>

Carmenate, J. G. (2020). *Programarfacil*. Obtenido de <https://programarfacil.com/esp8266/esp32/>

CRANE. (2013). MEDIA Parts Manual. Williston.

Edwin Arévalo, A. B. (2018). *Diseño y construcción de una máquina dispensadora automática de materiales de escritorio mediante el uso de la plataforma Arduino*. Tesis, Universidad Politécnica Salesiana, Facultad de Ingenierías, Quito. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16062/1/UPS%20-%20ST003750.pdf>

Elizabeth Freire, V. P. (2014). *Diseño y construcción del prototipo de una máquina expendedora de pastelillos de la marca "The cupcake factory" para la empresa Publicidad*. Tesis de grado, Universidad de las Fuerzas Armadas, Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Sangolquí.

H. Nakul, S. N. (2016). *Automatic Vending Machine*. Tesis, National Institute of Technology, Department of Electrical Engineering, Calicut.

Israel Calvo Diaz, J. I. (2013). *Diseño de una máquina vending para suministrar productos de acceso general y otros de acceso restringido por medio de identificación digital*. Tesis de Maestría, Universidad Pública de Navarra, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación, Navarra. Obtenido de <https://academica-e.unavarra.es/handle/2454/8485>

- José Insuasti, L. T. (2019). *Desarrollo de una máquina expendedora de dispositivos electrónicos para la ESFOT*. Tesis, Escuela Politécnica Nacional, Escuela de Formación de Tecnólogos, Quito. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20325/1/CD%209792.pdf>
- Kumar Manish, V. K. (2020). Designing and Development of a Low Power Electronic vending machine using PIC 16F877A controller. *European Journal of Molecular & Clinical Medicine*, 7.
- LastMinuteEngineers. (2022). Insight Into ESP32 Features & Using It With Arduino IDE.
- Mechatronics, N. (2021). *NaylampMechatronics*. Obtenido de <https://naylampmechatronics.com/drivers/177-modulo-relay-8-canales-5vdc.html>
- Naylamp Mechatronics. (2016). *NaylampMechatronics*. Obtenido de <https://naylampmechatronics.com/interfaz-de-usuario/420-teclado-matricial-4x4-de-botones-plasticos.html>
- Naylamp Mechatronics. (2017). *NaylampMechatronics*. Obtenido de <https://naylampmechatronics.com/lcd-alfanumerico/110-display-alfanumerico-lcd-1602.html>
- Naylamp Mechatronics. (2017). *NaylampMechatronics*. Obtenido de https://naylampmechatronics.com/blog/35_tutorial-lcd-con-i2c-control-a-un-lcd-con-solo-dos-pines.html
- Naylamp Mechatronics. (2021). *NaylampMechatronics*. Obtenido de <https://naylampmechatronics.com/sensores/373-selector-de-monedas.html>
- Naylamp Mechatronics. (2021). *NaylampMechatronics*. Obtenido de <https://naylampmechatronics.com/conversores-dc-dc/196-convertidor-voltaje-dc-dc-step-down-3a-lm2596.html>
- Semiconductor Components Industries. (2008). *OnSemi*. Obtenido de <https://www.onsemi.com/pdf/datasheet/lm2596-d.pdf>
- Systemanalyse Programmentwicklung. (s.f.). *SAP*. Obtenido de <https://www.sap.com/latinamerica/insights/what-is-iot-internet-of-things.html>
- Vendo. (2010). Univendor-2 Parts List.
- Vennan Sibanda, L. M. (2020). *Design of a high-tech vending machine*. Tschwane University of Technology, Department of Industrial Engineering, Pretoria.

Victor Matute, S. U. (2013). *Diseño y desarrollo de un sistema de ubicación, monitoreo y control de una máquina vending dispensadora de bebidas automática mediante un dispositivo AVL*. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca.

APÉNDICES

APÉNDICE A

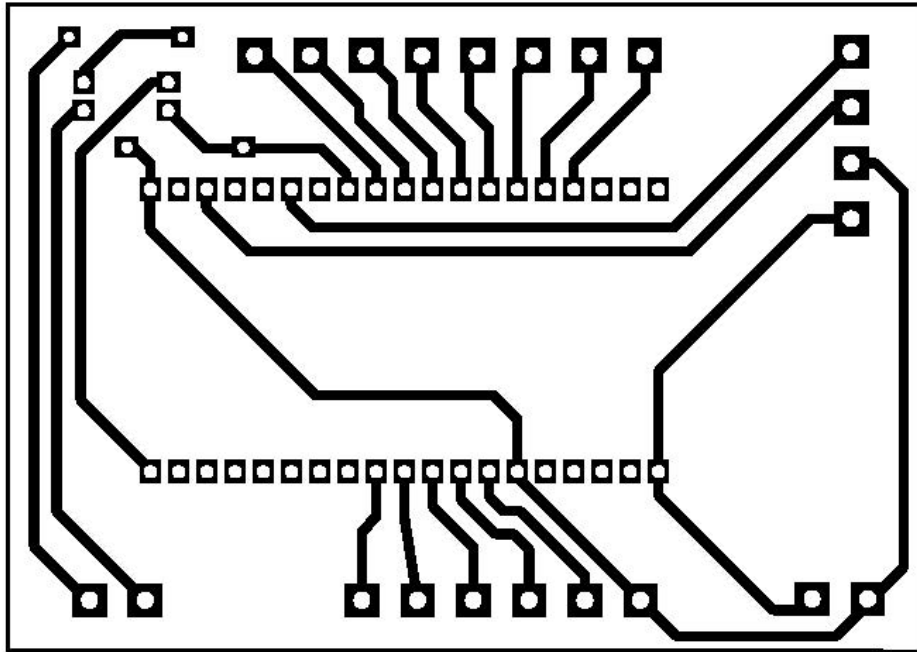


Figura A.1. "Pistas para impresión de PCB principal."

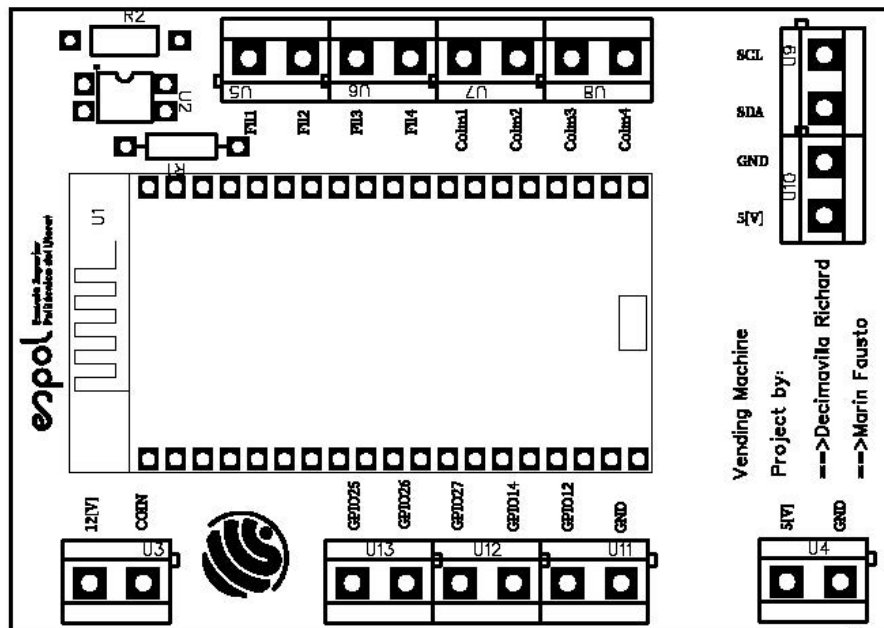


Figura A.2. "Distribución de componentes en la PCB principal."

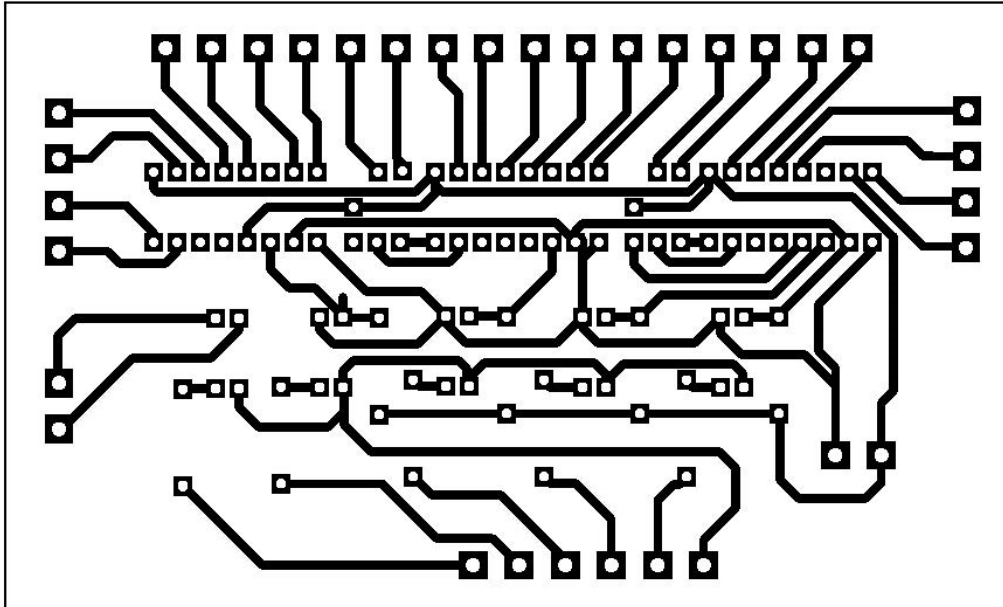


Figura A.3. "Pistas para impresión de PCB secundaria."

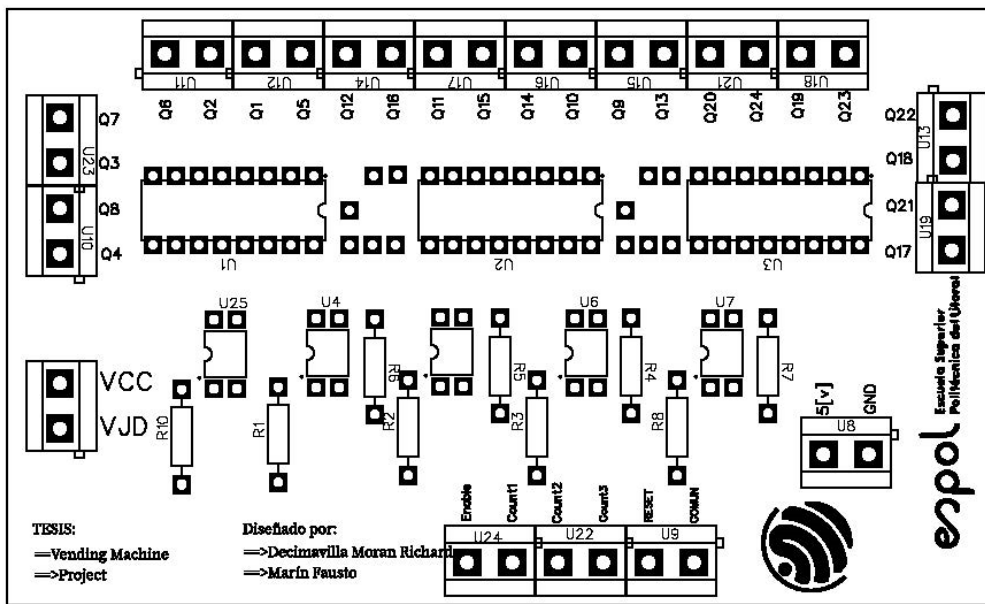


Figura A.4. "Distribución de componentes en la PCB secundaria."

