



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN

CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

**“DESARROLLO DE UNA MAQUINA EXPENDEDORA
AUTÓNOMA DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS BÁSICOS
CON DOS MÉTODOS DE PAGO, MONEDAS Y DINERO
ELECTRÓNICO PARA LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA”**

Trabajo de titulación

Tipo: Dispositivo tecnológico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES**

AUTORES: ALEX RAMIRO COLCHA LLANGA

RONALD DAVID PINO MACHADO

TUTOR: ING. JORGE LUIS PAUCAR SAMANIEGO

Riobamba-Ecuador

2018

©2018, Alex Ramiro Colcha Llanga y Ronald David Pino Machado

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

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación “DESARROLLO DE UNA MÁQUINA EXPENDEDORA AUTÓNOMA DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS BÁSICOS CON DOS MÉTODOS DE PAGO, MONEDAS Y DINERO ELECTRÓNICO PARA LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA”, de responsabilidad de los señores ALEX RAMIRO COLCHA LLANGA y RONALD DAVID PINO MACHADO, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Washington Luna Encalada DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA	_____	_____
Ing. Freddy Chávez Vásquez DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES	_____	_____
Ing. Jorge Luis Paucar Samaniego Msc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	_____
Ing. José Luis Morales Gordón Msc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	_____

“Nosotros, **ALEX RAMIRO COLCHA LLANGA** y **RONALD DAVID PINO MACHADO**, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del trabajo de titulación pertenece a la **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**”.

Alex Ramiro Colcha Llanga

Ronald David Pino Machado

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo en primer lugar a Dios, quien con su infinito amor nos ha dotado de salud, vida e inteligencia para poder alcanzar nuestra meta. A nuestros padres, quienes han sido nuestra principal motivación y apoyo ante cualquier adversidad, guiándonos y dándonos fortaleza para continuar con nuestra formación académica. A nuestros amigos y compañeros, quienes nos han dado apoyo y acompañado durante todo este largo camino. A nuestros docentes, quienes, con sus enseñanzas y conocimientos, nos dieron las herramientas necesarias para poder llevar a cabo este objetivo.

Alex Colcha

Ronald Pino

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por mantenernos aún con vida y protegernos durante este largo camino, dándonos la fortaleza suficiente para superar cualquier obstáculo. Un agradecimiento sincero a nuestros padres, familiares, amigos y a todas esas personas que nos apoyaron y estuvieron pendientes de nosotros. Gracias a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y a la Facultad de Informática y Electrónica por acogernos en sus instalaciones y ayudar a formarnos no solo como profesionales, sino también, como seres humanos.

Alex Colcha

Ronald Pino

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO	8
1.1. Máquinas expendedoras	8
<i>1.1.1. Evolución</i>	<i>9</i>
<i>1.1.2. Tipos de máquinas expendedoras</i>	<i>10</i>
<i>1.1.2.1. Máquinas expendedoras de dulces.....</i>	<i>10</i>
<i>1.1.2.2. Máquinas expendedoras tipo grúa.....</i>	<i>11</i>
<i>1.1.2.3. Máquinas expendedoras de snacks</i>	<i>11</i>
<i>1.1.2.4. Máquinas expendedoras de bebidas frías</i>	<i>12</i>
<i>1.1.2.5. Máquinas expendedoras de bebidas calientes</i>	<i>13</i>
<i>1.1.2.6. Máquinas expendedoras de productos no comestibles</i>	<i>13</i>
<i>1.1.2.7. Máquinas expendedoras de cambio</i>	<i>14</i>
<i>1.1.2.8. Máquinas expendedoras de WiFi.....</i>	<i>15</i>
1.1.3. Partes de una máquina expendedora.....	15
<i>1.1.3.1. Estructura.....</i>	<i>15</i>
<i>1.1.3.2. Componentes electrónicos</i>	<i>16</i>
1.1.4. Sistemas que intervienen en el funcionamiento de una máquina expendedora ..	16
<i>1.1.4.1. Sistema de conteo de crédito introducido en monedas</i>	<i>16</i>
<i>1.1.4.2. Sistema de entrega de cambio.....</i>	<i>16</i>
<i>1.1.4.3. Sistema de entrega del producto</i>	<i>17</i>
1.1.5. Fabricación de una máquina expendedora	17
1.2. Sistemas de pago.....	19
<i>1.2.1. Sistema de pago por monedas</i>	<i>19</i>
<i>1.2.2. Sistema de pago por billetes</i>	<i>20</i>
<i>1.2.3. Sistema de pago inteligente</i>	<i>20</i>
1.3. Dinero electrónico	21
1.4. Dispositivos electrónicos	23
<i>1.4.1. Tarjetas de desarrollo</i>	<i>23</i>

1.4.1.1.	<i>Tarjeta de desarrollo Arduino</i>	24
1.4.1.1.1.	<i>Memorias de la tarjeta de desarrollo Arduino</i>	24
1.4.1.2.	<i>Tarjeta de desarrollo Raspberry Pi</i>	25
1.4.2.	<i>Módulo de comunicación GSM</i>	26
1.4.2.1.	<i>Comandos AT</i>	27
1.4.3.	<i>Dispositivos de visualización</i>	27
1.4.3.1.	<i>Dispositivo de visualización LCD</i>	27
1.4.3.2.	<i>Dispositivo de visualización pantalla TFT Nextion</i>	28
1.4.4.	<i>Actuadores</i>	28
1.4.4.1.	<i>Actuadores Eléctricos</i>	29
1.4.4.1.1.	<i>Servomotores</i>	29
1.4.4.1.2.	<i>Motores paso a paso</i>	29
1.4.5.	<i>Sensores</i>	30
1.4.5.1.	<i>Sensores infrarrojos</i>	31
1.4.5.2.	<i>Sensores LDR o fotorresistencias</i>	31
1.4.6.	<i>Protocolos de comunicación</i>	31
1.4.6.1.	<i>Comunicación I2C/TWI</i>	31
1.4.6.2.	<i>Comunicación Serial</i>	32

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	33
2.1.	Diagrama de desarrollo del proyecto por etapas	33
2.2.	Requerimientos del proyecto	33
2.3.	Selección de hardware y software	34
2.3.1.	<i>Hardware</i>	34
2.3.1.1.	<i>Tarjeta de desarrollo Arduino</i>	34
2.3.1.2.	<i>Dispositivo de visualización pantalla TFT Nextion</i>	36
2.3.1.3.	<i>Módulo de comunicación GSM SIMCom</i>	37
2.3.1.4.	<i>Actuadores eléctricos</i>	38
2.3.1.5.	<i>Controlador A4988 para motor paso a paso</i>	40
2.3.1.6.	<i>Sensor LDR o fotorresistencia</i>	41
2.3.1.7.	<i>Monedero electrónico multimoneda CH-926</i>	42
2.3.1.8.	<i>Interruptor con llave de seguridad</i>	43
2.3.1.9.	<i>Fuente de alimentación</i>	44
2.3.2.	<i>Software</i>	45

2.3.2.1.	<i>Arduino IDE</i>	45
2.3.2.2.	<i>Nextion Editor</i>	45
2.3.2.3.	<i>SOLIDWORKS</i>	46
2.3.2.4.	<i>Suite de Diseño Proteus</i>	47
2.4.	Esquematzación en bloques del hardware electrónico	47
2.4.1.	<i>Esquematzación del bloque de visualización</i>	47
2.4.2.	<i>Esquematzación del bloque de identificación y clasificación de crédito</i>	48
2.4.3.	<i>Esquematzación del bloque de pago electrónico y comunicación GSM</i>	48
2.4.4.	<i>Esquematzación del bloque de entrega de productos y comunicación maestro-esclavo</i>	49
2.4.5.	<i>Esquematzación del bloque de entrega de cambio</i>	53
2.4.6.	<i>Esquematzación del bloque de configuración</i>	54
2.4.7.	<i>Esquematzación del bloque de alimentación</i>	54
2.5.	Diseño general de la máquina	55
2.5.2.	<i>Diseño estructural de la máquina</i>	56
2.5.2.1.	<i>Diseño del tubo cuadrado</i>	57
2.5.2.2.	<i>Diseño de la estructura interna y externa</i>	58
2.5.2.3.	<i>Diseño de las bandejas</i>	58
2.5.2.4.	<i>Diseño del acople entre el motor y el espiral</i>	59
2.5.2.5.	<i>Diseño de la espiral</i>	59
2.5.2.6.	<i>Diseño de la tolva</i>	60
2.5.2.7.	<i>Diseño del clasificador y almacenamiento de monedas</i>	60
2.5.2.8.	<i>Diseño de las chapas y estructura terminada</i>	61
2.6.	Desarrollo de la programación para el control de la máquina expendedora ..	62
2.6.1.	<i>Programación del subproceso de inicialización y notificación</i>	62
2.6.2.	<i>Programación del subproceso de selección</i>	64
2.6.3.	<i>Programación del subproceso de pago</i>	65
2.6.4.	<i>Programación del subproceso de entrega de productos</i>	66
2.6.5.	<i>Programación del subproceso de entrega de cambio y notificación</i>	68
2.6.6.	<i>Programación del subproceso de configuración</i>	68
2.7.	Implementación de placas de circuito impreso	71
2.7.1.	<i>Esquematzación de las placas para el maestro y los esclavos</i>	71
2.7.2.	<i>Diseño de PCB para las placas del maestro y los esclavos</i>	71
2.7.3.	<i>Proceso de transferencia térmica y corrosión de la placa</i>	72
2.7.4.	<i>Montaje de componentes y proceso de soldadura</i>	73

2.8.	Implementación de la estructura de la máquina	74
2.8.1.	<i>Construcción de la estructura externa e interna</i>	74
2.8.2.	<i>Construcción de las puertas y bandejas</i>	74
2.8.3.	<i>Colocación de llantas y tapas en la estructura</i>	75
2.8.4.	<i>Acabado de la estructura</i>	76
2.9.	Montaje de la máquina	77
2.9.1.	<i>Montaje de motores en las bandejas</i>	77
2.9.2.	<i>Montaje de las placas</i>	78
2.9.3.	<i>Montaje de la pantalla Nextion y monedero electrónico</i>	79
2.9.4.	<i>Montaje del clasificador de monedas y servomotores</i>	79
2.9.5.	<i>Colocación de las bandejas y conexión de los dispositivos</i>	80
2.9.6.	<i>Montaje finalizado</i>	81

CAPÍTULO III

3.	VALIDACIÓN DEL PROTOTIPO	82
3.1.	Determinación de los componentes más requeridos por los estudiantes	83
3.2.	Caracterización del prototipo	83
3.2.1.	<i>Caracterización de sensores</i>	83
3.2.1.1.	<i>Caracterización de sensores para detección e identificación de monedas</i>	84
3.2.1.2.	<i>Caracterización del sensor para detección de entrega de productos</i>	86
3.2.2.	<i>Caracterización de la selección</i>	87
3.2.3.	<i>Caracterización de la comunicación y el pago electrónico</i>	90
3.2.3.1.	<i>Caracterización de la comunicación I2C</i>	90
3.2.3.2.	<i>Caracterización de la comunicación GSM</i>	92
3.2.3.3.	<i>Caracterización del pago electrónico</i>	93
3.2.4.	<i>Caracterización de los sistemas de entrega</i>	94
3.2.4.1.	<i>Caracterización del sistema de entrega de productos</i>	95
3.2.4.2.	<i>Caracterización del sistema de entrega de cambio</i>	97
3.2.5.	<i>Caracterización del almacenamiento en memoria</i>	98
3.2.6.	<i>Pruebas de estabilidad del prototipo</i>	100
3.2.6.1.	<i>Pruebas de estabilidad del reconocimiento de monedas</i>	101
3.2.6.2.	<i>Pruebas de estabilidad de la entrega de productos</i>	102
3.2.6.3.	<i>Pruebas de estabilidad de la entrega de cambio</i>	104
3.3.	Tiempo de proceso del prototipo	105
3.4.	Análisis de costos en el prototipo	106

3.5.	Cumplimiento de los objetivos	107
	CONCLUSIONES.....	109
	RECOMENDACIONES.....	110
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Principales comandos AT	27
Tabla 1-2: Comparativa entre Arduino y Raspberry	34
Tabla 2-2: Comparativa entre Arduino Uno y Arduino Mega	35
Tabla 3-2: Modelos de pantalla Nextion	36
Tabla 4-2: Comparativa entre chips de SIMCom	37
Tabla 5-2: Características del servomotor TowerPro MG995	39
Tabla 6-2: Características del motor paso a paso NEMA 17	40
Tabla 7-2: Características del controlador A4988	41
Tabla 8-2: Características del sensor ultrasónico y del sensor LDR	41
Tabla 9-2: Características del monedero electrónico multimoneda	43
Tabla 10-2: Características de la fuente de alimentación	44
Tabla 11-2: Pines de conexión para los controladores en el Arduino Mega	50
Tabla 12-2: Pines de conexión para los servomotores en el Arduino Mega	54
Tabla 13-2: Dimensiones de la estructura de la máquina expendedora	57
Tabla 1-3: Componentes más usados por los estudiantes	83
Tabla 2-3: Pruebas de sensores para admisión y reconocimiento de monedas	84
Tabla 3-3: Pruebas de sensor para verificación de entrega de productos	86
Tabla 4-3: Pruebas de selección aleatoria	88
Tabla 5-3: Pruebas de comunicación fiable I2C	91
Tabla 6-3: Pruebas de funcionamiento de la comunicación GSM	92
Tabla 7-3: Pruebas de funcionamiento del sistema de pago electrónico	93
Tabla 8-3: Pruebas de entrega de productos	95
Tabla 9-3: Pruebas de funcionamiento del sistema de cambio	97
Tabla 10-3: Pruebas de funcionamiento del sistema de configuración	99
Tabla 11-3: Interpretación del coeficiente de variación	100
Tabla 12-3: Pruebas de estabilidad en el reconocimiento de monedas	101
Tabla 13-3: Pruebas de estabilidad en la entrega de productos	102
Tabla 14-3: Pruebas de estabilidad en la entrega de cambio	104
Tabla 15-3: Tiempos de entrega de la máquina expendedora en segundos	105
Tabla 16-3: Costo de implementación de la máquina expendedora	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Máquina expendedora moderna.....	8
Figura 2-1: Evolución de la máquina expendedora	9
Figura 3-1: Máquina expendedora de dulces.....	10
Figura 4-1: Máquina expendedora de grúa.....	11
Figura 5-1: Máquina expendedora de snacks.....	12
Figura 6-1: Máquina expendedora de bebidas frías.....	12
Figura 7-1: Máquina expendedora de bebidas calientes	13
Figura 8-1: Máquina expendedora de productos no comestibles.....	14
Figura 9-1: Máquina expendedora de cambio	14
Figura 10-1: Máquina expendedora de WiFi.....	15
Figura 11-1: Estructura de una máquina expendedora	16
Figura 12-1: Fabricación de una máquina expendedora	17
Figura 13-1: Proceso de identificación de monedas	19
Figura 14-1: Método de pago a través de un teléfono celular.....	22
Figura 15-1: Tarjetas de desarrollo.....	23
Figura 16-1: Tarjetas de desarrollo Arduino.....	24
Figura 17-1: Tarjetas de desarrollo Raspberry Pi	25
Figura 18-1: Módulos de comunicación GSM.....	26
Figura 19-1: Dispositivos LCD.....	28
Figura 20-1: Pantallas Nextion	28
Figura 21-1: Servomotores	29
Figura 22-1: Motores paso a paso.....	30
Figura 23-1: Sensores	30
Figura 1-2: Diagrama de desarrollo del proyecto por etapas	33
Figura 2-2: Arduino Mega2560	35
Figura 3-2: Pantalla TFT Nextion 5.0”	37
Figura 4-2: Módulo de comunicación GSM SIM900.....	38
Figura 5-2: Servomotor TowerPro MG995	39
Figura 6-2: Motor paso a paso NEMA 17	40
Figura 7-2: Controlador A4988 para motor paso a paso.....	41
Figura 8-2: Sensor LDR y diodo láser	42
Figura 9-2: Monedero electrónico	43

Figura 10-2: Interruptor con llave de seguridad	44
Figura 11-2: Fuente de alimentación	44
Figura 12-2: Entorno de desarrollo Arduino IDE	45
Figura 13-2: Interfaz del software Nextion Editor.....	46
Figura 14-2: Interfaz del software SOLIDWORKS versión 2018.....	46
Figura 15-2: Interfaz de la Suite de Diseño Proteus	47
Figura 16-2: Esquemmatización del bloque de visualización.....	48
Figura 17-2: Esquemmatización del bloque de identificación y clasificación de crédito.....	48
Figura 18-2: Esquemmatización del bloque de pago electrónico y comunicación GSM	49
Figura 19-2: Esquemmatización del bloque de entrega de productos y comunicación maestro-esclavo.....	50
Figura 20-2: Esquemmatización del bloque de entrega de cambio.....	53
Figura 21-2: Esquemmatización del bloque de configuración.....	54
Figura 22-2: Esquemmatización del bloque de alimentación	55
Figura 23-2: Diseño de la estructura de programación.....	56
Figura 24-2: Tubo cuadrado de 3/4" x 2mm.....	57
Figura 25-2: Estructura del gabinete de la máquina	58
Figura 26-2: Bandejas para los componentes y motores	58
Figura 27-2: Acople entre el motor y el espiral	59
Figura 28-2: Espiral	60
Figura 29-2: Tolva para la entrega de productos	60
Figura 30-2: Clasificador y almacenamiento de monedas	61
Figura 31-2: Chapas de tol negro.....	61
Figura 32-2: Diseño completo de la máquina expendedora.....	62
Figura 33-2: Diseño de PCB para la placa del maestro y los esclavos	72
Figura 34-2: Placa implementada para el maestro.....	73
Figura 35-2: Placa implementada para los esclavos	73
Figura 36-2: Construcción de la estructura externa e interna	74
Figura 37-2: Construcción de puestas y bandejas.....	75
Figura 38-2: Colocación de llantas y tapas.....	76
Figura 39-2: Acabado de la estructura	77
Figura 40-2: Montaje de motores en las bandejas	78
Figura 41-2: Montaje de las placas	78
Figura 42-2: Montaje de pantalla Nextion y monedero electrónico	79
Figura 43-2: Montaje del clasificador y servomotores	80

Figura 44-2: Colocación de bandejas y conexión de los dispositivos.....	80
Figura 45-2: Máquina expendedora terminada	81
Figura 1-3: Introducción de crédito en el monedero electrónico	85
Figura 2-3: Sensor para la detección de entrega de productos.....	87
Figura 3-3: Comunicación exitosa entre el Arduino y la pantalla Nextion	89
Figura 4-3: Selección de componente realizada exitosamente	89
Figura 5-3: Selección de componentes en la pantalla Nextion	90
Figura 6-3: Envío y recepción de datos mediante la comunicación I2C	91
Figura 7-3: Envío de la notificación	93
Figura 8-3: Recepción de la notificación	93
Figura 9-3: Recepción del pago electrónico	94
Figura 10-3: Modificación en los espirales.....	97

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

A:	Amperios
AC:	Corriente Alterna
CAD:	Computer-Aided Design (Diseño Asistido por Computadora)
cm:	Centímetros
COMF:	Código Orgánico Monetario y Financiero
CPU:	Central Processing Unit (Unidad Central de Proceso)
DC:	Corriente Directa
EEPROM:	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory (ROM Programable y Borrable Eléctricamente)
FPGA:	Field Programmable Gate Array (Matriz de Puertas Programable)
GPRS:	General Packet Radio Service (Servicio General de Paquetes vía Radio)
GSM:	Global System for Mobile communications (Sistema Global para Comunicaciones Móviles)
HMI:	Human Machine Interface (Interfaz Hombre Máquina)
Hz:	Hertzios
I2C:	Inter-Integrated Circuit (Circuito Inter-Integrado)
IDE:	Integrated Development Environment (Entorno de Desarrollo Integrado)
Km:	Kilómetro
LCD:	Liquid Cristal Display (Pantalla de Cristal Líquido)
LDR:	Light Dependent Resistor (Resistencia Dependiente de Luz)
mA:	Miliamperios
mH:	Milihenrios
min:	Minutos
mm:	Milímetros
NFC:	Near Field Communication (Comunicación de Campo Cercano)
PCB:	Printed Circuit Board (Placa de Circuito Impreso)
PWM:	Pulse Width Modulation (Modulación por Ancho de Pulso)
RAE:	Real Academia Española
RAM:	Random Access Memory (Memoria de Acceso Aleatorio)
RX:	Recepción
SCL:	System Clock (Reloj del Sistema)
SD:	Secure Digital (Seguro Digital)
SDA:	System Data (Datos del Sistema)
seg:	Segundos

SIM:	Subscriber Identity Module (Módulo de Identificación de Suscripción)
SRAM:	Static Random Access Memory (Memoria Estática de Acceso Aleatorio)
TFT:	Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display (Transistor de Película Delgada)
TWI:	Two Wire Interface (Interfaz de Dos Hilos)
TX:	Transmisión
USB:	Universal Serial Bus (Bus Universal en Serie)
V:	Voltaje
3D:	Tres Dimensiones

RESUMEN

Se implementó el prototipo de una máquina expendedora de componentes electrónicos básicos con dos métodos de pago, que puede surtir las necesidades más básicas de los estudiantes, logrando sobre todo un ahorro de tiempo sustancial en el proceso de sustitución de un componente averiado durante el desarrollo de una práctica de laboratorio. El prototipo mantiene costos de construcción considerablemente bajos con respecto a los costos de adquisición de una máquina expendedora en el mercado, mantiene una estabilidad dentro de los parámetros esperados y está construido con materiales resistentes que ayudan a que se mantenga operativo durante mucho tiempo, además de contar con la posibilidad de ser reprogramado con el fin de variar precios y cantidades de los componentes a expender. Posee una interfaz intuitiva a través de una pantalla táctil Nextion y por tanto fácil de usar para hacer el proceso de compra rápido y sencillo que asegura que el usuario obtendrá el producto por el cual ha pagado. Su capacidad de admitir pagos tanto físico como electrónico, dota al prototipo de mayores posibilidades de éxito entre una tecnología creciente donde los medios digitales ganan popularidad día a día, el prototipo cuenta con un monedero electrónico que discrimina las monedas falsas o ajenas a la moneda actual en el Ecuador, y módulo de comunicación GSM para aceptar el pago electrónico y enviar notificaciones. Con las pruebas realizadas se comprueba que el prototipo es estable en condiciones de uso continuo, además de ofrecer tiempos de entrega bastante cortos y la capacidad de entregar componentes en cantidades considerables. Se recomienda mejorar el mecanismo de clasificación y entrega de monedas y dotarlo de un sistema de recepción de billetes.

Palabras Claves: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <CONTROL AUTOMÁTICO>, <MÁQUINA EXPENDEDORA>, <COMPONENTES ELECTRÓNICOS>, <ARDUINO MEGA 2560 (CONTROLADOR)>, <DISPLAY NEXTION (DISPOSITIVO)>, <DINERO ELECTRÓNICO>, <MÓDULO DE COMUNICACIÓN GSM/GPRS (SIM900)>

ABSTRACT

A prototype of a vending machine of basic electronic components was implemented with two methods of payment, which can supply the most basic needs of the students, obtaining above all a substantial time saving in the process of replacing a damaged component during the development of the laboratory practice. The prototype maintains considerably low construction costs with respect to costs of acquiring a vending machine in the market, it maintains stability within the expected parameters and it is also built with resistant materials which helps remaining it operative for a long time, in addition it offers the possibility of being reprogrammed in order to vary prices and quantities of components to be sold. It poses an intuitive interface through a Nextion touch screen and therefore easy to use to make the purchase process fast and simple, which ensures that the user will obtain the product which has been paid for. Its ability to accept both physical and electronic payments, gives the prototype greater possibilities of success among a growing technology where digital media gains popularity day by day, the prototype has an electronic wallet which discriminates fake or foreign currencies different from the actual Ecuadorian currency, it also contains a GSM communication module to receive electronic payment and send notifications. Through the tests carried out, it is verified that the prototype is stable under conditions of continuous use, in addition it offers fairly short delivery times and the ability to deliver components in considerable quantities. It is recommended to improve the mechanism of classification and delivery of coins and provide it with a bill reception system.

Key words: <TECHNOLOGY AND SCIENCE OF ENGINEERING>, <AUTOMATIC CONTROL>, <VENDING MACHINE>, <ELECTRONIC COMPONENTS>, <ARDUINO MEGA 2560 (CONTROLLER)>, <DISPLAY NEXTION (DEVICE)>, <ELECTRONIC MONEY>, <GSM/GPRS COMMUNICATION MODULE (SIM900)>

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

El uso de máquinas expendedoras se está volviendo popular en países en vías de desarrollo como India, Indonesia, Brasil, Ecuador, entre otros (PNUD, 2016).

Su uso se hace más común en instituciones educativas, donde los ingresos de ellos pueden ser utilizados para complementar los presupuestos limitados. Los estudiantes pueden caminar desde su aula y utilizar una moneda para obtener una amplia gama de bocadillos azucarados y bebidas carbonatadas. (En este caso, hace referencia a elementos electrónicos de uso diario para prácticas de laboratorio) (Masood, Masood and Newton, 2013).

El negocio de las máquinas expendedoras se ha convertido en una de las actividades comerciales más rentables y de mayor crecimiento del mundo. Tener a mano máquinas de vending que suministren estos artículos facilitan la adquisición por su fácil exposición, amplio surtido de productos, puntos de suministro, precios, orden y clasificación, además que ahorra tiempo (*Máquinas de Vending*, 2015).

Hay diversos tipos de máquinas expendedoras, desde las más comunes como expendedoras de comida hasta aquellas que expenden medicamentos, y que han iniciado de una manera rudimentaria y han ido mejorando durante el tiempo hasta el desarrollo de máquinas expendedoras automáticas con distintas formas de pago, que garantizan la obtención del producto por el cual el usuario está pagando.

Según la Worldwide Vending Association, operan alrededor de 10 millones de máquinas expendedoras en el mundo (*Worldwide Vending Association*, 2018).

En potencias mundiales como Estados Unidos, las máquinas expendedoras se han consolidado en el mercado obteniendo ganancias millonarias superiores a los \$31 mil millones de dólares por la venta de productos de estas máquinas (Hidalgo Villareal, 2017).

De acuerdo a los datos de la European Vending Association, en Europa existen aproximadamente 4 millones de máquinas expendedoras, obteniendo una ganancia total de €15 mil millones de euros (*European Vending Association*, 2018).

El país que tiene la tasa más alta de máquinas expendedoras es Japón. En este territorio, por cada 23 habitantes existe una máquina expendedora (Hidalgo Villareal, 2017).

El panorama en Latinoamérica es muy distinto. Las cifras son minúsculas en comparación con las grandes potencias, pero se nota un crecimiento, especialmente en Brasil que cuenta con aproximadamente 80 mil máquinas en funcionamiento (*La Industria del Vending de Latinoamérica crece de la mano de la Hostelería*, 2017).

En Ecuador, no es común encontrarse con estas máquinas debido a que están ubicadas dentro de instituciones de educación superior, empresas, centros de salud, centros comerciales, entre otras locaciones en las ciudades más grandes del país.

Proyecto similar en la ESPOCH

Del repositorio DSpace de la ESPOCH se encontró un trabajo de titulación que guarda cierta similitud con el proyecto que se describe, Diseño y construcción de un modelo de máquina expendedora inversa (RVM) automatizada, orientada al reciclaje de botellas plásticas PET para la facultad de Mecánica – ESPOCH (Castillo Herrera and Daquilema Guaraca, 2014).

Dinero electrónico

El dinero electrónico está ganando una gran aceptación a nivel mundial, ya que 93 de 193 países han adoptado este medio de pago (El Telégrafo, 2017).

El continente africano representa el 80% de las cuentas de dinero electrónico existentes, mientras que América Latina y el Caribe representan un 12% (BBVA, 2015).

En el año 2000, en Kenia apareció la primera versión del dinero electrónico creada por una empresa de telefonía móvil, puesto que no todos los habitantes podían acceder a una cuenta bancaria (Vergara, 2015).

De acuerdo a los datos del Centro de Estudios Monetarios Latinoamericanos (CEMLA), Perú junto con México, son los países que más servicios de billetera móvil poseen en la región (Roa *et al.*, 2017).

En Ecuador, el dinero electrónico es un medio de pago para la inclusión de todos los sectores a la actividad tributaria (Quiñonez Alvarado *et al.*, 2016).

El dinero electrónico es el primer caso en el mundo de un dinero basado en teléfono móvil administrado y controlado por un gobierno central. Promocionado en Ecuador a finales de 2014, la iniciativa busca lograr la inclusión financiera de casi el 60% de la población. Es una forma más simple, rápida y barata que permite hacer transacciones financieras.

El sistema de dinero electrónico no requiere acceso a Internet o una cuenta en una institución financiera, y se puede canjear por dinero físico en cualquier momento.

Cada ciudadano podrá ser titular de una cuenta y participar en otras dos. Cuando se inscribe en el sistema, una cuenta virtual en el Banco Central del Ecuador se abre automáticamente. Esta cuenta no genera intereses y le permite hacer pagos desde el teléfono. Los requisitos para las personas naturales son el número de cédula de identidad y un número de teléfono celular (Moncayo and Reis, 2016).

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿De qué forma sería posible facilitar a los estudiantes de ingeniería electrónica la adquisición de componentes electrónicos con la implementación de una máquina expendedora de estos componentes con dos métodos de pago?

SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el proceso que realizan las máquinas expendedoras desde la recepción y clasificación de monedas hasta la entrega de los productos?

¿Qué tipo de tecnología de hardware y software es la más adecuada para el diseño completo del prototipo de máquina expendedora?

¿En qué se puede basar la implementación física y del control de la máquina expendedora?

¿De qué modo se puede comprobar la investigación realizada llevando del papel a la práctica los diseños y esquemas elaborados previamente?

¿Cómo podemos confirmar que el prototipo funciona correctamente en todos los procesos que debe realizar y la garantía en la entrega de los productos?

¿Con qué productos será surtida la máquina expendedora después de realizado todo el proceso de implementación?

JUSTIFICACIÓN

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

En un mundo tan competitivo, el factor tiempo juega un papel muy importante en la realización de actividades tanto profesionales como académicas.

Dentro de las actividades académicas, en el estudio de una carrera técnica existen materias prácticas, en las cuales es necesario el uso de componentes electrónicos continuamente y es inevitable la pérdida o el deterioro de estos, por lo que se hace necesaria su sustitución, esto lleva a la problemática que se tiene intención de resolver.

Debido al escaso número de centros de abasto de estos componentes en las cercanías de la ESPOCH y a la pérdida de tiempo que conlleva la adquisición de un nuevo componente al tener que movilizarse al centro de la ciudad para hacerlo, se vio la necesidad de diseñar e implementar el proyecto que se describe.

El proyecto consta del desarrollo e implementación de una máquina expendedora de componentes electrónicos y tiene la intención de facilitar a los estudiantes y docentes la adquisición de componentes electrónicos o utilería (marcadores) y aprovechar de mejor manera el factor tiempo en la realización de sus proyectos prácticos, debido a que con una ubicación estratégica de la máquina expendedora, se ahorrará tiempo y dinero en el proceso de compra de un nuevo componente electrónico.

JUSTIFICACIÓN APLICATIVA

La máquina expendedora estará constituida en su mayor parte en metal con un panel frontal mayormente de material transparente en el que se puede ubicar cualquier variante de plásticos acompañado por el panel de interacción con el usuario que incluye, la ranura de inserción de monedas, el dispositivo de visualización, el dispositivo de selección, la bandeja de entrega de los productos y la ranura de entrega de cambio.

Internamente se encuentra el controlador y el sistema de reconocimiento y clasificación de monedas constituido por un sensor óptico y un sensor electromagnético que en conjunto

determinan el valor de las monedas y discriminan las monedas falsas, en varios compartimentos se almacenan las monedas según su valor y un sistema de botadores empujan las monedas de una en una para entregar el cambio.

Para el manejo de dinero electrónico, la máquina hace uso de un módulo de comunicación GSM acoplado con el controlador y con una cuenta de dinero electrónico creada bajo el número del chip, este número estará publicado en el panel frontal de la máquina para que los usuarios puedan acceder a este modo de pago.

Para entregar los productos el controlador cuenta el crédito insertado tanto en monedas fraccionarias como en dinero electrónico y al recibir la selección del producto, da la orden al actuador de entrega correspondiente a la opción seleccionada y una serie de sensores comprueban que el producto sea entregado, si los sensores no detectan la entrega del producto, el controlador repite la orden.

Para evitar inconvenientes, la máquina expendedora habilitará la posibilidad de escoger un producto solo después de recibido el crédito necesario, y solo las opciones que se encuentran con un valor menor o igual al monto insertado, el crédito podrá ser cancelado enteramente por alguno de los dos métodos.

Los productos estarán ubicados en varias bandejas que a su vez tendrán en ella varios actuadores electromagnéticos encargados de entregar los productos, estos tendrán la posibilidad de ubicarse de forma individual y entregarse uno a uno según la cantidad requerida, el stock podrá visualizarse y revisarse antes de hacer la compra de modo que el usuario pueda conocer que cantidad del producto están disponibles.

Con el desarrollo del proyecto se permitirá a los autores aplicar los conocimientos adquiridos en las aulas durante el transcurso de la carrera en el proceso de desarrollo y ensamblaje de la máquina expendedora.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar, diseñar y construir un prototipo de máquina expendedora de componentes electrónicos básicos con capacidad de admitir pagos con dinero electrónico y con monedas fraccionarias y que garantice la entrega de los productos a los usuarios.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar acerca del proceso de funcionamiento de las máquinas expendedoras, la discriminación y clasificación de monedas y además el método usado para garantizar la entrega de los productos.
- Seleccionar la tecnología más adecuada a utilizarse en la fase de implementación del prototipo haciendo un estudio comparativo de las diferentes tecnologías existentes en el mercado.
- Diseñar un esquema de la máquina física con ayuda de un software de diseño mecánico y el esquema de control con ayuda de software de simulación electrónica buscando el control más óptimo a implementar.
- Implementar la máquina expendedora a partir de los esquemas desarrollados enfocados en el control para un funcionamiento eficiente en el proceso de compra y venta.
- Realizar pruebas del sistema con el fin de comprobar el correcto funcionamiento de la máquina para la compra y venta confiable y segura.
- Determinar cuáles son los componentes electrónicos más utilizados por los estudiantes para mantener el stock de componentes.

DELIMITACIÓN

Espacio

La presente investigación se delimita al cantón Riobamba, específicamente al área correspondiente a la Facultad de Informática y Electrónica de la ESPOCH, en donde se toma como muestra a los estudiantes de las carreras de Electrónica en Control y Redes Industriales y Electrónica en Telecomunicaciones y Redes, quienes darán el conocimiento de las dificultades que se presentan en la adquisición y reemplazo de componentes electrónicos.

Tiempo

La investigación está realizada en el presente año con los datos obtenidos de los estudiantes. Por lo tanto, el prototipo al ser reprogramable, da la posibilidad de incluir nuevos componentes y acoplarse fácilmente a los cambios que puedan presentarse a través del tiempo.

Alcance

Con la implementación del prototipo de una máquina expendedora de componentes electrónicos básicos se espera reducir el tiempo que toma sustituir un componente averiado durante el desarrollo de una práctica de laboratorio o la realización de un proyecto y, por tanto, alcanzar una aceptación por parte de los estudiantes de ingeniería electrónica.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se abordarán conceptos básicos necesarios sobre los temas que permitirán el desarrollo del proyecto.

1.1. Máquinas expendedoras

El diccionario de la Real Academia Española (RAE) define como máquina “que por procedimientos mecánicos hace funcionar una herramienta, sustituyendo el trabajo del operario” (RAE, 2017).

Por expendedor o expendedora se define como “persona que vende al por menor mercancías o efectos y más particularmente tabacos, sellos, etc., o billetes de entrada para espectáculos” (RAE, 2017).

Si se toman estos conceptos como base, se podría definir una máquina expendedora como: que por procesos electromecánicos vende mercancías al por menor, sustituyendo al vendedor.

Una definición más simple sería:

Máquina electrónica utilizada para dispersar un producto a un consumidor después de que se ha ingresado una cierta cantidad de dinero en la máquina. Las máquinas expendedoras se utilizan comúnmente para dispersar bebidas y aperitivos, pero en los últimos años las empresas han introducido máquinas expendedoras que dispersan otros artículos, incluso artículos electrónicos como cámaras digitales o iPod. (Vending Machine, 2018a)



Figura 1-1: Máquina expendedora moderna

Fuente: <https://goo.gl/images/WV1dAv>

1.1.1. Evolución

Las máquinas expendedoras tal como las conocemos tienen una edad aproximada de 120 años, pero su historia y evolución se remonta desde la época del antiguo Egipto.

La primera máquina expendedora que se conoce fue creada por el matemático griego Herón de Alejandría aproximadamente en el año 215 D.C. y fue ubicada dentro de los palacios egipcios para dispensar agua bendita a cambio de monedas. Esta máquina poseía un mecanismo rudimentario con el que una palanca accionada por el peso de una moneda que caía en su parte más ancha levantaba un tapón, permitiendo el paso del agua por un determinado tiempo hasta que la palanca vuelva a su posición original (Bellis, 2017).

Desde aquella época, el avance ha sido significativo pasando por la Revolución Industrial (1760-1840) donde aparecieron las primeras máquinas expendedoras modernas que vendían tarjetas postales (Mendoza, 2016).

Con el pasar de los años, debido a la constante innovación de las máquinas y al impresionante desarrollo de la tecnología, las máquinas expendedoras actuales pueden ofrecer cualquier tipo de producto o artículo bajo óptimas condiciones de sanidad y calidad, además de que brindan la posibilidad de pagar con monedas, billetes u otro tipo de pago.

En la Figura 2-1, se muestra la evolución de la máquina expendedora desde la más antigua hasta una de las más modernas.



Figura 2-1: Evolución de la máquina expendedora

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

1.1.2. Tipos de máquinas expendedoras

Actualmente, las máquinas expendedoras han evolucionado de tal manera que en ellas se puede ofertar casi cualquier mercancía partiendo por las ya conocidas máquinas de dulces o snacks, pasando por máquinas que venden libros y hasta máquinas expendedoras de medicinas.

La variedad de las máquinas expendedoras depende directamente de los consumidores y de la imaginación de sus creadores, gracias a esto en la actualidad hay máquinas con sistemas tan sencillos como las expendedoras de dulces y otras con sistemas tan sofisticados que son capaces de controlar el stock por wifi y manejar estadísticas de ventas (*Máquinas de Vending*, 2015).

1.1.2.1. Máquinas expendedoras de dulces

Las máquinas expendedoras de chicles se hicieron muy populares ya no solo en Estados Unidos y Reino Unido, sino también por todo el mundo porque constituyen un negocio lucrativo y que requiere una inversión relativamente baja puesto que su sistema es muy simple y no requiere de energía eléctrica o refrigeración (*Bubble Gum Machine*, 2018).

En nuestros días, este tipo de máquinas aún conservan un sistema simple de recepción de monedas y entrega de productos, pues solo trabajan con un tipo de moneda que se introduce hasta la mitad en una pequeña ranura sobre una perilla que al girarla acciona el mecanismo que libera una cantidad determinada de dulces hacia un conducto al cual tiene acceso el usuario tal como se muestra en la Figura 3-1 (*Bubble Gum Machine*, 2018).

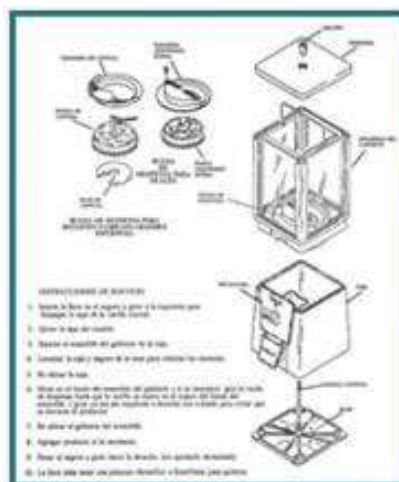


Figura 3-1: Máquina expendedora de dulces

Fuente: <https://goo.gl/images/kQL5ic>

1.1.2.2. Máquinas expendedoras tipo grúa

Estas máquinas expendedoras se utilizan principalmente con fines de entretenimiento y diversión. Consiste en una caja grande de cristal en donde se almacenan los premios.

Estas máquinas expendedoras necesitan un suministro de energía eléctrica y la intervención de la electrónica para controlar una pequeña grúa que será manipulada por el usuario a través de una palanca de mando. Una vez introducida la moneda o ficha, se podrá controlar la grúa mediante la palanca por un determinado tiempo.

En la Figura 4-1, se aprecia una máquina expendedora tipo grúa.



Figura 4-1: Máquina expendedora de grúa

Fuente: <https://goo.gl/images/36HZef>

1.1.2.3. Máquinas expendedoras de snacks

Las máquinas expendedoras más comunes son aquellas que ofertan snacks. Están conformadas por un sistema más avanzado en cuanto a la recepción del dinero y la entrega del producto, además de que sus materiales de construcción también están optimizados para garantizar la calidad, conservación y sanidad de los alimentos en su interior.

Su sistema electrónico les permite aceptar desde monedas y billetes hasta tarjetas de crédito, además que garantizan la entrega del producto, del cambio e incluso manejar estadísticas de ventas.

En la Figura 5-1, se indica una máquina expendedora de snacks.



Figura 5-1: Máquina expendedora de snacks

Fuente: <https://goo.gl/images/gWudGe>

1.1.2.4. Máquinas expendedoras de bebidas frías

En apariencia, este tipo de máquinas son similares a las demás, pero se diferencian del resto ya que internamente incluyen un sistema de refrigeración muy sofisticado para mantener las bebidas frías.

Los modelos antiguos de estas máquinas no mostraban sus productos, ya que no poseían la tecnología para evitar que el cristal se empañe o se escarche. En los modelos actuales, el problema de la escarcha y empañamiento del cristal desaparece.

Además de ofrecer bebidas frías, dan la posibilidad de expender otro tipo de alimentos refrigerados tales como frutas, embutidos, helados, entre otros (*The Different Types Of Vending Machines*, 2010).

En la Figura 6-1, se muestra una máquina expendedora de bebidas frías.



Figura 6-1: Máquina expendedora de bebidas frías

Fuente: <https://goo.gl/images/HA3w5Q>

1.1.2.5. Máquinas expendedoras de bebidas calientes

Estas máquinas expendedoras poseen un sistema moderno ya que debe preparar distintas bebidas calientes con diferentes cantidades de ingredientes según la elección del usuario. Internamente, consta de una serie de contenedores para cada uno de los ingredientes, además de contar con un molinillo en caso de ofrecer café recién molido.

En general, cuando el usuario realiza la selección, la máquina se encarga de calentar el agua o leche y realizar la mezcla de los ingredientes dependiendo de la selección que haya hecho el cliente. Posteriormente, la mezcla es vertida en un vaso y despachada al usuario. Todo este proceso se realiza bajo óptimas condiciones de higiene y calidad (*How do coffee vending machines work?*, 2018).

En la Figura 7-1, se aprecia una máquina expendedora de bebidas calientes.



Figura 7-1: Máquina expendedora de bebidas calientes

Fuente: <https://goo.gl/images/9HsVUU>

1.1.2.6. Máquinas expendedoras de productos no comestibles

Las máquinas expendedoras de productos no comestibles en su mayoría poseen el mismo sistema de una máquina de snacks, pero dependiendo del tipo de producto, se incorporarán sistemas que mantengan ciertas condiciones de temperatura. Por la variedad de los productos el sistema es más complejo para la selección, puesto que se tiende a combinar letras y números para formar códigos.

La entrega suele realizarse mediante un sistema de botadores que expulsan los productos colocados en columnas de modo que abarquen más variedad de forma que salgan una a la vez.

En la Figura 8-1, se indica una máquina expendedora de productos no comestibles.



Figura 8-1: Máquina expendedora de productos no comestibles

Fuente: <https://goo.gl/images/FqjzL>

1.1.2.7. Máquinas expendedoras de cambio

Las máquinas expendedoras de cambio suelen ubicarse en centros comerciales o en lugares en donde el cambio es altamente solicitado. Su operación es muy sencilla cambiando billetes en monedas o viceversa y debido a que solo entregan cambio, tienen la ventaja de ser pequeñas y caber en casi cualquier sitio.

Consiste en un sistema de reconocimiento de monedas, billetes o tarjetas de crédito o débito. El usuario que inserta el crédito tiene la opción de elegir como desea cambiar el monto introducido. Una luz piloto en la máquina indica a los usuarios que el cambio que contiene está terminándose y que es necesario recargarla, de este modo los usuarios no pierden el dinero ingresado (*The Different Types Of Vending Machines*, 2010).

En la Figura 9-1, se ilustra una máquina expendedora de cambio.



Figura 9-1: Máquina expendedora de cambio

Fuente: <https://goo.gl/images/4SRo8k>

1.1.2.8. Máquinas expendedoras de WiFi

Las máquinas expendedoras no solo tienen la capacidad de ofertar productos, sino también servicios y en este caso uno de los más solicitados es el internet inalámbrico o WiFi.

Esta máquina solo necesita un suministro de energía eléctrica y un modem que genere señal WiFi para atender hasta cincuenta usuarios con una cobertura de hasta ciento cincuenta metros.

La máquina provee una señal de WiFi detectable y abierta hacia todos los dispositivos. Sin embargo, para navegar necesitará de una clave que la máquina le genera dependiendo del tiempo que desee conectarse a la red el usuario. El tiempo de navegación va desde una hora hasta doce horas de conexión continua, luego de ese tiempo, la conexión terminará (*WiFi al toque*, 2017).

En la Figura 10-1, se muestra una máquina expendedora de WiFi.



Figura 10-1: Máquina expendedora de WiFi

Fuente: <https://goo.gl/images/3Ffc32>

1.1.3. Partes de una máquina expendedora

1.1.3.1. Estructura

La estructura está compuesta de dos partes metálicas como es el gabinete y el tanque.

El gabinete metálico es el encargado de contener en su interior todos los componentes. Por lo tanto, ayuda a determinar el tamaño de la máquina. En cambio, el tanque es una caja metálica que albergará todos los productos que se van a expender.



Figura 11-1: Estructura de una máquina expendedora

Fuente: <https://goo.gl/images/fJfNye>

1.1.3.2. Componentes electrónicos

Los componentes electrónicos componen la interfaz que interactúa con el usuario.

Los validadores de monedas y billetes comprueban que el dinero sea real y la cantidad adecuada para acceder al producto. La botonera permite que el usuario realice la selección. Esta botonera está conectada a la placa de control que activan los motores que a su vez giran los espirales para que el producto sea liberado. Adicionalmente, las pantallas muestran detalles como precios e información del estado de la máquina (Vending Machine, 2018b).

1.1.4. Sistemas que intervienen en el funcionamiento de una máquina expendedora

1.1.4.1. Sistema de conteo de crédito introducido en monedas

El desarrollo tecnológico ha dotado a las máquinas expendedoras con la capacidad de admitir no solo una moneda, sino, acumular el crédito al insertar varias monedas en la máquina. Internamente, la máquina reconoce y suma las monedas, y después de haber conseguido el valor total, la máquina entrega al usuario las mercancías seleccionadas. Las monedas ingresadas se clasifican según su valor apilándose en columnas una sobre otra (Science Channel, 2016).

1.1.4.2. Sistema de entrega de cambio

El sistema para la entrega de cambio es muy distinto al sistema de conteo de crédito.

Cuando la moneda es insertada en la máquina, a más de ser reconocida y clasificada, realiza una comparación entre el total de crédito ingresado con el valor total de la compra. Si el crédito ingresado es superior al valor total, la máquina entrega el producto y el cambio exacto expulsando una moneda a la vez. Si el crédito ingresado es inferior al valor total, la máquina queda a la espera del crédito necesario. Si el crédito ingresado es igual al valor total, la máquina solo entrega el producto y el proceso de compra se reinicia (Science Channel, 2016).

1.1.4.3. Sistema de entrega del producto

Tras recibir el crédito total, el controlador central da la orden para que el motor correspondiente gire durante el tiempo suficiente, consiguiendo la caída del producto en el espacio de entrega. Sin embargo, ciertas veces se presenta un problema de atascamiento del producto al final de la bandeja, provocando que el usuario no obtenga su producto.

Por esta razón, las nuevas máquinas expendedoras poseen un conjunto de sensores infrarrojos colocados en la parte inferior de la última bandeja. A través de los sensores, la máquina detecta si el producto ha caído y ha cortado varios haces infrarrojos, por lo que el producto ha llegado a las manos del usuario. Si la máquina no detecta la caída del producto, el controlador da la orden al motor correspondiente para girar nuevamente hasta que se detecte el corte en el haz infrarrojo.

De este manera, la máquina garantiza que el producto se entregue, en el caso de no haber existencias del producto la maquina no admite su selección (Science Channel, 2016).

1.1.5. Fabricación de una máquina expendedora

La fabricación de las máquinas expendedoras es muy variado, sin embargo, es posible generalizar la línea de producción.



Figura 12-1: Fabricación de una máquina expendedora

Fuente: <https://goo.gl/images/WE86P7>

La línea de producción comienza por el gabinete de la máquina que se construye de acero galvanizado. Las láminas son cortadas, perforadas y dobladas para dar la forma básica al gabinete. Las láminas de acero se unen mediante un proceso llamado soldadura por puntos que funden los metales y se entremezclan para formar una unión resistente. El mismo proceso se realiza para construir el tanque que irá asegurado en el interior del gabinete.

Tanto el gabinete como el tanque tendrán las perforaciones y dobleces precisos permitiendo sin problemas el montaje de los dispositivos posteriormente.

La estructura es montada sobre un transportador aéreo que recorrerá una serie de etapas de tratamiento. Las etapas comienzan por un baño alcalino que eliminará la suciedad más pesada. Luego un segundo baño limpiará la suciedad más liviana. Posteriormente, se cubre con fosfato de zinc, pasa por una etapa que aplica ácido crómico y una etapa de aplicación de sellador. Entre cada etapa, la estructura es enjuagada y por último es sumergida en agua desionizada.

Al introducir la estructura al horno de secado por un determinado tiempo y temperatura, se garantiza que no exista humedad en la superficie.

Al salir del horno, la estructura ingresa en una cabina de pintado o acabado en polvo. Se rocía hasta obtener una capa uniforme (1.5-2mm). Este polvo posee carga positiva y se adhiere a la estructura que está conectada a tierra.

Luego, la estructura entra a la cabina de pulverizado y pasa nuevamente al horno con el objetivo de que el polvo quede fijado a la superficie. En la cámara de enfriamiento, se inserta aislante de espuma de poliuretano entre el tanque y el gabinete, de esta manera da mayor estabilidad a la estructura.

Por separado, pero bajo el mismo procedimiento se construye la puerta. En el proceso de montaje, mientras en la estructura se colocan las bandejas, motores y demás dispositivos; en la puerta se ubica el panel de control, identificador de monedas y billetes, además de la bandeja de entrega del producto y demás dispositivos de control y visualización.

Finalmente, la puerta se une a la estructura, se realiza el cableado correspondiente, se coloca la iluminación necesaria y las cerraduras. Con esto, la máquina expendedora está terminada y lista para ser sometida al control de calidad (*Vending Machine*, 2018b).

1.2. Sistemas de pago

Actualmente, las máquinas expendedoras tienen la capacidad de aceptar cualquier tipo de método de pago, desde el clásico pago por monedas hasta la implementación de nuevos métodos de pago inteligentes.

1.2.1. Sistema de pago por monedas

Las primeras máquinas expendedoras aceptaban un solo tipo de moneda y esta debía ser la correcta para acceder al producto deseado.

Actualmente, las máquinas identifican las monedas según las propiedades físicas como su espesor, su diámetro y el número de crestas en su borde, pero las máquinas nuevas tienen la capacidad de realizar la identificación analizando la composición química de las monedas.

En el proceso de identificación, la moneda atraviesa un campo magnético generado por dos bobinas de cobre alimentadas, luego confirma su tipo según el tiempo que corte un haz de luz emitido por diodos y sensores. Si la moneda es real permite su paso para el almacenamiento, sino, es rechazada y devuelta al usuario.

Tras esto, las señales electrónicas son enviadas a la placa principal para que el cliente continúe con su compra (Molis, 2017).

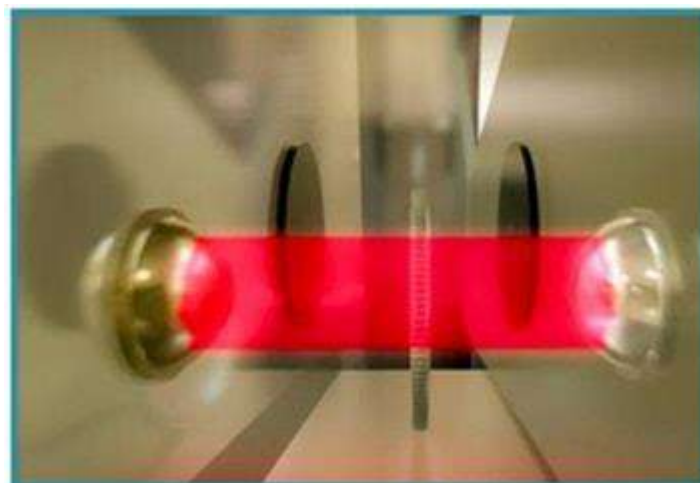


Figura 13-1: Proceso de identificación de monedas

Fuente: <https://goo.gl/images/hDnKyj>

1.2.2. Sistema de pago por billetes

Hasta hace poco, las máquinas expendedoras pre-digitales contaban con un cabezal magnético encargado de leer la tinta de los billetes para obtener datos de veracidad de los billetes y el valor de los mismo.

En el proceso de identificación, cámaras digitales en miniatura realizan un escaneo para identificar fracturas para patrones específicos, además de medir el tamaño de los billetes. Como los billetes son impresos con tinta magnética, se aplica una pequeña corriente eléctrica o se usa un escáner ultravioleta con el fin de medir el brillo emitido por la tinta.

De este modo, si el billete es real se almacena y se da paso para que el cliente continúe con la compra, sino, el billete es rechazado (Molis, 2017).

1.2.3. Sistema de pago inteligente

El pago a través de monedas y billetes seguirá existiendo, pero con el avance de la tecnología, se están implementando nuevas formas de pago en las máquinas expendedoras.

Uno de los medios de pago es a través de una aplicación móvil. El sistema se basa en la instalación de una tarjeta Bluetooth en cualquier parte de la máquina. El usuario ingresa a la aplicación móvil y se conecta a la máquina, realiza la compra y la aplicación resta la cantidad exacta (El Mercurio, 2016).

Para otro de los sistemas de pago, el usuario debe poseer una tarjeta de crédito o débito y un teléfono inteligente. Todo es ejecutado de manera electrónica. Para esto, la conexión se realiza a través de una tarjeta SIM insertada en un lector de tarjetas. Con solo acercar el teléfono al lector de tarjetas, el pago se deducirá automáticamente (El Mercurio, 2016).

Bajo la tecnología inalámbrica de comunicación de campo cercano o NFC (Near Field Communication), para realizar compras en la máquina expendedora, solo es necesario pasar el teléfono frente del lector instalado en la máquina. Con esto, la transacción y la compra se completa (El Mercurio, 2016).

El sistema de pago a través de internet o usando monederos electrónicos exige la instalación de un sistema para conexión a internet. Es uno de los métodos que sigue en desarrollo (*El progreso hacia el vending inteligente*, 2014).

1.3. Dinero electrónico

Mediante el Registro Oficial N° 332, Segundo Suplemento del Código Orgánico Monetario y Financiero (COMF) aprobado por la Asamblea y publicada el 12 de septiembre del 2014, dentro Título 1 Sistema Monetario, capítulo 2 Medios de pago, el Artículo 101 expresa:

Artículo 101.- Moneda electrónica. La moneda electrónica será puesta en circulación privativamente por el Banco Central del Ecuador, respaldada con sus activos líquidos, sobre la base de las políticas y regulaciones que expida la Junta de Política y Regulación Monetaria y Financiera. (Asamblea Nacional del Ecuador, 2014)

Este método de pago empezó a operar desde el 27 de febrero del 2015 y su único ente regulador es el Banco Central del Ecuador.

El dinero electrónico constituye un método de pago tal como las monedas fraccionarias, las tarjetas de débito o de crédito o los cheques.

Esta moneda no es diferente al dólar pues tiene el mismo valor y permite realizar pagos a través de teléfonos celulares. Para ello no es necesario tener una cuenta bancaria ni conexión a internet pues el dinero electrónico se usa tal como la moneda fraccionaria en circulación. El usuario puede usarla con toda confianza y puede ser cambiado por dinero físico en cualquier momento.

Para obtener una cuenta de dinero electrónico, el usuario no requiere acercarse a una entidad financiera y puede realizarlo a cualquier hora del día tan solo digitando *153# desde su teléfono celular y siguiendo los pasos que el sistema le indica.

Cuando se activa una cuenta, las personas naturales no requieren presentar ningún documento físico. En cambio, la persona jurídica o empresa debe acceder a la página www.efectivo.ec y adjuntar los documentos solicitados en el sitio.

Para cargar dinero en la cuenta es un proceso simple que consiste en acercarse a un centro autorizado para realizar cargas. Allí deberá presentar su cédula de ciudadanía, proporcionar el número asociado a su teléfono celular y definir el monto que desea cargar a su cuenta de dinero electrónico. Luego se confirman los datos de carga en el teléfono móvil y se entrega el dinero físico. Después, recibirá un mensaje de texto confirmando la carga a su cuenta de dinero electrónico.

Para realizar un pago con este medio, el usuario deberá marcar *153# desde su celular y seleccionar la opción “1 Pago”. A continuación, se ingresa el número celular al que se va a realizar el pago y se teclea el monto a pagar. Para concretar el pago se digita la clave. Al terminar la transacción, ambas partes reciben un mensaje de texto confirmando la operación.

El dinero electrónico se entrega únicamente bajo petición del ciudadano y está respaldado bajo activos del Banco Central del Ecuador, este medio está diseñado para funcionar bajo dolarización y respaldar este esquema monetario y permite realizar transacciones en cualquier parte del país (El Telégrafo, 2016).

Este medio de pago se decide implementar en la máquina expendedora, que posee un número celular asociado a una cuenta de dinero electrónico a través un chip GSM que, al recibir el monto necesario, la máquina habilita la entrega de los productos al usuario.



Figura 14-1: Método de pago a través de un teléfono celular

Fuente: <https://vendingpons.com/wp-content/uploads/La-APP-de-Vending-Pons.jpg>

Mediante el Registro Oficial N° 150, Segundo Suplemento de la Ley Orgánica para la Reactivación de la Economía, Fortalecimiento de la Dolarización y Modernización de la Gestión Financiera aprobada por la Asamblea Nacional y publicada el 29 de diciembre del 2017, dentro del Artículo 7 literal 15 expresa:

Sustitúyase el Artículo 101 del Código Orgánico Monetario y Financiero por el siguiente:

'Art. 101.- Medios de Pago electrónicos. - Los medios de pago electrónicos serán implementados y operados por las entidades del sistema financiero nacional de conformidad con la autorización que le otorgue el respectivo organismo de control.

Todas las transacciones realizadas con medios de pago electrónicos se liquidarán y de ser el caso compensarán en el Banco Central del Ecuador de conformidad con los procedimientos que establezca la Junta de Política y Regulación Monetaria y Financiera.

Para efectos de supervisión y control en el ámbito de sus competencias, los organismos de control respectivos y el Banco Central del Ecuador, mantendrán interconexión permanente a las plataformas de las entidades del sistema financiero a través de las cuales se gestionen medios de pago. ' (Asamblea Nacional del Ecuador, 2017)

Esta ley entra en vigor el 1 de enero del 2018 y dispone que todas las transacciones en medios electrónicos de pago se efectúen mediante las plataformas del sistema financiero nacional privado, es decir, el Banco Central del Ecuador ya no administrará el sistema y solo se encargará de realizar tareas de supervisión (El Comercio, 2018).

Durante los casi cuatro años que funcionó el sistema, y tras cuatrocientas nueve mil cuentas de dinero electrónico existentes, se dispone el cierre de las cuentas y la desaparición del sistema de dinero electrónico hasta el 31 de marzo del 2018 (Tapia, 2018).

Por lo tanto, mientras se implementaba este método de pago en la máquina, el sistema de dinero electrónico se cerró. Por tal motivo y dando solución a este inconveniente, se decide realizar una simulación bajo el mismo mecanismo que manejaba el sistema de dinero electrónico, es decir, el pago a través de un teléfono celular manejando mensajes de texto.

1.4. Dispositivos electrónicos

1.4.1. Tarjetas de desarrollo

Las tarjetas o también conocidas como placas de desarrollo, son dispositivos que poseen un microcontrolador o un procesador en su estructura. Estas placas permiten realizar cualquier tipo de sistema, ya que cada tarjeta trabaja bajo su propio lenguaje de programación.

Hay un gran número de tarjetas de desarrollo en el mercado como se aprecia en la Figura 15-1, tales como Arduino, Raspberry Pi, FPGA, Seeeduino, entre otros (Quispe, 2017).

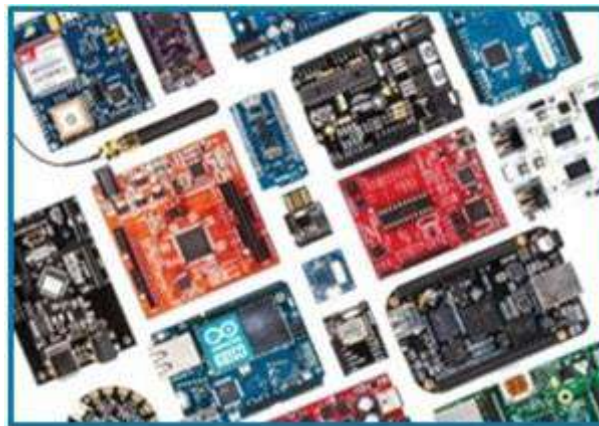


Figura 15-1: Tarjetas de desarrollo

Fuente: <https://goo.gl/images/bnqggK>

1.4.1.1. Tarjeta de desarrollo Arduino

Arduino es una plataforma de código abierto basado en hardware y software fácil de usar.

Se presenta como una placa con un microcontrolador con entradas y salidas que podemos programar y configurar para que realicen cualquier proyecto que se tenga en mente. En la placa se encuentran conectados todos los controladores que se encargan de gestionar el resto de complementos y circuitos conectados. El software es un entorno de desarrollo integrado o IDE (Integrated Development Environment) y es fácil de usar (Aranda, 2014, p.62).

En la Figura 16-1, se muestran los distintos modelos de placas Arduino.

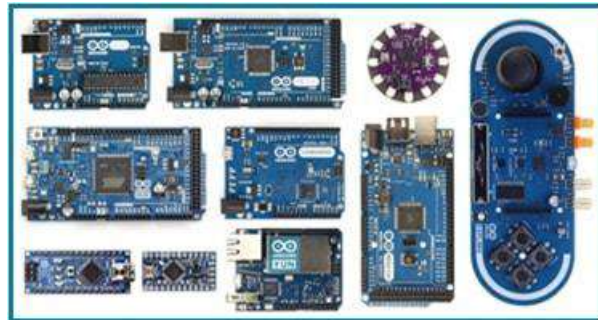


Figura 16-1: Tarjetas de desarrollo Arduino

Fuente: <https://goo.gl/images/7Wq3SA>

Características generales de las placas Arduino:

- Microprocesador ATmega
- Memoria flash, SRAM y EEPROM
- Pines de entrada y salida digital
- Pines de entrada analógica
- Frecuencia de reloj
- Voltaje de operación 5V

1.4.1.1.1. Memorias de la tarjeta de desarrollo Arduino

La tarjeta de desarrollo Arduino usa tres tipos de memorias como son la memoria SRAM, la memoria EEPROM y la memoria Flash.

La memoria estática de acceso aleatorio o SRAM (Static Random Access Memory) es una memoria volátil que maneja variables y datos que el sketch crea y manipula cuando se ejecuta.

Los datos o valores que se generan durante la ejecución del sketch son temporales (*Memoria Flash, SRAM y EEPROM, 2017*).

La memoria EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) es una memoria no volátil y en ella se guardan datos en variables que usa el programa. Esta memoria posee un limitado número de lectura y escritura. Realizar la lectura byte a byte puede parecer algo lento, pero es mucho más rápido que realizar una escritura. La duración de la EEPROM es de aproximadamente cien mil ciclos de escritura (*Memoria Flash, SRAM y EEPROM, 2017*).

La memoria Flash es una memoria no volátil similar a un disco duro o un dispositivo de almacenamiento. Esta memoria solo almacena el sketch y no se puede modificar ni el código ni los datos o valores (*Memoria Flash, SRAM y EEPROM, 2017*).

1.4.1.2. Tarjeta de desarrollo Raspberry Pi

Raspberry Pi es una motherboard de tamaño reducido, de bajo costo y de código abierto. Fue creada para despertar el interés sobre la informática y electrónica.

Este pequeño ordenador es capaz de soportar varios dispositivos a través de sus entradas y salidas, además de darnos la posibilidad de comunicar datos. Esta placa trabaja bajo un sistema operativo de código abierto como lo es GNU/Linux (Aranda, 2014, pp.148-152).

En la Figura 17-1, se presentan los distintos modelos de placas Raspberry Pi.

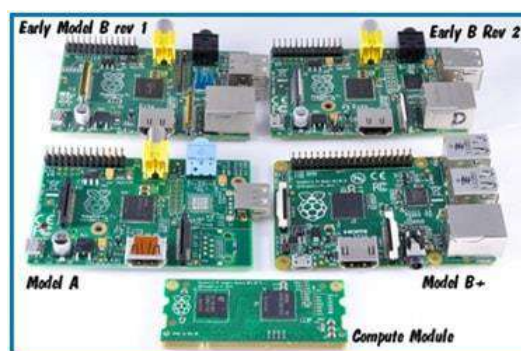


Figura 17-1: Tarjetas de desarrollo Raspberry Pi

Fuente: <https://goo.gl/images/9dRxeD>

Características generales de las placas Raspberry Pi:

- Procesador central (CPU)
- Procesador gráfico

- Memoria RAM
- Conector RJ45
- Puertos USB
- Salidas de audio y video
- Pines de entrada y salida
- Lector de tarjetas SD
- Puerto de alimentación microUSB de 5V

1.4.2. Módulo de comunicación GSM

Una tarjeta de desarrollo se puede comunicar con el exterior mediante ethernet o wifi. Pero si no se tiene acceso a estas tecnologías, la comunicación GSM/GPRS será de gran ayuda.

Un módulo de comunicación GSM/GPRS con tarjeta SIM permite implementar esta tecnología, transformando una tarjeta de desarrollo en un teléfono celular. A través del módulo se puede realizar llamadas, enviar y recibir mensajes, además de tener la posibilidad de una conexión a internet.

El Sistema Global para Comunicaciones Móviles o GSM (Global System for Mobile communications) permite transmitir voz, además de datos, pero a una velocidad baja (9kb/s). El sistema GPRS (General Packet Radio Service), al ser una extensión de GSM, transmite paquetes de una forma más eficiente para las comunicaciones de datos. La velocidad máxima es de 171kb/s.

Todo el control y la configuración del módulo de comunicación se lo realiza a través de comandos AT (Prometec, 2016).



Figura 18-1: Módulos de comunicación GSM

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

1.4.2.1. Comandos AT

De la palabra atención proviene el conjunto de comandos AT usados para configurar módems, convirtiéndose en un estándar abierto de comandos (Aranda, 2014, p.135).

La sintaxis que manejan los comandos es “AT<x><n>” o “AT&<x><n>”, en donde <x> representa el comando y <n> representa los argumentos del comando (Aranda, 2014, p.135).

La lista de comandos AT es demasiado extensa pero los más importantes se muestran en la Tabla 1-1.

Tabla 1-1: Principales comandos AT

Comandos AT	Descripción
“AT”	Comando de prueba
“ATA”	Recibe una llamada entrante
“ATDXXXXXXXXXX”	Realiza una llamada a un número
“ATH”	Cuelga una llamada
“AT+CMGF=1\r”	Configura el sistema SMS en modo texto
“AT+CMGS=XXXXXXXXXX”	Envía un mensaje de texto a un número
“AT+CMGR=1”	Lee el mensaje de texto
“AT+CNMI=2,2,0,0,0\r”	Muestra el mensaje de texto en la salida serie

Fuente: Aranda, 2014

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

1.4.3. Dispositivos de visualización

1.4.3.1. Dispositivo de visualización LCD

La pantalla de cristal líquido o LCD (Liquid Cristal Display) es un dispositivo de visualización de mensajes, instrucciones o información a través de caracteres alfanuméricos o símbolos. El proceso de visualización es manejado por un microcontrolador que permite su funcionamiento.

Existen varias presentaciones de LCD como 2x8, 2x16, 4x20, entre otros, tal como se muestra en la Figura 19-1. El LCD más usado es de 2x16, es decir, posee 2 filas de 16 caracteres cada una. Dependiendo del modelo, los pixeles de cada carácter o símbolo varían. Su conexión es sencilla y se puede comunicar con cualquier dispositivo de control o tarjeta de desarrollo (Salas, 2013).

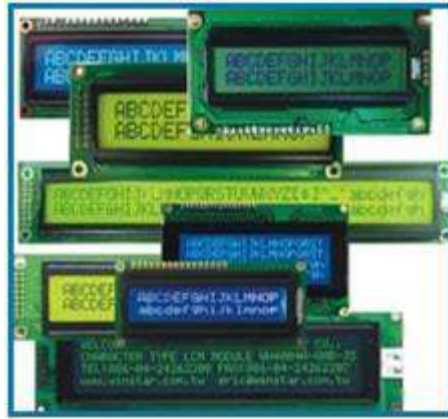


Figura 19-1: Dispositivos LCD

Fuente: <https://goo.gl/images/FUYVWE>

1.4.3.2. Dispositivo de visualización pantalla TFT Nextion

La pantalla TFT Nextion (Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display) es prácticamente una HMI (Human Machine Interface), es decir, una interfaz de control y visualización entre el ser humano y la máquina, proceso o dispositivo.

La pantalla Nextion trabaja bajo una parte de hardware como son las distintas versiones de la placa, y bajo una parte de software que es su propio editor que permite crear las interfaces. De forma general, la pantalla posee un puerto serie para comunicación, un slot para actualizar el firmware y es compatible con distintos dispositivos de control o tarjetas de desarrollo (ITEAD, 2017).



Figura 20-1: Pantallas Nextion

Fuente: <https://goo.gl/images/cdqqQz>

1.4.4. Actuadores

Un actuador es un dispositivo capaz de transformar una magnitud física o energía en otro tipo de

magnitud, ya sea fuerza, posición o velocidad sobre algún elemento mecánico. Los diferentes tipos de actuadores son eléctricos, neumáticos e hidráulicos (Corona Ramírez, Abarca Jiménez and Mares Carreño, 2014, p.280).

1.4.4.1. Actuadores Eléctricos

Un actuador eléctrico se encarga de transformar la energía eléctrica en energía mecánica, generando movimiento. Dentro de los actuadores eléctricos se encuentran los motores DC, motores AC, motores paso a paso y servomotores (Corona Ramírez, Abarca Jiménez and Mares Carreño, 2014, p.280).

1.4.4.1.1. Servomotores

Un servomotor es un dispositivo muy utilizado. Su composición se basa en un motor acoplado a un sistema de reducción de velocidad y a un multiplicador de fuerza, además de un circuito de control.

Por lo general, el eje de los servomotores gira hasta un ángulo de 180°, pero mediante un proceso llamado trucamiento, se consigue un giro libre de 360°. El control se lo realiza a través de la modulación por ancho de pulso o PWM (Corona Ramírez, Abarca Jiménez and Mares Carreño, 2014, p.286).

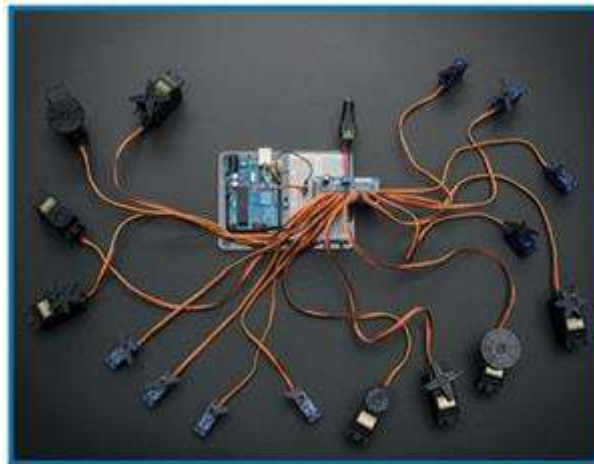


Figura 21-1: Servomotores

Fuente: <https://goo.gl/images/c7bK57>

1.4.4.1.2. Motores paso a paso

Un motor paso a paso funciona bajo el mismo principio de un motor DC, es decir, el rotor es la

parte móvil y el encargado de proporcionar la fuerza que ejerce sobre el elemento mecánico, mientras que el estator es la parte fija y el encargado de generar el campo magnético necesario para inducir una fuerza electromotriz.

La diferencia entre un motor paso y un motor DC radica en el control. Para avanzar un cierto valor en grados (pasos) y dar una vuelta, el motor paso a paso recibe una determinada serie de impulsos eléctricos (Corona Ramírez, Abarca Jiménez and Mares Carreño, 2014, p.33).



Figura 22-1: Motores paso a paso

Fuente: <https://goo.gl/images/uSgv5e>

1.4.5. Sensores

De forma general, un sensor es un dispositivo de entrada que transforma una variable física medida en una señal eléctrica, ya sea analógica o digital y que es entregada a un sistema de medida para su tratamiento (Corona Ramírez, Abarca Jiménez and Mares Carreño, 2014, p.17).

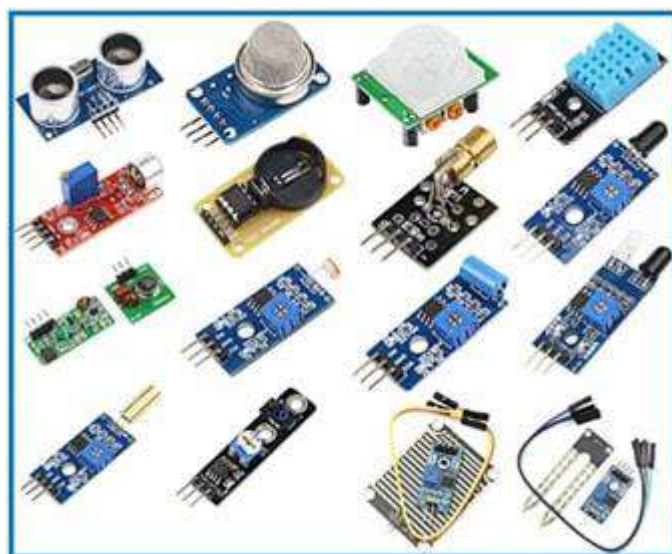


Figura 23-1: Sensores

Fuente: <https://goo.gl/images/M9uzWp>

1.4.5.1. Sensores infrarrojos

Estos sensores se componen de un emisor de luz infrarroja y de un elemento fotosensible que son los encargados de detectar si hay algún corte o interrupción en la emisión de luz infrarroja. La luz que se emite no es visible por el ojo humano, es decir, la luz está fuera del espectro visible por lo que se necesita de una cámara para observar la emisión de la luz (Corona Ramírez, Abarca Jiménez and Mares Carreño, 2014, p.115).

1.4.5.2. Sensores LDR o fotorresistencias

Un sensor LDR o resistencia dependiente de luz (Light Dependent Resistor), o comúnmente conocido como fotorresistencia, es un dispositivo que tiene como particularidad la variación de su resistencia en función de una fuente de luz.

Si es expuesta a una baja iluminación, la resistencia es alta, mientras que, si es expuesta a alta iluminación, la resistencia es baja. Ya que el sensor no genera voltaje ni corriente, se acondiciona a través de un divisor de voltaje para que la señal pueda ser tratada (Corona Ramírez, Abarca Jiménez and Mares Carreño, 2014, p.125).

1.4.6. Protocolos de comunicación

Los protocolos de comunicación permiten la transmisión de un conjunto de datos desde cualquier microcontrolador o componente electrónico a otro, además de la comunicación con el mundo exterior.

1.4.6.1. Comunicación I2C/TWI

La comunicación I2C (Inter-Integrated Circuit) o TWI (Two Wire Interface), es un sistema que permite la comunicación entre circuitos integrados o microcontroladores. La característica principal radica en el uso de dos líneas para la transmisión de información.

Una única línea para transmitir los datos (SDA), es decir, transmisión half dúplex, por lo que la comunicación se establece en un solo sentido al mismo tiempo. Por lo tanto, cuando un dispositivo recibe un mensaje, debe esperar a que el emisor termine la transmisión para poder responderle. La otra línea envía la señal de reloj (SCL) que se encarga de sincronizar todos los componentes conectados al bus de comunicación.

El dispositivo maestro se encarga de generar la señal de reloj y todos los dispositivos conectados al bus de comunicación poseen una dirección única que los diferencian del resto. La velocidad estándar de la transmisión de datos es de 100kbits por segundo (Torrente Artero, 2013, pp.79-81).

1.4.6.2. Comunicación Serial

La comunicación serie o serial se caracteriza por transmitir y recibir datos y órdenes entre microcontroladores o componentes electrónicos por un único canal bit a bit. Para esto, el microcontrolador debe disponer de un transmisor/receptor serie TTL-UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter).

El medio físico para la comunicación es a través de un cable USB o por los pines digitales RX y TX del microcontrolador. Para comunicarse con un dispositivo externo, se debe conectar el pin RX del microcontrolador con el pin TX del dispositivo externo, y el pin TX del microcontrolador con el pin RX del dispositivo externo, además de compartir la misma tierra.

Para la configuración y programación se debe tomar en consideración no usar estos pines como entradas o salidas y dejarlos exclusivamente para la comunicación (Torrente Artero, 2013, pp.173-174).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se presenta el proceso de diseño para la implementación de la máquina expendedora incluyendo los diagramas, selección de hardware y software, diseños, esquematización, programación, implementación y montaje de la máquina.

2.1. Diagrama de desarrollo del proyecto por etapas

El proceso de implementación del prototipo se divide en siete etapas con el fin de simplificarlo, reduciéndolo a pequeñas actividades y al mismo tiempo mantener un orden de ejecución de cada una de ellas.

En la Figura 1-2, se muestra el diagrama de desarrollo del proyecto por etapas.

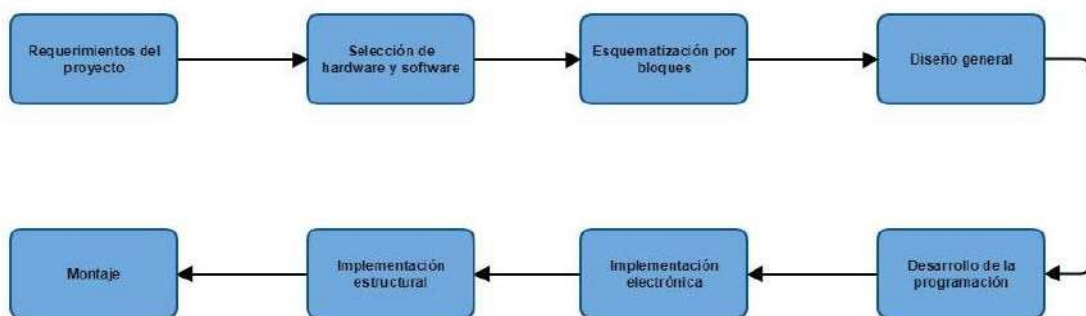


Figura 1-2: Diagrama de desarrollo del proyecto por etapas

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.2. Requerimientos del proyecto

En base a lo expuesto en el capítulo anterior sobre las máquinas expendedoras, se definen los siguientes requerimientos:

- Ser intuitivo y de fácil manejo para los usuarios.
- Receptar el pago, tanto físico como electrónico.
- Garantizar la entrega confiable de los productos y del cambio exacto.
- Notificar al propietario la falta de existencias tanto de productos como de monedas.

- Ser fácilmente configurable tanto los precios y cantidad de los productos como también la cantidad de las monedas.

2.3. Selección de hardware y software

A partir de las principales características de los dispositivos electrónicos y también del software, se seleccionan los más óptimos para el desarrollo de la máquina expendedora.

2.3.1. Hardware

2.3.1.1. Tarjeta de desarrollo Arduino

Para el control de la máquina se necesita de aproximadamente 100 pines de entrada/salida digital, además de poseer pines analógicos y también soportar el protocolo de comunicación I2C y serial.

En la Tabla 1-2, se realiza una comparativa entre la tarjeta de desarrollo Arduino y Raspberry.

Tabla 1-2: Comparativa entre Arduino y Raspberry

	Arduino	Raspberry
Controlador	Microcontrolador ATmega	Procesador central Broadcom
Memorias	Memoria flash, SRAM, EEPROM	RAM
Pines de entrada y salida	Si	Si
Pines de entrada analógica	Si	Si
Salida de audio y video	No	Si
Lector de tarjetas SD	A través de módulo	Si
Puerto Ethernet	A través de módulo	Si
Puertos USB	No	Si
Voltaje de operación	5V	5V

Fuente: Aranda, 2014

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

De la Tabla 1-2, se selecciona como tarjeta de desarrollo a la placa Arduino. Uno de los principales motivos es la gran cantidad de pines de entrada/salida en comparación con la placa Raspberry. Los tipos de comunicación que maneja la placa, además de su bajo costo y el software de código abierto, facilitaron la selección como tarjeta de desarrollo a la placa Arduino.

Dentro de la plataforma Arduino, hay diversas placas por lo que se realiza una comparación en la Tabla 2-2 para seleccionar la que mejor se adecua para la máquina expendedora.

Tabla 2-2: Comparativa entre Arduino Uno y Arduino Mega

	Arduino UNO REV3	Arduino MEGA 2560 REV3
Microcontrolador	ATmega328P	ATmega2560
Voltaje de operación	5V	5V
Voltaje de entrada	7 - 12V	7 - 12V
Voltaje de entrada limite	6 - 20V	6 - 20V
Pines de entrada y salida digital	14 (6 salida PWM)	54 (15 salida PWM)
Pines de entrada analógica	6	16
Intensidad de corriente	20mA	20mA
Memoria flash	32KB	256KB
SRAM	2KB	8KB
EEPROM	1KB	4KB
Frecuencia de reloj	16MHz	16MHz
Peso	25g	37g

Fuente: Arduino, 2018

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

Tras la comparación, se selecciona como tarjeta de desarrollo a la placa Arduino Mega2560 como se muestra en la Figura 2-2.

La gran cantidad de pines de entrada y salida digital, sumado a la gran capacidad de sus memorias y la compatibilidad con diversos dispositivos, la hacen ideal para el desarrollo de la máquina expendedora.



Figura 2-2: Arduino Mega2560

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.3.1.2. Dispositivo de visualización pantalla TFT Nextion

La pantalla TFT Nextion, a más de ser un dispositivo de visualización, se comporta también como un dispositivo de entrada, obviando la agregación de un teclado y permitiendo la selección o entrada de datos a través de la pantalla.

Por tal motivo, la pantalla TFT Nextion se convierte en un dispositivo de entrada y salida siendo ideal para el desarrollo de la máquina expendedora.

ITEAD, fabricante de las pantallas Nextion, posee una variedad de modelos, los mismos que se encuentran en la Tabla 3-2.

Tabla 3-2: Modelos de pantalla Nextion

	NX3224T0	NX3224T0	NX4024T0	NX4832T0	NX4827T0	NX8048T0	NX8048T0
	24	28	32	35	43	50	70
Tamaño	2.4"	2.8"	3.2"	3.5"	4.3"	5.0"	7.0"
Resolución	320*240	320*240	400*240	480*320	480*272	800*480	800*480
Panel táctil	Resistivo	Resistivo	Resistivo	Resistivo	Resistivo	Resistivo	Resistivo
Color	65536	65536	65536	65536	65536	65536	65536
Flash (MB)	4	4	4	16	16	16	16
RAM (Byte)	3584	3584	3584	3584	3584	3584	3584
Núcleo	ARM 7 48MHz	ARM 7 48MHz	ARM 7 48MHz	ARM 7 48MHz	ARM 7 48MHz	ARM 7 48MHz	ARM 7 48MHz
Peso (g)	62	71	75	85	141	174	350
Serie	IM1504160 02	IM1504160 04	IM1504160 05	IM1509180 01	IM1504160 03	IM1504160 06	IM1504160 07

Fuente: ITEAD, 2018

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

Dado que las diversas pantallas poseen características similares, el principal aspecto que se tomó en cuenta para la selección es el tamaño, siendo la pantalla NX8048T050 de 5.0" (pulgadas) la ideal para el desarrollo de la máquina como se ilustra en la Figura 3-2.

Además, la pantalla es compatible con distintos microcontroladores y tarjetas de desarrollo, y su conexión es simple, permitiendo una amigable interfaz entre el usuario y la máquina.



Figura 3-2: Pantalla TFT Nextion 5.0”

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

Características principales:

- Tamaño de 5.0” (pulgadas)
- Resolución 800*480
- Pantalla resistiva
- 65536 colores
- Memoria flash de 16MB
- Memoria RAM de 3584 bytes
- Voltaje de operación 4.75V – 7V
- Corriente de operación 410mA
- Socket para microSD hasta 32GB

2.3.1.3. Módulo de comunicación GSM SIMCom

Para implementar el pago electrónico se hace uso de un módulo de comunicación GSM de SIMCom, que, a más de realizar el pago, nos permite enviar mensajes de notificación para indicar si existe o no componentes o monedas en la máquina.

En la Tabla 4-2, se muestra una comparativa entre dos chips de SIMCom.

Tabla 4-2: Comparativa entre chips de SIMCom

	SIM800	SIM900
Fuente de alimentación	3.4 – 4.4V	3.2V – 4.8V
Frecuencia de bandas	850/900/1800/1900MHz	850/900/1800/1900MHz
Potencia de transmisión	Clase 4 (2W 850/900MHz) Clase 1 (1W 1800/1900MHz)	Clase 4 (2W 850/900MHz) Clase 1 (1W 1800/1900MHz)
Conectividad GPRS	GPRS multi-slot clase 12/10	GPRS multi-slot clase 10/8
Velocidad máxima	85.6 Kbps	85.6 Kbps

	SIM800	SIM900
Control comandos AT	Si	Si
Interfaz SIM	Tarjeta SIM: 1.8V, 3V	Tarjeta SIM: 1.8V, 3V
Protocolo TCP/IP	Si	Si
Bluetooth	Si	No
SMS y audio	Si	Si
Interfaz serial	Si	Si
Reloj en tiempo real	Si	Si
Peso	3.14g	3.4g

Fuente: SIMCom, 2015

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

A pesar de poseer características similares, al momento de realizar pruebas individuales con cada uno de los módulos, la SIM800 presentaba problemas de estabilidad con la señal celular, además que ante los comandos de control AT, el módulo no respondía. Por tal motivo, se selecciona el módulo con el chip SIM900 con una fácil conexión con la placa Arduino Mega y estabilidad con la señal celular. Ver Figura 4-2.



Figura 4-2: Módulo de comunicación GSM SIM900

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.3.1.4. Actuadores eléctricos

Los servomotores y motores paso a paso son los actuadores seleccionados para la máquina.

Los servomotores se seleccionan para la entrega de cambio ya que no necesitan realizar una rotación continua, sino, rotar ciertos grados y regresar a una posición especificada. Ver Figura 5-2. En la Tabla 5-2, se indican las características del tipo de servomotor elegido.



Figura 5-2: Servomotor TowerPro MG995

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

Tabla 5-2: Características del servomotor TowerPro MG995

Servomotor TowerPro MG995	
Peso	55g
Dimensiones	40.7x19.7x42.9mm
Tipo de engranaje	Metálico
Angulo de rotación	120° aprox. (60° en cada dirección)
Par de parada	8.5kg/cm (4.8V) - 10kg/cm (6V)
Velocidad de operación	0.2s/60° (4.8V) - 0.16s/60° (6V)
Voltaje de operación	4.8V – 7.2V
Corriente de operación	100mA

Fuente: Tower Pro, 2014

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

Para la selección de los motores de paso se basa en la exactitud que posee respecto a la posición, la precisión en el arranque y parada del motor, además de la fuerza mecánica que poseen.

Gracias a la facilidad en el control que se ejerce sobre los motores de paso, son perfectos para la entrega del producto tal como se ilustra en la Figura 6-2.

En la Tabla 6-2, se muestran las características del tipo de motor seleccionado.



Figura 6-2: Motor paso a paso NEMA 17

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

Tabla 6-2: Características del motor paso a paso NEMA 17

Motor paso a paso NEMA 17	
Ángulo de paso	1.8° (200 pasos por revolución)
Número de fases	2
Voltaje nominal	2.8V
Corriente nominal	1.68A
Par de retención	3.7kg-cm
Resistencia por fase	1.65Ω
Inductancia por fase	3.2mH
Peso	285g

Fuente: Pololu, 2018

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.3.1.5. Controlador A4988 para motor paso a paso

Para el control de los motores paso a paso se hace uso del driver A4988, ideal para el control de los motores, permitiendo un menor uso de pines de control en la tarjeta de desarrollo.

Este controlador permite un control simple de dirección y paso, una corriente de salida ajustable mediante un potenciómetro, control sobre voltaje y disipador de calor. Ver Figura 7-2. Las características principales del controlador se muestran en la Tabla 7-2.



Figura 7-2: Controlador A4988 para motor paso a paso

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

Tabla 7-2: Características del controlador A4988

Driver A4988	
Voltaje de operación	8V – 35V
Corriente continua por fase	1A
Máxima corriente por fase	2A
Voltaje lógico	3V – 5.5V
Modos de paso	Complete, 1/2, 1/4, 1/8 y 1/16
Peso	1.3g

Fuente: Pololu, 2018

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.3.1.6. Sensor LDR o fotorresistencia

La utilización de un sensor en la máquina asegura la entrega del producto al usuario. Si el producto corta la línea de vista entre el emisor y el receptor, el producto ha caído en la bandeja de entrega. Si el producto no ha caído, el motor será accionado nuevamente hasta que se asegure la entrega del producto.

En la Tabla 8-2, se muestran las características del sensor ultrasónico y del sensor LDR con su fuente emisora de luz.

Tabla 8-2: Características del sensor ultrasónico y del sensor LDR

	Sensor ultrasónico HC-SR04	Sensor LDR	Diodo láser
Voltaje de operación	5V	Menor a 150V	2.2-2.7V
Corriente de operación	15mA	33mA	65-80mA

	Sensor ultrasónico HC-SR04	Sensor LDR	Diodo láser
Resistencia	-	2-6 K Ω (con luz) 0.15M Ω (sin luz)	-
Distancia de alcance	2cm – 400cm	-	<1km (óptimas condiciones)
Peso	15g	4g	8g

Fuente: ElecFreaks, 2017

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

Al comparar y realizar pruebas entre estos dos sensores, el sensor ultrasónico no detecta objetos de manera precisa. En cambio, el diodo láser al incidir el haz de luz directamente sobre la fotorresistencia, que bajo óptimas condiciones tiene un gran alcance, y que, al cortar la línea de vista entre el sensor y la fuente de luz, la detección es correcta y se asegura la entrega del producto al usuario. Ver Figura 8-2.



Figura 8-2: Sensor LDR y diodo láser

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.3.1.7. Monedero electrónico multimoneda CH-926

Para la recepción e identificación de las monedas se hace uso del monedero electrónico. La precisión en el proceso de identificación en base al material y al tamaño de las monedas permiten la selección del dispositivo.

El proceso de identificación lo realiza a través de sensores. Un sensor infrarrojo mide el área de la moneda dependiendo del tiempo que tarda en atravesarlo. Un sensor electromagnético identifica la combinación de metales que conforman la moneda, reconociendo una falsa de una real.

Características:

- Control inteligente y de alta precisión.

- Acepta distintos tipos de monedas.
- Libre para configurar los pulsos de salida.
- Proporciona una sola señal de salida.
- Resistente ante descargas eléctricas e interferencias electromagnéticas.



Figura 9-2: Monedero electrónico

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

Tabla 9-2: Características del monedero electrónico multimonedas

Monedero electrónico multimonedas CH-926	
Voltaje de operación	12V
Corriente de operación	65mA
Tipos de moneda	6
Diámetro de moneda	15mm – 32mm
Espesor de moneda	1.2mm – 3.8mm
Precisión de identificación	99.5%
Señal de salida	Pulsos 5V
Material del panel	Plástico

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.3.1.8. Interruptor con llave de seguridad

Un interruptor con llave no es más que un contacto normalmente abierto (NO), que, al girar la llave, su contacto se cierra permitiendo la circulación de la corriente.

Otorgar seguridad al momento de configurar valores de componentes o monedas, facilitan la selección del interruptor como dispositivo para ingresar al modo de configuración, y todo cambio que se realice, se guarda al retornar la llave a su posición inicial. Ver Figura 10-2.

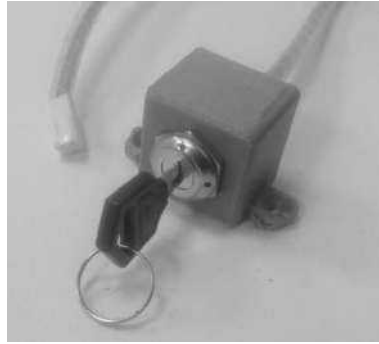


Figura 10-2: Interruptor con llave de seguridad

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.3.1.9. Fuente de alimentación

El dispositivo encargado de suministrar toda la energía a la máquina es una fuente de poder que es alimentada desde la red eléctrica, obteniendo en sus salidas voltajes de 5V y 12V de corriente continua que alimentarán a todos los dispositivos de la máquina. En la Tabla 10-2, se indican las características de la fuente de alimentación. Ver Figura 11-2.

Tabla 10-2: Características de la fuente de alimentación

	Voltaje			Corriente		Frecuencia		
VAC- INPUT	115VAC			8A		50/60 Hz		
	230VAC			4A				
MAX DC OUTPUT	+3.3	+5	+12	-12	+5SB	BLK	GRN	GRY
	20A	28A	32A	0.5A	2.0A	COM	P-ON	PG
MAX	584W			6W	10W	--	--	--
TOTAL OUTPUT 600W								

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018



Figura 11-2: Fuente de alimentación

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.3.2. Software

2.3.2.1. Arduino IDE

Arduino posee un entorno de desarrollo integrado o IDE, que es de código abierto y compatible con cualquier sistema operativo, permitiendo escribir y editar el programa o sketch, además de comprobar que no exista ningún error y poder grabarlo en la placa.

Al ser de código abierto, permite instalar diferentes librerías de otros fabricantes permitiendo la creación de códigos más potentes y compatibles con distintos controladores. La interfaz que presenta Arduino IDE se muestra en la Figura 12-2.

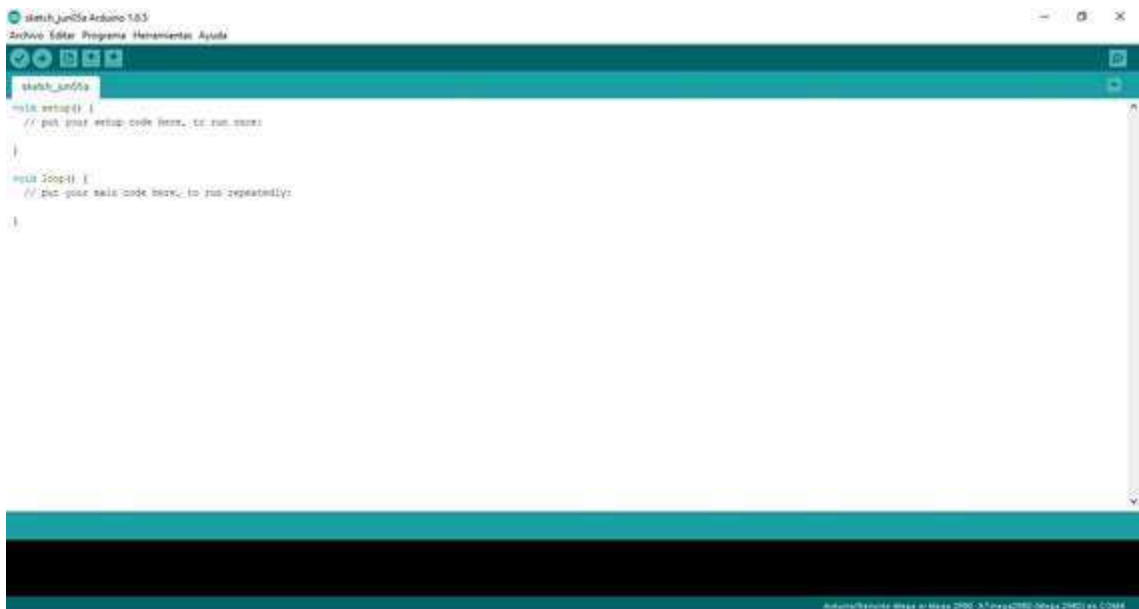


Figura 12-2: Entorno de desarrollo Arduino IDE

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.3.2.2. Nextion Editor

Nextion Editor es el software propio de ITEAD para crear las interfaces en la pantalla Nextion. La interfaz del software es muy similar a Visual Studio, siendo amigable e intuitivo, con un toolbox completo para la creación de interfaces, además de poseer su propio simulador.

La interfaz que presenta Nextion Editor se muestra en la Figura 13-2.

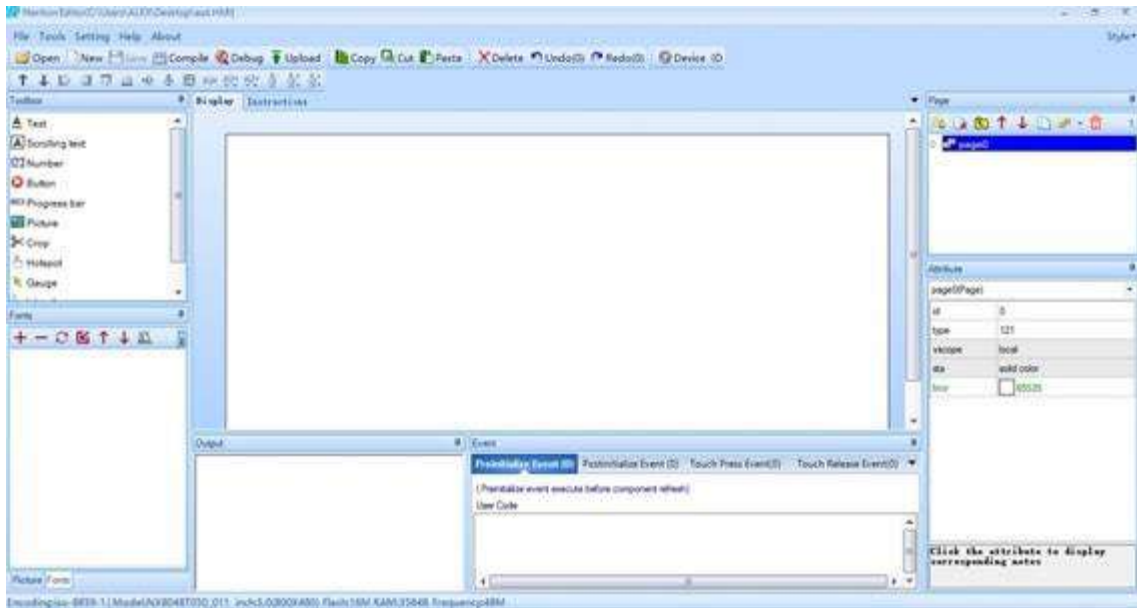


Figura 13-2: Interfaz del software Nextion Editor

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.3.2.3. SOLIDWORKS

El software de diseño en 3D SOLIDWORKS es un potente modelador de sólidos en 3D, permitiendo diseñar cualquier tipo de pieza en distintos materiales, realizar ensamblajes y simulaciones de la pieza o estructura creada.

La interfaz que presenta SOLIDWORKS en su versión 2018 se muestra en la Figura 14-2.



Figura 14-2: Interfaz del software SOLIDWORKS versión 2018

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.3.2.4. Suite de Diseño Proteus

Proteus es un potente software de diseño asistido por computadora o CAD (Computer-Aided Design), que permite diseñar y simular circuitos electrónicos, además de dar la posibilidad de diseñar circuitos impresos.

La interfaz que presenta Suite de Diseño Proteus en su versión 8.6 se muestra en la Figura 15-2.

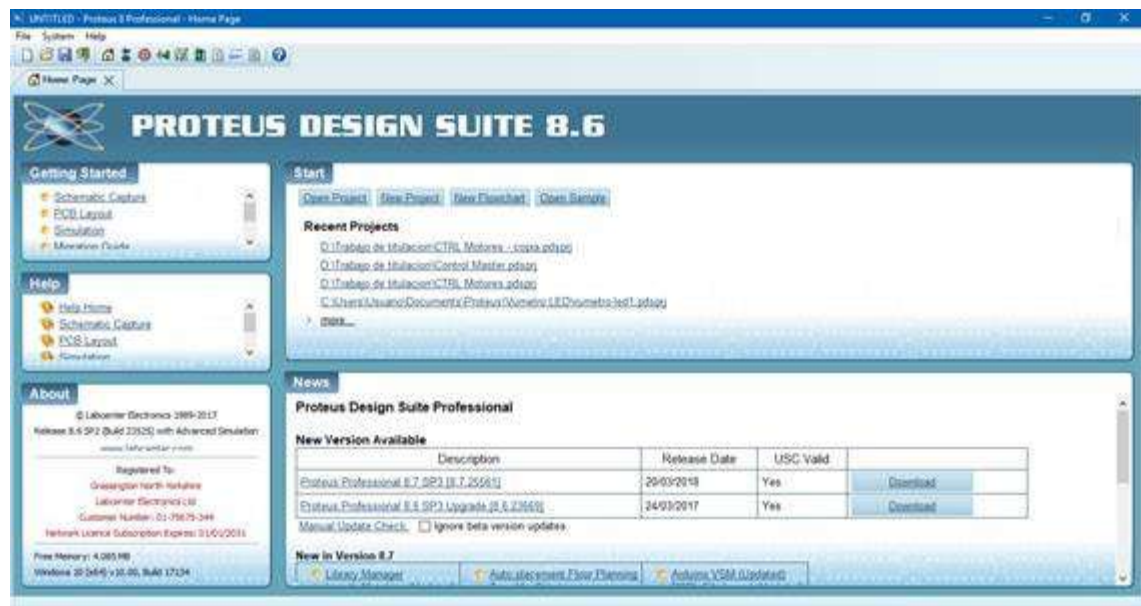


Figura 15-2: Interfaz de la Suite de Diseño Proteus

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.4. Esquematización en bloques del hardware electrónico

En esta sección se presentan los distintos bloques en los que se basa la implementación electrónica y de programación para el sistema de control de la máquina expendedora.

2.4.1. Esquematización del bloque de visualización

El bloque de visualización consta de la pantalla TFT Nextion que se comunica con la placa Arduino Mega a través de los pines seriales TX2 y RX2, que en la placa constituyen los pines 16 y 17 respectivamente.

En la Figura 16-2, se muestra la esquematización del bloque de visualización.

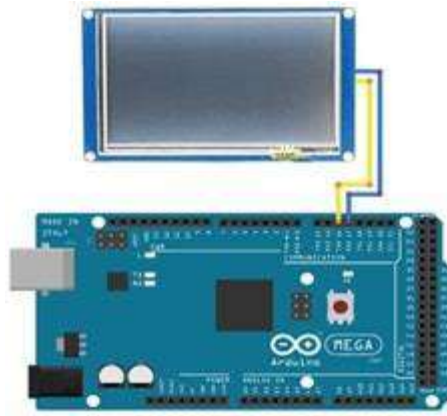


Figura 16-2: Esquematación del bloque de visualización
Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.4.2. Esquematación del bloque de identificación y clasificación de crédito

La identificación y clasificación de las monedas se realiza a través del monedero electrónico, que emite una determinada serie de pulsos cada vez que una moneda de cierta denominación es introducida, por lo tanto, se comunica con la placa Arduino Mega a través del pin 2 que maneja interrupciones.

En la Figura 17-2, se ilustra la esquematización del bloque de identificación y clasificación de crédito.



Figura 17-2: Esquematación del bloque de
identificación y clasificación de crédito
Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.4.3. Esquematación del bloque de pago electrónico y comunicación GSM

Para emitir un aviso de cuando un componente se ha agotado o para admitir el pago por medio

electrónico, se coloca el módulo de comunicación GSM SIM900 que se conecta con el controlador Arduino Mega a través de los pines digitales configurados como RX y TX correspondientes a los pines 10 y 11 respectivamente. Además, se conecta el pin 9 del controlador Arduino Mega con el pin 9 del módulo de comunicación GSM, permitiendo controlar el encendido automático del módulo como se indica en la Figura 18-2.

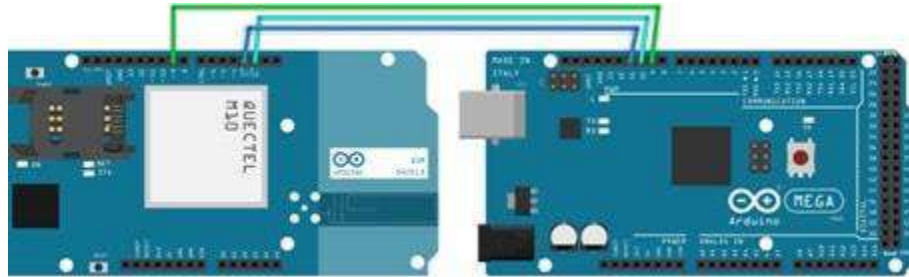


Figura 18-2: Esquematación del bloque de pago electrónico y comunicación GSM

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.4.4. Esquematación del bloque de entrega de productos y comunicación maestro-esclavo

Los productos serán entregados al cliente con ayuda de espirales acoplados a los motores de paso NEMA 17 que se mueven con el uso de controladores A4988. Los controladores hacen uso de tres pines de conexión con la placa Arduino Mega definidos como Dir, Step y En que hacen referencia a las funciones de dirección, paso y habilitación del controlador respectivamente.

Debido al gran número de motores y controladores, una sola placa Arduino no es suficiente para la carga total que esto supone, en tal caso, se opta por usar dos controladores Arduino Mega adicionales, de modo que se tiene un maestro y dos esclavos. Los motores se conectan a los esclavos, y los esclavos a su vez se conectan con el maestro mediante la comunicación I2C a través de los pines 20 y 21 para SDA y SCL respectivamente.

Finalmente, en este bloque se coloca el sensor LDR que permite a la máquina saber si el producto ha sido entregado o no, y de esta forma controlar que se entregue la cantidad exacta de productos adquiridos previamente.

En la Figura 19-2, se muestra la esquematización del bloque de entrega de productos y comunicación maestro-esclavo.

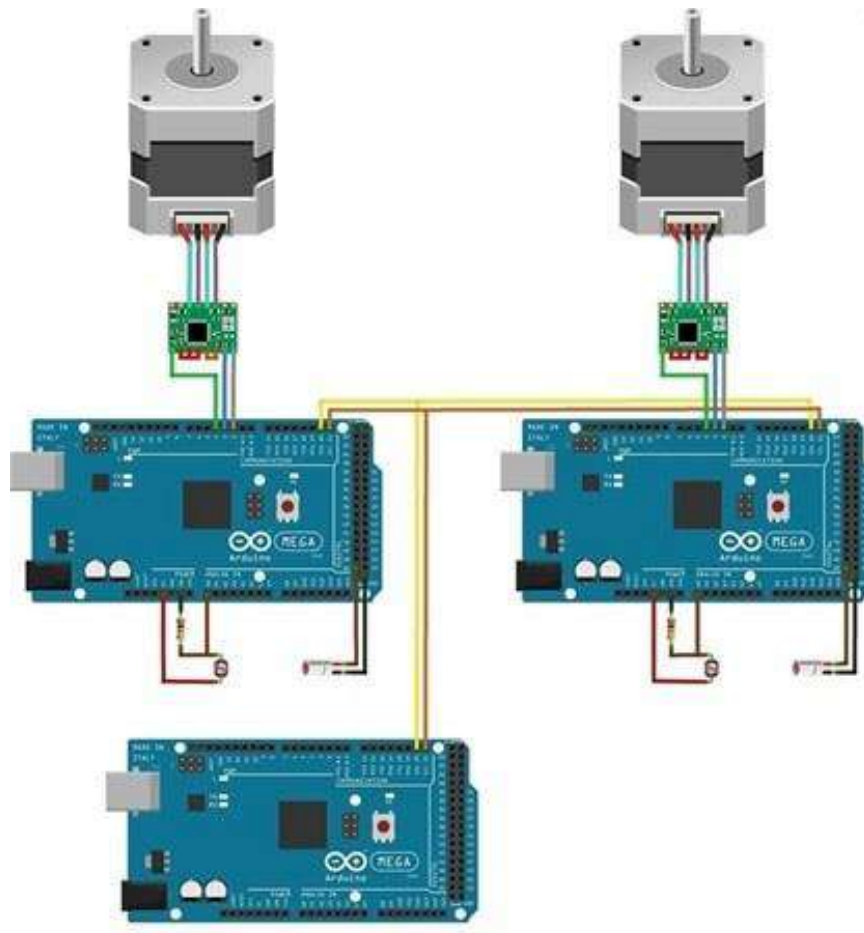


Figura 19-2: Esquematación del bloque de entrega de productos y comunicación maestro-esclavo

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

En la Tabla 11-2, se definen los pines de conexión en las placas Arduino Mega para conectar los controladores de los motores de paso.

Tabla 11-2: Pines de conexión para los controladores en el Arduino Mega

Esclavo	Motor de paso	Componente	Pines de controlador	Pines de Arduino
Esclavo 1	Motor 1	A1	En	4
			Dir	2
			Step	3
	Motor 2	A2	En	7
			Dir	5
			Step	6
	Motor 3	A3	En	10
			Dir	8
			Step	9

Esclavo	Motor de paso	Componente	Pines de controlador	Pines de Arduino
Esclavo 1	Motor 7	B1	En	13
			Dir	11
			Step	12
	Motor 8	B2	En	14
			Dir	16
			Step	15
	Motor 9	B3	En	17
			Dir	19
			Step	18
	Motor 13	C1	En	23
			Dir	27
			Step	25
	Motor 14	C2	En	29
			Dir	33
			Step	31
	Motor 15	C3	En	35
			Dir	39
			Step	37
	Motor 19	D1	En	41
			Dir	45
			Step	43
Motor 20	D2	En	47	
		Dir	51	
		Step	49	
Motor 21	D3	En	50	
		Dir	46	
		Step	48	
Motor 25	E1	En	44	
		Dir	40	
		Step	42	
Motor 26	E2	En	38	
		Dir	34	
		Step	36	

Esclavo	Motor de paso	Componente	Pines de controlador	Pines de Arduino
Esclavo 1	Motor 27	E3	En	32
			Dir	28
			Step	30
Esclavo 2	Motor 4	A4	En	4
			Dir	2
			Step	3
	Motor 5	A5	En	7
			Dir	5
			Step	6
	Motor 6	A6	En	10
			Dir	8
			Step	9
	Motor 10	B4	En	13
			Dir	11
			Step	12
	Motor 11	B5	En	14
			Dir	16
			Step	15
	Motor 12	B6	En	17
			Dir	19
			Step	18
	Motor 16	C4	En	23
			Dir	27
			Step	25
	Motor 17	C5	En	29
			Dir	33
			Step	31
	Motor 18	C6	En	35
			Dir	39
			Step	37
Motor 22	D4	En	41	
		Dir	45	
		Step	43	

Esclavo	Motor de paso	Componente	Pines de controlador	Pines de Arduino
Esclavo 2	Motor 23	D5	En	47
			Dir	51
			Step	49
	Motor 24	D6	En	50
			Dir	46
			Step	48
	Motor 28	E4	En	44
			Dir	40
			Step	42
Motor 29	E5	En	38	
		Dir	34	
		Step	36	
Motor 30	E6	En	32	
		Dir	28	
		Step	30	

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.4.5. Esquemización del bloque de entrega de cambio

Para la entrega de cambio, se hace uso de cuatro servomotores conectados a diversos pines digitales como se muestra en la Figura 20-2, mismos que al moverse cumplen la función de entregar una moneda a la vez dependiendo de las cantidades necesarias al momento de entregar el cambio.

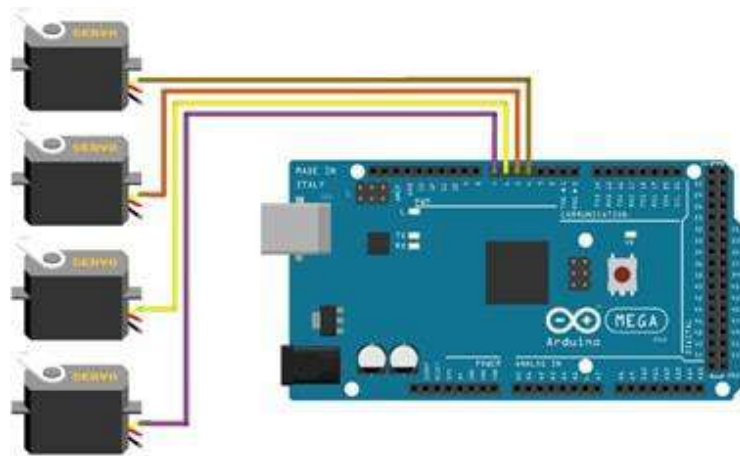


Figura 20-2: Esquemización del bloque de entrega de cambio

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

Los pines de conexión se describen en la Tabla 12-2.

Tabla 12-2: Pines de conexión para los servomotores en el Arduino Mega

Servomotor	Pin de conexión	Moneda
Servomotor 1	Pin digital 4	5 centavos
Servomotor 2	Pin digital 5	10 centavos
Servomotor 3	Pin digital 6	25 centavos
Servomotor 4	Pin digital 7	50 centavos

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.4.6. *Esquematación del bloque de configuración*

A través del interruptor con llave de seguridad, el usuario puede acceder al modo de configuración con tan solo girar la llave. Este interruptor hace uso del pin digital 3 del controlador Arduino Mega.

En la Figura 21-2, se muestra la esquematización del bloque de configuración.

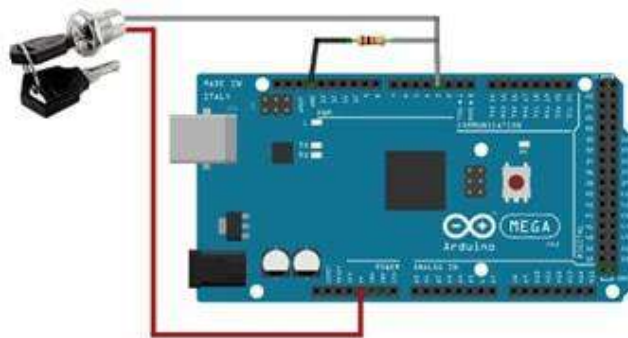


Figura 21-2: Esquematación del bloque de configuración

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.4.7. *Esquematación del bloque de alimentación*

Para la alimentación del sistema se hace uso de una fuente de computador, elegida por su alto rendimiento y su gran capacidad de entregar varios valores de voltaje debidamente regulados, además que puede durar perfectamente durante varios años. En este caso, es necesario contar con alimentación de 5V y 12V para alimentar a los dispositivos usados en la máquina expendedora.

En la Figura 22-2, se indica la esquematización del bloque de alimentación.

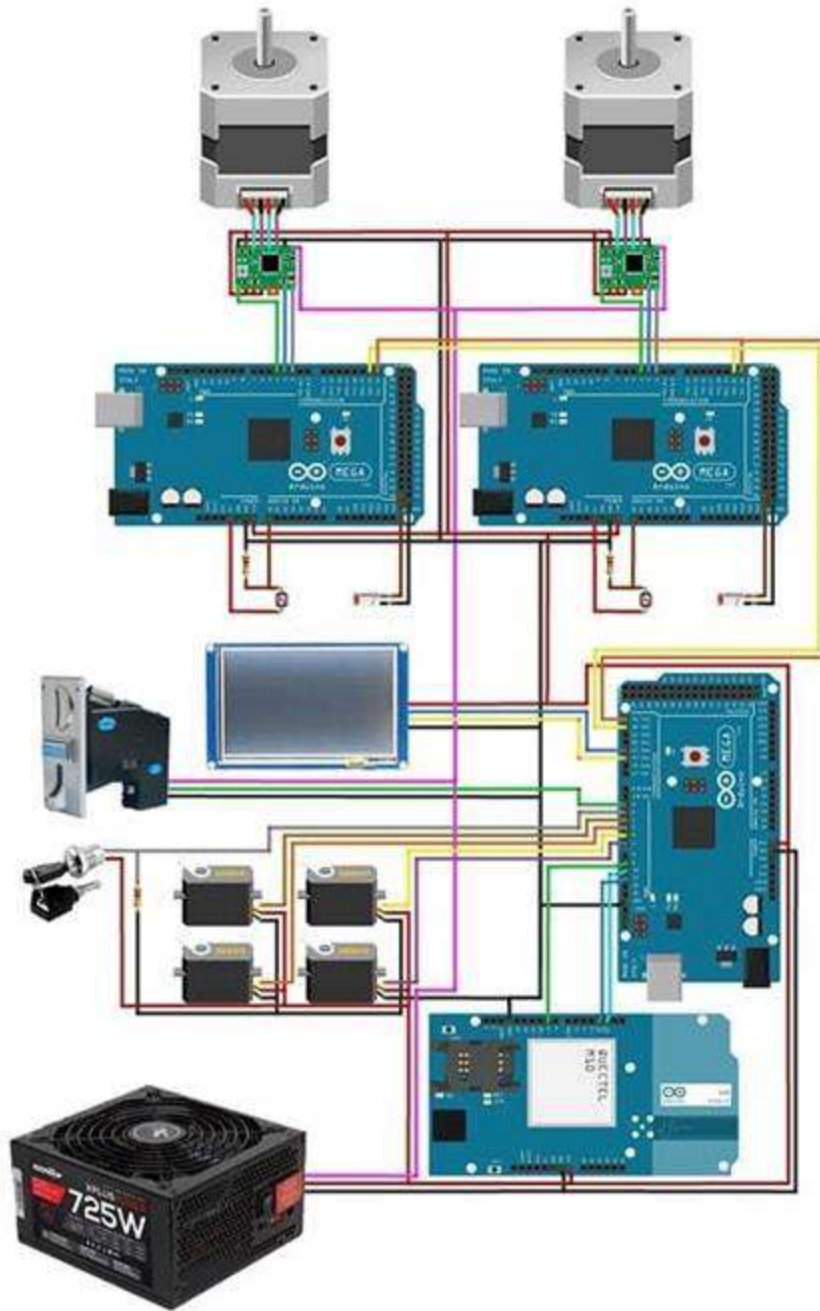


Figura 22-2: Esquematización del bloque de alimentación

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.5. Diseño general de la máquina

2.5.1. *Diseño de la estructura de programación*

Haciendo uso de los diagramas de estado se representa gráficamente la estructura de programación de la máquina expendedora. A través de círculos se representan los estados, y la

conexión entre estados se representa mediante flechas que indican las transiciones de un estado a otro.

A través del diagrama de estados se controla el sistema de la máquina. Esto nos permite indicar qué proceso se ejecuta y bajo qué condiciones (transiciones) se ejecuta, además de determinar fácilmente en qué parte del proceso se presenta algún error.

En la Figura 23-2, se indica el diseño de la estructura de programación a través de diagramas de estado.

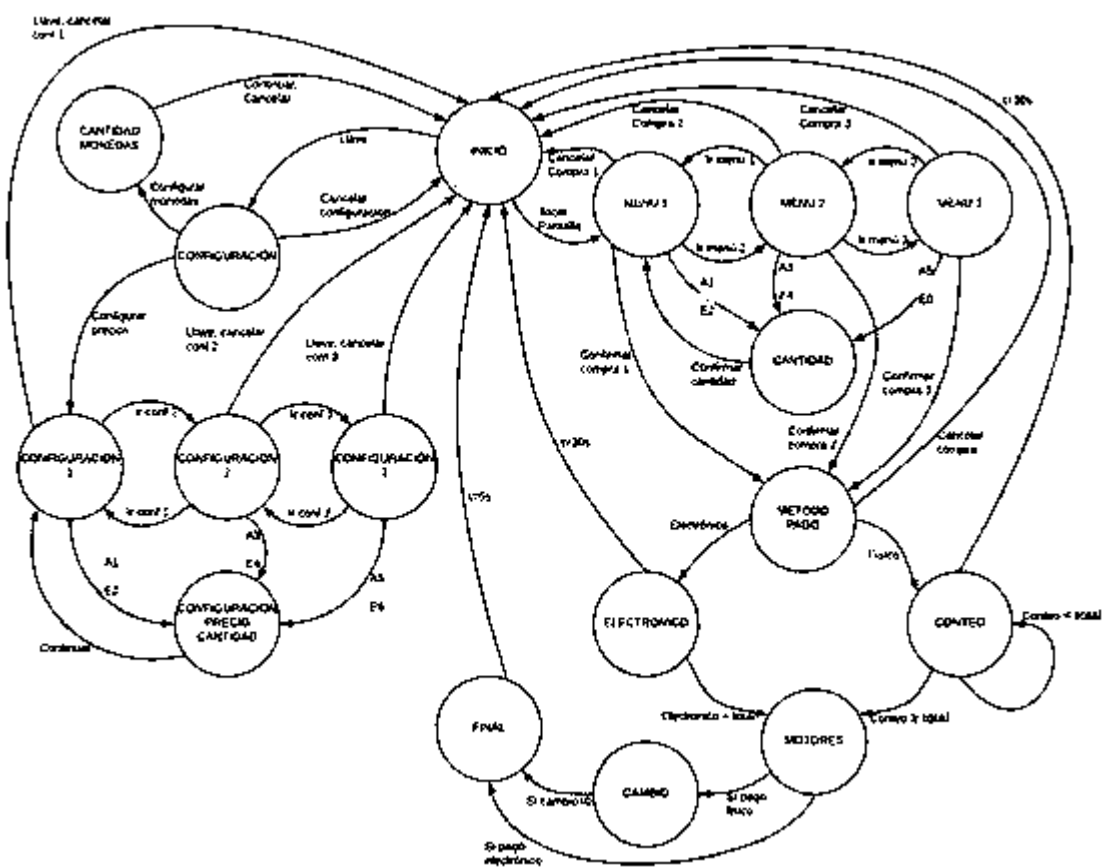


Figura 23-2: Diseño de la estructura de programación

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.5.2. Diseño estructural de la máquina

El diseño previo a la construcción de una estructura permite prever con antelación las posibles fallas en la misma. Además, permite dimensionar la cantidad de material a usar y tener una vista previa de la estructura terminada, lo que a su vez ayuda a identificar espacios demasiado grandes o demasiado pequeños y tomar correcciones sobre ellos.

Para el proyecto se decide usar SOLIDWORKS en su versión 2018. Este software de diseño 3D posee una interfaz simple y amigable con el usuario, además de una amplia disponibilidad de herramientas, lo que hace del diseño 3D un proceso sencillo.

En la concepción de la estructura se definen las dimensiones exteriores y los espacios interiores que albergan tanto el control electrónico como las bandejas que contienen los componentes a expender.

Las dimensiones exteriores de la máquina se muestran en la Tabla 13-2.

Tabla 13-2: Dimensiones de la estructura de la máquina expendedora

Altura	154 cm
Ancho	84 cm
Fondo	52 cm

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

Estas medidas conforman el gabinete de la máquina sin contar la altura adicional que proporcionan las llantas.

2.5.2.1. Diseño del tubo cuadrado

La estructura se diseña en tubo metálico cuadrado de 3/4" x 2 mm, material seleccionado por su dureza y rigidez que proporciona a la máquina estabilidad y fuerza para mantenerse frente a condiciones de movilidad y uso constante. Ver Figura 24-2.



Figura 24-2: Tubo cuadrado de 3/4" x 2mm

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.5.2.2. Diseño de la estructura interna y externa

Se dota a la estructura de dos compuertas independientes que tienen el propósito de dar acceso hacia el interior de la máquina, permitiendo dar mantenimiento tanto a la parte electrónica como a las bandejas expendedoras, y a su vez, permitir la recarga de los componentes y extraer o recargar monedas. Ver Figura 25-2.

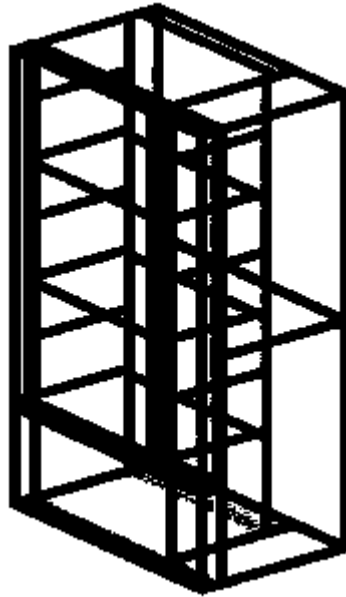


Figura 25-2: Estructura del gabinete de la máquina

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.5.2.3. Diseño de las bandejas

En cuanto a las bandejas, se diseñan de tal modo que se deslicen hacia afuera para dar facilidad al momento de recargar los componentes, además de permitir la limpieza y mantenimiento tanto de las bandejas como de los motores colocados en cada una. Ver Figura 26-2.

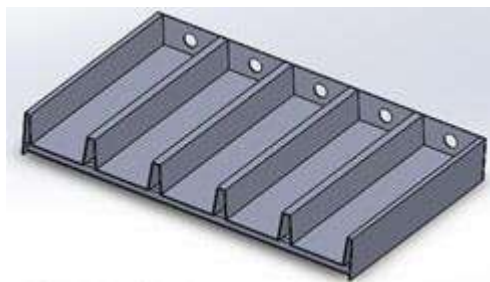


Figura 26-2: Bandejas para los componentes y motores

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.5.2.4. Diseño del acople entre el motor y el espiral

Para la entrega de los componentes, la máquina expendedora usa un acople entre el eje de cada motor y el espiral que porta cada uno de los elementos. Este acople se diseña en base a las medidas de los ejes y tomando en cuenta las proporciones adecuadas para el espiral. Ver Figura 27-2.

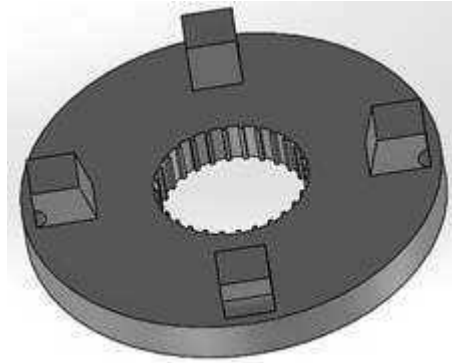


Figura 27-2: Acople entre el motor y el espiral

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.5.2.5. Diseño de la espiral

Con respecto al espiral, se diseña con un diámetro total de 49mm, un diámetro de alambre de 2.5mm y una longitud total de la espiral de 35cm, en donde se podrán colocar aproximadamente 20 productos del mismo tipo en cada uno de los espirales. Ver Figura 28-2.

Para dimensionar el paso de las espiras se hizo el siguiente cálculo:

De la longitud total de la espiral, se resta el producto del diámetro del alambre y el número de componentes que se pretende colocar en la espira. El resultado se divide entre el número de componentes para obtener el valor del paso.

$$P = \frac{l - (d * n)}{n}$$
$$P = \frac{350 - (2,5 * 20)}{20}$$
$$P = 15mm$$

Siendo:

P: Paso entre espiras

l: Longitud de la espiral

d: Diámetro del alambre

n : Número de componentes a ubicar

Por lo tanto, el paso o espacio entre cada espiral en donde se colocarán los componentes es de 15mm o 1.5cm.

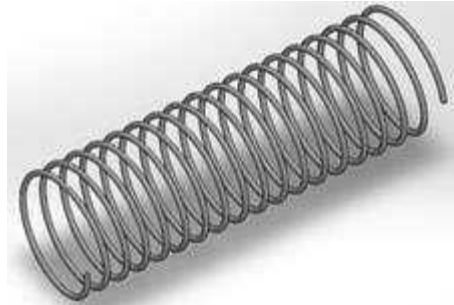


Figura 28-2: Espiral

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.5.2.6. *Diseño de la tolva*

Para la entrega de los productos, se diseña una tolva que albergará los productos una vez que han caído de las bandejas, manteniéndose sobre ella hasta que el usuario retire la compra. Ver Figura 29-2.

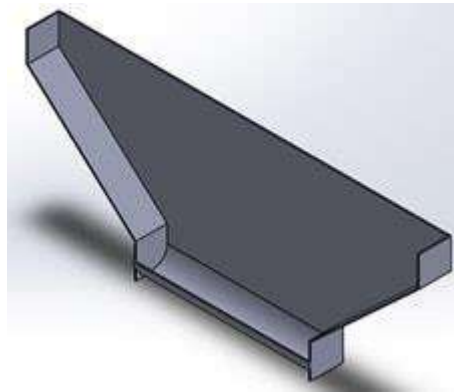


Figura 29-2: Tolva para la entrega de productos

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.5.2.7. *Diseño del clasificador y almacenamiento de monedas*

Con el fin de clasificar y almacenar las monedas introducidas en la máquina se diseña un clasificador que cumpla con esta función. A medida que las monedas introducidas atraviesan el clasificador, al mismo tiempo se almacenan en los tubos que posee, dando así la posibilidad de entregar estas mismas monedas como cambio. Ver Figura 30-2.

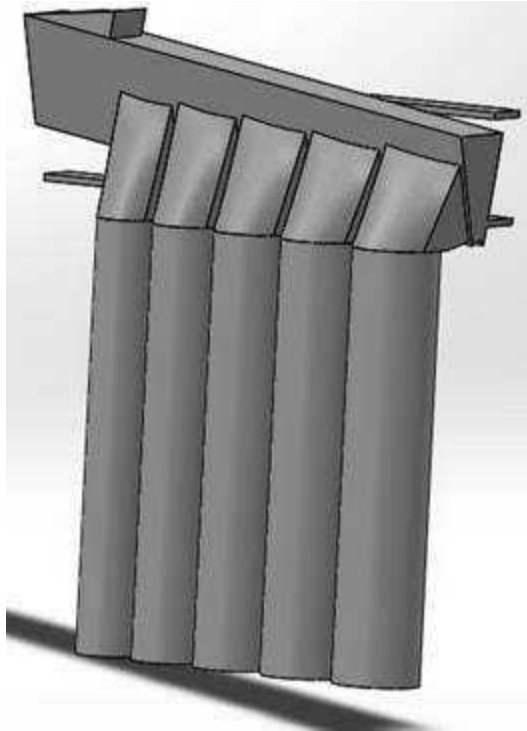


Figura 30-2: Clasificador y almacenamiento de monedas

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.5.2.8. Diseño de las chapas y estructura terminada

Finalmente, para las tapas correspondientes a cada lado de la estructura, se diseñan piezas de tol negro de 0.9mm de espesor, material seleccionado por su fácil manejo y maleabilidad sin perder rigidez. Ver Figura 31-2.



Figura 31-2: Chapas de tol negro

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

En la Figura 32-2, se muestra una vista previa de la estructura terminada de la máquina expendedora.

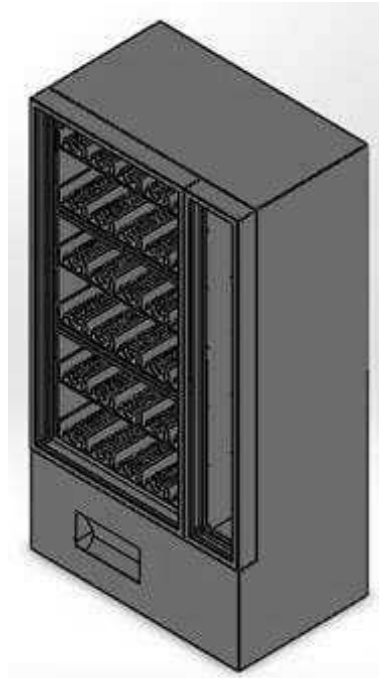


Figura 32-2: Diseño completo de la máquina expendedora

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.6. Desarrollo de la programación para el control de la máquina expendedora

La programación está realizada de forma secuencial, por lo que se divide en pequeñas secuencias o subprocesos y que, en conjunto, completan todo el proceso de control de la máquina expendedora.

Para la programación de la máquina expendedora se consideran los siguientes subprocesos: subproceso de inicialización y notificación, subproceso de selección, subproceso de pago, subproceso de entrega de productos, subproceso de entrega de cambio y notificación, y subproceso de configuración.

2.6.1. Programación del subproceso de inicialización y notificación

Este subproceso carga toda la configuración inicial que se ejecuta por primera vez cuando se alimenta la placa Arduino. En esta configuración inicial se realiza la declaración de librerías, declaración de variables globales, creación de funciones, inicialización de los protocolos de comunicación, configuración de pines y el envío de la notificación a través de un mensaje de texto.

Detalle de la programación:

- Se inicia declarando las librerías para la pantalla Nextion, comunicación serial e I2C, memoria EEPROM y control de los servomotores. La sintaxis para declarar una librería es **#include <librería.h>**
- Se declaran las variables globales que se usan en la programación. La sintaxis para declarar una variable es **tipo_de_dato variable = valor_inicial;**
- Para la pantalla Nextion no se crean variables, sino objetos y la sintaxis depende del componente que se utiliza, ya sea un botón, un campo numérico, un campo texto, una página (pantalla), entre otros:
NexButton nombre_objeto=NexButton (idpage, idcomponent, “name component”);
NexNumber nombre_objeto=NexNumber (idpage, idcomponent, “name component”);
NexText nombre_objeto=NexText (idpage, idcomponent, “name component”);
NexPage nombre_objeto=NexPage (idpage, idcomponent, “name component”);
- Se crea la clase **NexTouch *nex_listen_list[]={ &nombre_objeto, NULL};**. Esta clase albergará los eventos táctiles de la pantalla Nextion.
- Dentro del bloque **void setup(){}**, se inicializan los protocolos de comunicación y la pantalla Nextion.
- Se configuran los pines como entradas o salidas. La sintaxis es:
pinMode (variable, INPUT/OUTPUT);
- Se configura el pin para la interrupción. La sintaxis es:
attachInterrupt (digitalPinToInterrupt (variable/pin), función, RISING);
- Se configuran inicialmente los servomotores. La sintaxis es:
variable.attach(pin); (indica en que pin está conectado el servomotor)
variable.write(ángulo); (indica el ángulo inicial del servomotor)
- Se realiza el llamado de las funciones **configuración_inicial(), reset(), leer_cantidad_monedas_EEPROM(), leer_precio_EEPROM(), leer_cantidad_EEPROM(), enviar_SMS(), eventos()**.
- Dentro de la función **enviar_SMS()**, se realiza una comparación entre todos los componentes y tipos de monedas, buscando si en alguno de ellos su cantidad llegó a cero. Se arma el cuerpo del mensaje de texto y cuando termina la comparación, el mensaje se envía.
- Dentro del bloque **void loop(){}**, se ejecutan las funciones **nexLoop(nex_listen_list), obtener_llave(), controlar_maquina()**. Estas funciones serán utilizadas para los siguientes subprocesos.

El diagrama de flujo se presenta en el Anexo C.

2.6.2. Programación del subproceso de selección

Luego del subproceso de inicialización y notificación continua el subproceso de selección. En este subproceso se realiza la selección de la cantidad de componentes que se van a comprar. Se puede navegar a través de los tres menús, y sin importar el menú en el que se encuentre, se puede confirmar o cancelar la compra. Además, en la pantalla **Nextion** se muestra la cantidad de componentes disponibles y el precio de cada uno de los componentes.

Detalle de la programación:

- Se muestra la pantalla **Inicio** y dentro de la función **controlar_inicio()**, se pregunta si la pantalla fue tocada. Si la pantalla fue tocada, cambiará a la pantalla **Menú1**. de no ser el caso, se quedará esperando en la pantalla **Inicio**.
- Se carga la pantalla **Menú1** y se llama a la función **mostrar_menu1()** y **controlar_menu1()**, se muestra la interfaz que incluye las opciones para los distintos componentes, confirmar o cancelar la compra y desplazarse a otro menú. Además, se muestra la cantidad y precio de cada componente disponible.
- Dentro de la función **controlar_menu1()**, se pregunta si se ha seleccionado algún componente. Si se ha seleccionado algún componente, se carga la pantalla **Cantidad** y se llama a la función **controlar_componente()**.
- La interfaz de la pantalla **Cantidad** muestra la opción de seleccionar la cantidad de ese componente que se va a comprar. Dentro de la función **controlar_componente()**, se pregunta si se ha presionado el botón confirmar cantidad. Si se ha presionado el botón, en la función **extra_suma()** se extrae la cantidad y se obtiene un subtotal. Además, se carga nuevamente la pantalla **Menú1**, pero esta vez se muestra el valor total de la compra. Si el botón confirmar cantidad no se ha presionado, se mantiene en la pantalla **Cantidad**.
- Dentro de la función **controlar_menu1()**, si no se ha seleccionado componente, se realiza otra pregunta indicando si se presionó el botón confirmar compra y si el valor total de la compra es distinto de cero. Si es así, se guarda el total y se da paso al siguiente subproceso. De no ser el caso, se pregunta si se ha presionado el botón cancelar compra.
- Si se ha presionado cancelar compra, se llama a la función **reset()** que borra todos los valores y selecciones que se hayan hecho y se carga de nuevo la pantalla **Inicio**. Si no se ha presionado cancelar compra, se pregunta si se ha presionado el botón ir a menú2.
- Si se ha presionado ir a menú2, se carga la pantalla **Menú2** y se llama a la función **mostrar_menu2()** y **controlar_menu2()**. La pantalla **Menú2** muestra la misma interfaz de la pantalla **Menú1** y también para el **Menú3**, con la diferencia que los componentes no son

los mismos entre los menús. Dentro de la función **controlar_menu2**, se realiza exactamente el mismo procedimiento que maneja la función **controlar_menu1()**. Además, el mismo procedimiento se realiza en la función **controlar_menu3()**.

- Dentro de la función **controlar_menu1()**, si no se ha seleccionado ningún componente ni se ha presionado ningún botón, se mantiene en la pantalla **Menú1** esperando alguna orden.
- Ahora, dentro de la función **controlar_inicio()**, si la pantalla no fue tocada, se pregunta si se ha girado la llave. Si la llave se ha girado, da paso al siguiente subproceso. Si la llave no se ha girado y si la pantalla no se ha tocado, se quedará esperando en la pantalla **Inicio** esperando alguna orden.

El diagrama de flujo se presenta en el Anexo C.

2.6.3. Programación del subproceso de pago

Una vez concluido el subproceso de selección se ejecuta el subproceso de pago. Este subproceso permite elegir el método de pago, ya sea pago físico o pago electrónico. Si se realiza el pago por cualquiera de los dos métodos, se inicia un temporizador de seguridad con el fin de anular la compra, siempre y cuando la máquina detecte inactividad por un determinado tiempo.

Detalle de la programación:

- Se muestra la pantalla **Pago** y dentro de la función **controlar_pago()** se pregunta si se ha presionado el botón pago físico.
- Si se ha presionado pago físico, se muestra la pantalla **Conteo** y en la función **controlar_fisico()** se inicia el temporizador.
- Se pregunta si el temporizador ha superado el tiempo determinado. Si se ha superado el tiempo determinado, se llama a la función **reset()** que borra todos los valores y selecciones que se hayan hecho y se carga de nuevo la pantalla **Inicio**.
- Si no se ha superado el tiempo determinado, se realiza una nueva pregunta indicando si el **total_monedero** es mayor o igual al **total**. Si la respuesta es afirmativa, en la pantalla **Conteo** se muestra un mensaje indicando que su compra se procesa y se da paso al siguiente subproceso.
- Si el **total_monedero** no es mayor o igual al **total**, se realiza otra pregunta indicado si se ha insertado una moneda (detecta interrupción). Si se ha detectado una moneda, se incrementa el **total_monedero** y se reinicia el temporizador.
- Si no detecta moneda, el tiempo en el temporizador se incrementa y se mantiene en la pantalla

Conteo y se repite de nuevo el ciclo.

- Dentro de la función **controlar_pago()**, si no se ha presionado el botón pago físico, se pregunta si se ha presionado el botón pago electrónico.
- Si se ha presionado pago electrónico, se muestra la pantalla **Celular** y en la función **controlar_electronico()** se inicia el temporizador.
- Se pregunta si el temporizador ha superado el tiempo determinado. Si se ha superado el tiempo determinado, se llama a la función **reset()** que borra todos los valores y selecciones que se hayan hecho y se carga de nuevo la pantalla **Inicio**.
- Si no se ha superado el tiempo determinado, se realiza una nueva pregunta indicando si el **total_electronico** es igual al **total**. Si la respuesta es afirmativa, en la pantalla **Conteo** se muestra un mensaje indicando que su compra se procesa y se da paso al siguiente subproceso.
- Si el **total_electronico** no es igual al **total**, se realiza otra pregunta indicado si se recibe datos por el puerto serial. Si se detecta la recepción de datos, se recibe el SMS, se descompone la trama y se obtiene el valor. Además, se reinicia el temporizador.
- Si no recibe datos, el tiempo en el temporizador se incrementa y se mantiene en la pantalla **Celular** y se repite de nuevo el ciclo.
- Dentro de la función **controlar_pago()**, si no se ha seleccionado ninguno de los dos métodos de pago, se pregunta si se ha presionado el botón cancelar compra.
- Si se ha presionado cancelar compra, se llama a la función **reset()** que borra todos los valores y selecciones que se hayan hecho y se carga de nuevo la pantalla **Inicio**. Si no se ha presionado ningún botón, se mantiene en la pantalla **Pago** esperando alguna orden.

El diagrama de flujo se presenta en el Anexo C.

2.6.4. Programación del subproceso de entrega de productos

Luego de realizarse el subproceso de pago, se ejecuta el subproceso de entrega de productos.

Este subproceso se encarga de realizar y asegurar la entrega de los productos seleccionados. El Arduino maestro se encarga de enviar la trama tanto al Arduino esclavo1 como al Arduino esclavo2 para que activen los motores que moverán las espiras permitiendo la caída del producto. El medio de comunicación entre las placas Arduino es a través del protocolo I2C.

El sensor ultrasónico colocado en uno de los esclavos detecta si el producto ha caído en la bandeja de entrega y da aviso al maestro indicando que se entregó el producto.

Detalle de la programación:

Arduino maestro

- Independientemente de la pantalla **Conteo** o **Celular**, se llama a la función **controlar_motores()** y se pregunta si se ha entregado el producto y si el pago fue físico.
- Si fue así, el producto se entregó y se da paso al siguiente subproceso. De no ser el caso, se realiza una nueva pregunta indicando si se ha entregado el producto y si el pago fue electrónico.
- Si la respuesta es afirmativa, se entregó el producto y se da paso al siguiente subproceso. De no ser así, se llama a la función **trama_motores1()** y **trama_motores2()**, y en ellas se envía la trama compuesta por el identificador del componente y por la cantidad de componentes comprados.
- La sintaxis para iniciar la comunicación I2C es **Wire.beginTransmission(dirección_dispositivo);**
- La sintaxis para enviar un dato es **Wire.write(valor/string/dato);**
- La sintaxis para finalizar la comunicación I2C es **Wire.endTransmission(dirección_dispositivo);**
- Cuando se ha entregado el producto, el maestro recibe la confirmación del esclavo. La sintaxis es **Wire.requestFrom(dirección, cantidad)**. Luego, se repite nuevamente el ciclo dentro de la función **controlar_motores()**.

Arduino esclavo1 y esclavo2

- Se inicia declarando la librería para la comunicación serial e I2C. La sintaxis para declarar una librería es: **#include <librería.h>**
- Se declaran las variables globales que se usan en la programación. La sintaxis para declarar una variable es: **tipo_de_dato variable = valor_inicial;**
- Dentro del bloque **void setup(){}**, se inicializan los protocolos de comunicación. Se configuran los pines como entradas o salidas. La sintaxis es: **pinMode (variable, INPUT/OUTPUT)**.
- Dentro de la función **receiveEvent**, se detecta si hay bytes disponibles para leer. La sintaxis es **Wire.available()**. Si no se detecta bytes, sigue detectando.
- Si se detecta bytes, lee la trama del maestro y guarda la cantidad en una variable. La sintaxis es **Wire.read()**. Luego, activa los motores para que los productos caigan en la bandeja de entrega.

- Si el sensor no detecta la caída del producto, vuelve a activar los motores. Si detecta la caída del producto, en la función **requestEvent** se envía la confirmación al maestro.

El diagrama de flujo se presenta en el Anexo C.

2.6.5. Programación del subproceso de entrega de cambio y notificación

Este subproceso se encarga de entregar correctamente el cambio si el total de crédito ingresado es superior a total de la compra. Además, se envía una notificación indicando si la cantidad de un componente o algún tipo de moneda llegó a cero.

Detalle de la programación:

- Se muestra la pantalla **Avisocompra** y se llama a la función **controlar_cambio()**, realizando la pregunta si la diferencia es distinta de cero.
- Si la diferencia es distinta de cero, se llama a la función **entrega_cambio()** que activará los servomotores, permitiendo la salida de las monedas para el cambio. Además, la diferencia disminuye y realiza nuevamente la misma pregunta hasta que la diferencia sea cero.
- Si la diferencia es igual a cero, la compra y la entrega de cambio se realizó satisfactoriamente. Además, se llama a la función **controlar_final()**, y dentro esta función se guardan todos los valores actuales de cantidad de componentes y cantidad de monedas en la memoria EEPROM, y se llama a la función **enviar_SMS()**.
- Dentro de la función **enviar_SMS()**, se realiza una comparación entre todos los componentes y tipos de monedas, buscando si en alguno de ellos su cantidad llegó a cero. Se arma el cuerpo del mensaje de texto y cuando ya termina de comparar, el mensaje se envía.
- Por último, se llama a la función **reset()** que borra todos los valores que se han generado en el proceso de compra del producto y se carga nuevamente la pantalla **Inicio** para realizar una nueva compra.

El diagrama de flujo se presenta en el Anexo C.

2.6.6. Programación del subproceso de configuración

Este subproceso se encarga de realizar la configuración tanto de los componentes como de las monedas.

Con respecto a los componentes, se realiza la configuración del precio y de la cantidad de

componentes que se abastecen a la máquina. En cuanto a las monedas, se realiza la configuración de la cantidad de monedas que se suministran a la máquina para que pueda seguir entregando cambio.

Detalle de la programación:

- Se muestra la pantalla **Inicio** y dentro de la función **controlar_inicio()**, se pregunta si se ha girado la llave. Si no se ha girado la llave, se quedará esperando en la pantalla **Inicio**.
- Si se ha girado la llave, se muestra la pantalla **Configurar** y dentro de la función **controlar_configurar()**, se pregunta si ha presionado el botón configurar precios.
- Si se ha presionado el botón, se muestra la pantalla **Configuracion1** y se llama a la función **mostrar_configuracion1** y **controlar_configuracion1()**. Se muestra la interfaz que incluye las opciones para configurar los componentes, confirmar o cancelar cambio y desplazarse a otro menú de configuración. Además, se muestra la cantidad y precio actual de cada componente.
- Dentro de la función **controlar_configuracion1()**, se pregunta si se ha seleccionado algún componente para su configuración. Si se ha seleccionado algún componente, se carga la pantalla **Cantidadconfig** y se llama a la función **controlar_precio_cantidad()**. La interfaz de la pantalla **Cantidadconfig** muestra las opciones de configurar precio y cantidad de los componentes.
- Dentro de la función **controlar_precio_cantidad()**, se pregunta si se ha presionado el botón confirmar precio. Si se ha presionado el botón, se llama a la función **extraer_precio()** que extrae el nuevo precio y lo guarda temporalmente. Si no se ha presionado el botón, se realiza otra pregunta.
- Se pregunta si se ha presionado el botón confirmar cantidad. Si se ha presionado el botón, se llama a la función **extraer_cantidad()** que extrae la cantidad de componentes abastecidos en la máquina y lo guarda temporalmente. Si no se ha presionado el botón, se realiza otra pregunta.
- Se pregunta si se ha presionado el botón continuar. Si se ha presionado el botón, se carga la pantalla **Configuracion1** y se muestra el nuevo precio del componente y la cantidad abastecida. Si no se ha presionado el botón, se mantiene en la pantalla **Cantidadconfig**.
- Dentro de la función **controlar_configuracion1()**, si no se ha seleccionado componente, se realiza otra pregunta indicando si se ha presionado el botón confirmar cambio. Si es así, se pregunta si se ha girado la llave. Si se ha girado la llave, se llama a las funciones **guardar_precio_EEPROM()** y **guardar_cantidad_EEPROM()** que guardan los valores modificados en la memoria EEPROM y se carga la pantalla **Inicio**. Si no se ha girado la llave,

se mantiene hasta que gire la llave.

- Si no se ha presionado el botón confirmar cambio, se pregunta si se ha presionado el botón cancelar cambio. Si se ha presionado el botón, se pregunta si se ha girado la llave. Si se ha girado la llave, se llama a la función **cancelar_config()** que no guarda ningún valor y se carga la pantalla **Inicio**. Si no se ha girado la llave, se mantiene hasta que gire la llave.
- Si no se ha presionado el botón cancelar cambio, se pregunta si se ha presionado el botón ir a configuracion2. Si se ha presionado el botón, se carga la pantalla **Configuracion2** y se llama a la función **mostrar_configuracion2()** y **controlar_configuracion2()**. Tanto la pantalla **Configuracion2** y **Configuracion3** muestran la misma interfaz de la pantalla **Configuracion1**. El mismo procedimiento de la función **controlar_configuracion1()**, se aplica tanto para la función **controlar_configuracion2()** y para la función **controlar_configuracion3()**.
- Dentro de la función **controlar_configuracion1()**, si no se ha seleccionado ningún componente ni se ha presionado ningún botón, se mantiene en la pantalla **Configuracion1** esperando alguna orden.
- Dentro de la función **controlar_configurar()**, si no se ha presionado el botón configurar precios, se pregunta si se ha presionado el botón configurar monedas.
- Si se ha presionado el botón, se muestra la pantalla **Configmonedas** y se llama a la función **mostrar_cantidad_monedas()** y **controlar_config_monedas()**. La interfaz de la pantalla muestra un botón de confirmación por cada tipo de moneda, además de mostrar las opciones para confirmar o cancelar cambio.
- Dentro de la función **controlar_config_monedas()** se pregunta si se ha confirmado la modificación de la cantidad de algún tipo de moneda.
- Si se ha confirmado, se extrae la cantidad modificada y se guarda temporalmente. Si no se ha confirmado modificación, se pregunta si se ha presionado el botón confirmar cambio.
- Si se ha presionado el botón, se pregunta si se ha girado la llave. Si se ha girado la llave, se llama a la función **guardar_cantidad_monedas_EEPROM()** que guarda los valores modificados en la memoria EEPROM y se carga la pantalla **Inicio**. Si no se ha presionado el botón confirmar cambio, se pregunta si se ha presionado el botón cancelar cambio.
- Si se ha presionado el botón, se pregunta si se ha girado la llave. Si se ha girado la llave, se llama a la función **cancelar_config()** que no guarda ningún valor y se carga la pantalla **Inicio**. Si no se ha girado la llave, se mantiene hasta que gire la llave.
- Dentro de la función **controlar_config_monedas()**, si no se ha realizado alguna acción, se mantiene en la pantalla **Configmonedas** esperando alguna orden.
- Dentro de la función **controlar_configurar()**, si no se ha presionado ningún botón y se quiere salir de la configuración, se pregunta si se ha girado la llave. Si se ha girado la llave, se llama

a la función **cancelar_config()** y se carga la pantalla **Inicio**. Si la llave no se ha girado, se mantiene dentro de la función en la espera de órdenes.

El diagrama de flujo se presenta en el Anexo C.

2.7. Implementación de placas de circuito impreso

A través de la Suite de Diseño Proteus se realiza el diseño de las placas de circuito impreso para la parte de control electrónico de la máquina expendedora.

Debido a la existencia de un maestro y dos esclavos, los diseños son distintos entre maestro y esclavos, pero el proceso de implementación es el mismo.

2.7.1. Esquematación de las placas para el maestro y los esclavos

Una vez iniciado el software Proteus, se crea un nuevo proyecto y dentro de la ventana esquemático se realiza la conexión de los dispositivos que llevará la placa.

Dentro de Proteus, cada uno de los dispositivos utilizados para realizar el esquemático posee su propio paquete de diseño que se visualiza cuando se cambia a la ventana de diseño de PCB. Además, se pueden crear nuevos paquetes si no existen dentro de la biblioteca de Proteus.

Los únicos dispositivos que tendrán un montaje físico sobre la placa del maestro son el Arduino Mega y el módulo GSM SIM900. Los demás dispositivos como el monedero electrónico, la pantalla Nextion, el interruptor con llave de seguridad, los servomotores, además de la comunicación I2C y la alimentación son conectados a la placa a través de molex como se muestra en el Anexo F.

Los dispositivos que se montan físicamente sobre la placa de los esclavos son el Arduino Mega y los controladores para los motores de paso. El resto de dispositivos como el sensor y los motores de paso, además de la comunicación I2C y la alimentación son conectados a la placa a través de molex tal como se aprecia en la Anexo F.

2.7.2. Diseño de PCB para las placas del maestro y los esclavos

Una vez realizada la conexión de todos los dispositivos en la ventana del esquemático, se cambia a la ventana diseño de PCB.

En esta ventana se ubican todos los paquetes de los distintos dispositivos que integran la placa como se muestra en la Figura 33-2. Para la creación de las pistas se realiza de forma manual o automática, e independientemente de la selección, se puede modificar el ancho de las pistas y de los pad en donde se insertarán los terminales de los componentes.

Realizadas las modificaciones correspondientes y completado el diseño de la placa, se lo exporta como un archivo PDF.

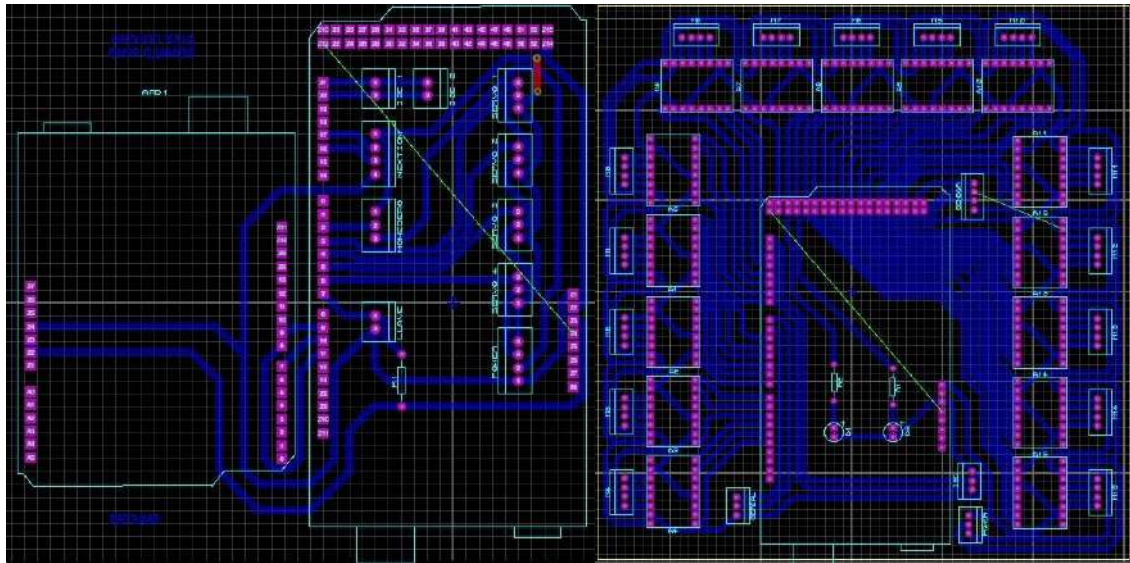


Figura 33-2: Diseño de PCB para la placa del maestro y los esclavos

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.7.3. *Proceso de transferencia térmica y corrosión de la placa*

Para implementar físicamente la placa de circuito impreso, se realiza el proceso de transferencia térmica que consiste en lo siguiente:

- El diseño se debe imprimir en papel de transferencia térmica o papel fotográfico con ayuda de una impresora láser que es ideal para este proceso.
- Para transferir el diseño, primero se debe preparar la placa limpiando de toda impureza y se fija el diseño con cinta adhesiva.
- A través de una plancha se aplica calor por toda el área que ocupa el diseño hasta que se noten las pistas marcadas en el papel.
- Por último, se humedece la placa para eliminar el papel sobrante.

Luego de realizar el proceso de transferencia térmica y comprobar que el diseño no presenta fallas de transferencia, se sumerge la placa en un recipiente que contenga una solución de agua con

cloruro férrico. En esta solución se mantendrá a la placa hasta que el cobre excedente se elimine por completo.

Una vez eliminado el cobre excedente, se enjuaga la placa y se revisa que no exista cobre entre pistas que puedan provocar cortocircuitos. Posteriormente, se realizan las perforaciones en los pad para que los terminales de los componentes ingresen libremente.

2.7.4. Montaje de componentes y proceso de soldadura

Por último, se montan todos los componentes y se sueldan a la placa procurando no unir pistas ni pad con la suelda, y con un diluyente se limpian todas las pistas y pad soldadas para eliminar el exceso de pasta.

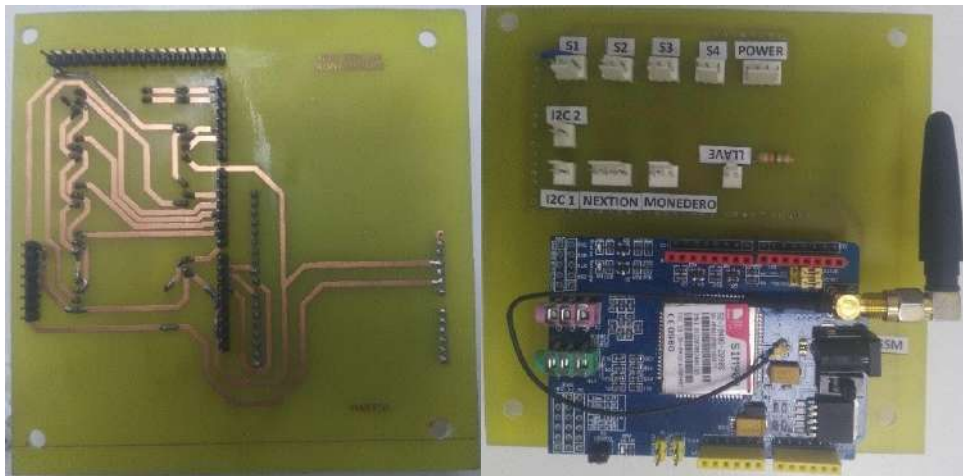


Figura 34-2: Placa implementada para el maestro

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

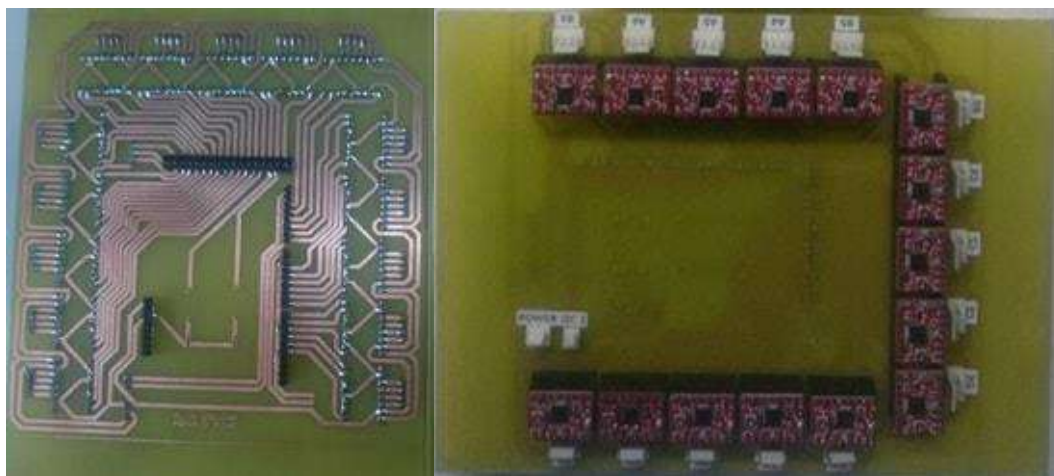


Figura 35-2: Placa implementada para los esclavos

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.8. Implementación de la estructura de la máquina

En base a la Figura 32-2, se construye la estructura de la máquina expendedora.

2.8.1. Construcción de la estructura externa e interna

Para la estructura externa e interna, la longitud de los tubos va de acuerdo a las medidas expuestas en el diseño previo.

La mayor parte de la estructura está hecha con tubo cuadrado de 3/4" x 2mm ya que debe soportar el peso de las bandejas que alojan a los componentes, además de ofrecen una gran estabilidad y rigidez. La estructura externa se compone del gabinete que alojará a todos los componentes de la máquina. Además, posee una estructura interna con soportes en donde se colocarán rieles de cajón que permitirán la entrada y salida de las bandejas en el gabinete. Ver Figura 36-2.



Figura 36-2: Construcción de la estructura externa e interna

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.8.2. Construcción de las puertas y bandejas

A parte, el diseño cuenta con dos puertas de diferentes medidas. Una de las puertas asegura la sección que almacena y muestra las bandejas con los componentes electrónicos, y la segunda

puerta asegura toda la parte electrónica de la máquina. El tubo utilizado es de 3/4" x 1.2mm.

Para las bandejas, se construye primero un marco sobre el cual descansará la plancha de tol doblada de acuerdo a las especificaciones del diseño. El marco está hecho con tubo de 3/4" x 1.2mm, mientras que el tol utilizado es negro de 0.9mm de espesor.

Una vez construidas las bandejas, se sueldan los rieles de cajón en el marco de la bandeja y en la estructura interna de la máquina. Además, con bisagras de 3/8" x 2cm se sujetan las puertas a la estructura principal de la máquina. Ver Figura 37-2.



Figura 37-2: Construcción de puertas y bandejas

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.8.3. Colocación de llantas y tapas en la estructura

Para desplazar la máquina se colocan ruedas en cada una de las esquinas. Tras terminar de construir la estructura principal, se cortan láminas de tol negro de 0.9mm de espesor según las dimensiones del diseño previo, las mismas que cubrirán la estructura de la máquina.

Todos los lados de la máquina se cubren por el tol a excepción de la parte delantera. La puerta que asegura la estructura interna no va cubierta con tol, ya que debe mostrar los componentes que

están alojados en las bandejas. La puerta que asegura la parte electrónica va cubierta con una lámina de tol, con el fin de ocultar las placas de control electrónico y dar soporte para la pantalla Nextion, monedero electrónico y alojar la ranura para la entrega de cambio.

En la parte inferior delantera se ubica la tolva que albergará el producto una vez que el usuario lo haya adquirido. Al igual que las tapas, la tolva está hecha de tol negro de 0.9mm de espesor. Ver Figura 38-2.



Figura 38-2: Colocación de llantas y tapas

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.8.4. Acabado de la estructura

Una vez ensamblada toda la estructura, se pulen los puntos de suelda prominentes y se lija toda la estructura por dentro y por fuera. Se limpia el polvo de la lijada y se aplica una capa de pintura base inoxidable que protegerá a la máquina.

El secado es importante para que la pintura base se adhiera de mejor manera a la estructura. Con pintura negra sintética se pinta en su totalidad la máquina, cubriendo con ella cada espacio consiguiendo una textura uniforme.

Se expone la estructura nuevamente al secado y se aplica otra capa de pintura que dará uniformidad a toda la superficie. Tras esto, la estructura queda lista para el proceso de montaje como se muestra en la Figura 39-2.



Figura 39-2: Acabado de la estructura

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.9. Montaje de la máquina

Terminada la implementación de las placas de circuito impreso y la estructura metálica, se realiza el montaje de todos los dispositivos y demás elementos en la estructura metálica de la máquina expendedora.

2.9.1. Montaje de motores en las bandejas

Se fijan los motores en las bandejas mediante pernos y en cada uno de los terminales se colocan molex que van conectados en la placa de los esclavos. Para ordenar el cableado, el grupo de cables de cada motor se coloca dentro de espirales. Ver Figura 40-2.



Figura 40-2: Montaje de motores en las bandejas

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.9.2. Montaje de las placas

Las placas van colocadas en la tapa interior derecha y sujetadas por pernos. Dependiendo si la placa es del maestro o del esclavo, se montan físicamente los dispositivos que van en cada uno de los espacios asignados. Ver Figura 41-2.



Figura 41-2: Montaje de las placas

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.9.3. Montaje de la pantalla Nextion y monedero electrónico

En la tapa de la puerta que cubre la parte electrónica de la máquina, en ella se coloca la pantalla y el monedero en orificios previamente realizados. De igual forma, el cableado se ordena mediante espirales. Ver Figura 42-2.



Figura 42-2: Montaje de pantalla Nextion
y monedero electrónico

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.9.4. Montaje del clasificador de monedas y servomotores

De acuerdo a la Figura 43-2, el clasificador va sujeto en una de las tapas internas de la estructura de la máquina. La altura a la que va colocada y la distancia respecto a la tapa interior debe coincidir con la ranura del monedero electrónico. El material del clasificador es plástico ABS.

Sobre el perfil F de aluminio a manera de rieles, se coloca la base en la que van sujetos los servomotores. Esta base posee orificios que permiten la caída de las monedas sobre un canal al momento de entregar el cambio como se indica en la Figura 43-2.

Además, como la base se coloca bajo el clasificador, esta sirve de soporte para las monedas clasificadas y apiladas en sus respectivos compartimentos. El material de la base y del canal es acrílico.



Figura 43-2: Montaje del clasificador y servomotores

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.9.5. Colocación de las bandejas y conexión de los dispositivos

Tras colocar los motores en las bandejas y asegurar los espirales mediante los acoples en los motores, se coloca cada una de las bandejas en sus respectivos espacios procurando no intercambiar el orden.

En cada una de las placas a través de los molex, se conectan todos los dispositivos que no van montados físicamente en las placas procurando ocupar los espacios asignados. Ver Figura 44-2.



Figura 44-2: Colocación de bandejas y
conexión de los dispositivos

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2.9.6. Montaje finalizado

Cumplido el montaje de todas las partes que componen la máquina expendedora, se somete al proceso de pruebas que se detallan en el siguiente capítulo. Ver Figura 45-2.



Figura 45-2: Máquina expendedora terminada

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

CAPÍTULO III

3. VALIDACIÓN DEL PROTOTIPO

En este capítulo se presentan los componentes más requeridos por los estudiantes, las pruebas realizadas al prototipo tanto en software como hardware y resultados obtenidos con estas pruebas.

Se realiza pruebas de entrega fiable de productos y cambio en monedas, además de la medición de tiempos de respuesta respecto a la cantidad de productos entregados.

Adicional a lo ya mencionado, se presentan resultados de pruebas de comunicación GSM y un análisis de costos respecto a la implementación del prototipo.

Para todas las pruebas de este capítulo se emplearon 150 iteraciones, pero las tablas se encuentran resumidas en un número menor de iteraciones donde se muestran las secciones en las que se aprecia variaciones de los datos, sin embargo, los resultados expuestos hacen referencia a las pruebas completas.

El protocolo de pruebas realizadas es el siguiente:

- Validación de sensores, que permite conocer si se agrega algún error a los sensores incluidos en el prototipo.
- Caracterización de la selección, esta permite comprobar que la selección se mantenga hasta terminar el proceso de compra
- Caracterización de la comunicación y el pago electrónico, permite comprobar que los datos transmitidos tanto por I2C como por GSM se mantengan íntegros.
- Caracterización de sistemas de entrega, se realizan pruebas para comprobar que los componentes y el cambio sean entregados satisfactoriamente.
- Caracterización del almacenamiento en memoria, pruebas realizadas para comprobar la integridad y permanencia de los datos almacenados en memoria EEPROM
- Pruebas de estabilidad, estas pruebas se realizan para verificar el correcto funcionamiento del prototipo en condiciones de repetitividad.

Cada prueba se describe en su apartado correspondiente.

3.1. Determinación de los componentes más requeridos por los estudiantes

Para determinar cuáles son los componentes más usados por los estudiantes de ingeniería electrónica se hizo uso de encuestas, las cuales fueron aplicadas a los estudiantes del tercero al noveno nivel en las dos carreras de ingeniería electrónica en la ESPOCH. El modelo de encuesta puede apreciarse en el Anexo D.

Tabla 1-3: Componentes más usados por los estudiantes

Nº	Componente	Nº	Componente
1	Resistencias 220Ohm	16	Compuertas lógicas 7486
2	Resistencias 330Ohm	17	Conversor 7447
3	Resistencias 1Kohm	18	Display 7 segmentos
4	Resistencias 10Kohm	19	Dip-Switch
5	Diodos Led	20	Regulador 7805
6	Diodos rectificadores 4001	21	PIC 16F628A
7	Diodos rectificadores 4004	22	PIC 16F877A
8	Diodos rectificadores 4007	23	LM35
9	Transistores 2N3904	24	Condensador 104
10	Transistores 2N3906	25	Condensador 1uf
11	Transistores 2N2222A	26	Batería 9V con broche
12	Compuertas lógicas 7400	27	Conductor 1M
13	Compuertas lógicas 7404	28	Estaño 1m
14	Compuertas lógicas 7408	29	Arduino UNO
15	Compuertas lógicas 7432	30	Arduino NANO

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

3.2. Caracterización del prototipo

Se realizó la caracterización del prototipo de modo que sea posible comprobar el funcionamiento esperado durante todo el proceso de adquisición de componentes. Para facilitar este proceso se dividió la caracterización según los sistemas del prototipo.

3.2.1. Caracterización de sensores

En la construcción del prototipo se usaron tres tipos de sensores, de los cuales dos son usados para detección de objetos mas no para medición de magnitudes, en cuanto al tercero se trata de un sensor magnético usado para identificar la combinación de metales en las monedas.

3.2.1.1. Caracterización de sensores para detección e identificación de monedas

Cabe mencionar que el sensor magnético trabaja en conjunto con un sensor de barrera que mide el área de las monedas y que los dos se encuentran en el interior del monedero electrónico por lo cual las pruebas mostradas a continuación validan el funcionamiento de estos dos sensores.

Las pruebas realizadas consisten en introducir monedas de distintos valores en la máquina expendedora para comprobar que estas sean admitidas e identificadas por su valor, además de que el sistema rechace las monedas falsas o extranjeras cuyos valores no estén en dólares.

Cada iteración en la Tabla 2-3 corresponde a una prueba que consiste en introducir una moneda y verificar que el sistema la identifique como una moneda válida y además identifique su valor, en este apartado se realizaron pruebas con moneda falsas y extranjeras, para comprobar que el sistema las rechace.

Tabla 2-3: Pruebas de sensores para admisión y reconocimiento de monedas

Nº	5 Ctvs	10 Ctvs	25 Ctvs	50 Ctvs	100 Ctvs
1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1
17	1	1	1	1	1
18	1	1	1	1	1
19	1	1	1	1	1

N°	5 Ctvs	10 Ctvs	25 Ctvs	50 Ctvs	100 Ctvs
20	1	1	1	1	1
21	1	1	1	1	1
22	1	1	1	1	1
23	1	1	1	1	1
24	1	1	1	1	1
25	1	1	1	1	1
26	1	1	1	1	1
27	1	1	1	1	1
28	1	1	1	1	1
29	1	1	1	1	1
30	1	1	1	1	1
Total	150	150	150	150	150
Porcentaje	100%	100%	100%	100%	100%

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

1: Resultado positivo; 0: Resultado negativo.

Debido a los resultados mostrados en la Tabla 2-3, se concluye que los sensores iniciales cumplen con su funcionamiento satisfactoriamente sin errores puesto que no se han producido errores durante las pruebas.



Figura 1-3: Introducción de crédito en el monedero electrónico

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

3.2.1.2. Caracterización del sensor para detección de entrega de productos

En cuanto al último sensor, que también constituye un sensor de barrera, ubicado para la detección de componentes entregados, mostro un funcionamiento que se refleja en la Tabla 3-3.

Esta prueba consiste en dejar pasar los objetos entregados a través del sensor para comprobar que este los detecte, de tal modo que la máquina expendedora sepa que el producto fue entregado exitosamente.

Tabla 3-3: Pruebas de sensor para verificación de entrega de productos

Nº	Sensor	Nº	Sensor	Nº	Sensor
1	1	31	1	61	1
2	1	32	1	62	1
3	1	33	1	63	1
4	1	34	1	64	1
5	1	35	1	65	1
6	1	36	1	66	0
7	1	37	1	67	1
8	1	38	1	68	1
9	1	39	1	69	1
10	0	40	1	70	1
11	1	41	1	71	1
12	1	42	1	72	1
13	1	43	1	73	1
14	1	44	1	74	1
15	1	45	1	75	1
16	1	46	1	76	1
17	1	47	1	77	1
18	1	48	1	78	1
19	1	49	1	79	1
20	1	50	1	80	1
21	1	51	1	81	1
22	1	52	1	82	0
23	1	53	1	83	1
24	1	54	1	84	1
25	1	55	1	85	1

N°	Sensor	N°	Sensor	N°	Sensor
26	1	56	1	86	1
27	0	57	1	87	1
28	1	58	1	88	1
29	1	59	1	89	1
30	1	60	1	90	1
Total					146
Porcentaje					97.33%

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

1: Resultado positivo; 0: Resultado negativo.

En base a los resultados obtenidos en la Tabla 3-3, se concluye que la detección de la entrega es fiable en un 97.33%, valor que se encuentra dentro del rango aceptable.

Por tanto, se procede a colocar etiquetas dentro de los empaquetados que se entregan al usuario, esta acción logro que los objetos sean mejor detectados, eliminando la transparencia de las fundas usadas para el empaquetado, dando finalmente un resultado de 99.53% de fiabilidad. Este valor hace referencia a la fiabilidad del sensor al detectar si un producto ha sido entregado, mas no a la entrega en sí.



Figura 2-3: Sensor para la detección de entrega de productos

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

3.2.2. Caracterización de la selección

Para la selección de los productos la máquina debe ser rápida y eficiente por lo cual mantiene una interfaz simple e intuitiva. En este caso se ejecutaron pruebas con selecciones que involucren a

todos los componentes en orden completamente aleatorio, los resultados se muestran en la Tabla 4-3.

Prueba 1: Se seleccionó un ejemplar de cada componente en orden ascendente.

Prueba 2: Se seleccionó un ejemplar de cada componente en orden descendente.

Prueba 3: Se seleccionó un ejemplar de cada componente en orden aleatorio.

Prueba 4: Se seleccionaron varios ejemplares de cada componente en orden aleatorio

Prueba 5: Se seleccionaron varios ejemplares de cada componente intercalando selecciones, es decir, seleccionado un componente se realiza otra selección y luego se vuelve al componente anterior para seleccionar una cantidad mayor.

Tabla 4-3: Pruebas de selección aleatoria

N°	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5
1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1
17	1	1	1	1	1
18	1	1	1	1	1
19	1	1	1	1	1
20	1	1	1	1	1
21	1	1	1	1	1
22	1	1	1	1	1
23	1	1	1	1	1

N°	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5
24	1	1	1	1	1
25	1	1	1	1	1
26	1	1	1	1	1
27	1	1	1	1	1
28	1	1	1	1	1
29	1	1	1	1	1
30	1	1	1	1	1
Total	150	150	150	150	150
Porcentaje	100%	100%	100%	100%	100%

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

1: Resultado positivo; 0: Resultado negativo.

La Tabla 4-3 muestra cinco pruebas distintas de selección aleatoria en las cuales el dispositivo no muestra errores, pues cada selección se realizó correctamente.

Cada una de las pruebas corresponde a una selección aleatoria distinta a las demás, tanto en orden como en cantidad de productos por selección, concluyendo que cada objeto seleccionado se mantiene mientras se selecciona otro y el costo total se suma hasta terminar completamente todo el proceso de selección.



Figura 3-3: Comunicación exitosa entre el Arduino y la pantalla Nextion

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018



Figura 4-3: Selección de componente realizada exitosamente

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018



Figura 5-3: Selección de componentes en la pantalla Nextion

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

3.2.3. Caracterización de la comunicación y el pago electrónico

En este apartado se realizan pruebas para comprobar el correcto funcionamiento de los sistemas de comunicación, así como también comprobar la integridad de los datos transmitidos.

3.2.3.1. Caracterización de la comunicación I2C

Esta prueba se realiza con el objeto de comprobar la integridad de los datos enviados y recibidos en la comunicación maestro-esclavo y viceversa mediante I2C.

En la prueba se revisa que los datos no se pierdan o se omitan en la comunicación, para ello se realizan treinta iteraciones que consisten en enviar datos de ID y número de vueltas desde el maestro hacia los esclavos y comprobar que el dato de respuesta desde los esclavos hacia el maestro sea correcto.

El maestro envía tres caracteres hacia los esclavos, de los cuales dos pertenecen al ID y uno pertenece al número de componentes que se deben entregar. Al terminar el proceso, los esclavos devuelven cada uno un carácter al maestro, por tanto, en el proceso se manejan cinco caracteres que deben ser transmitidos correctamente.

Los resultados se muestran en la Tabla 5-3.

Tabla 5-3: Pruebas de comunicación fiable I2C

Nº	Respuesta	Nº	Respuesta
1		5	16
2		5	17
3		5	18
4		5	19
5		5	20
6		5	21
7		5	22
8		5	23
9		5	24
10		5	25
11		5	26
12		5	27
13		5	28
14		5	29
15		5	30
Total			150
Porcentaje			100%

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

En base a los datos obtenidos tras las pruebas, se concluye que la comunicación funciona correctamente y que no existen pérdidas en los datos transmitidos.

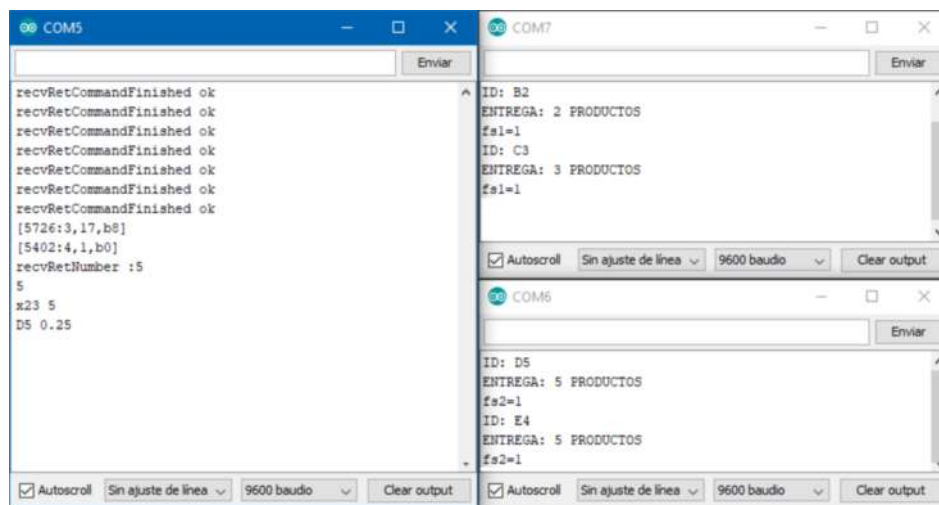


Figura 6-3: Envío y recepción de datos mediante la comunicación I2C

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

3.2.3.2. Caracterización de la comunicación GSM

La caracterización de la comunicación GSM se realizó al término de la implementación del prototipo y luego de su puesta en marcha con el objetivo de comprobar que el prototipo de aviso de los componentes terminados.

Las pruebas realizadas constituyen cuarenta y cinco iteraciones en las que se forzó a un componente a terminarse de modo que la máquina envíe una notificación al propietario vía SMS comunicando los componentes terminados. Los resultados se muestran en la Tabla 6-3.

Tabla 6-3: Pruebas de funcionamiento de la comunicación GSM

Nº	Respuesta	Nº	Respuesta	Nº	Respuesta
1	1	16	1	31	1
2	1	17	1	32	1
3	1	18	1	33	1
4	1	19	1	34	1
5	1	20	1	35	1
6	1	21	1	36	1
7	1	22	1	37	1
8	1	23	1	38	1
9	1	24	1	39	1
10	1	25	1	40	1
11	1	26	1	41	1
12	1	27	1	42	1
13	1	28	1	43	1
14	1	29	1	44	1
15	1	30	1	45	1
Total					150
Porcentaje					100%

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

1: Resultado positivo; 0: Resultado negativo.

De acuerdo a los datos mostrados en la Tabla 6-3, se concluye que el sistema de notificación funciona correctamente puesto que emite el mensaje correcto de aviso al término de un componente.



Figura 7-3: Envió de la notificación

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018



Figura 8-3: Recepción de la notificación

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

3.2.3.3. Caracterización del pago electrónico

Otro de los sistemas más importantes del prototipo es el pago por moneda electrónica o en este caso y debido a la cancelación de la moneda electrónica que se explica en los capítulos previos, la simulación realizada para este sistema.

Para comprobar su correcto funcionamiento se realizaron cuarenta y cinco iteraciones en una prueba que consiste en realizar varios pedidos por cada iteración, para finalmente enviar el mensaje que deberá ser descompuesto para obtener el valor del pago.

Tabla 7-3: Pruebas de funcionamiento del sistema de pago electrónico

Nº	Respuesta	Nº	Respuesta	Nº	Respuesta
1	1	16	1	31	1
2	1	17	1	32	1
3	1	18	1	33	1
4	1	19	1	34	1

N°	Respuesta	N°	Respuesta	N°	Respuesta
5	1	20	1	35	1
6	1	21	1	36	1
7	1	22	1	37	1
8	1	23	1	38	1
9	1	24	1	39	1
10	1	25	1	40	1
11	1	26	1	41	1
12	1	27	1	42	1
13	1	28	1	43	1
14	1	29	1	44	1
15	1	30	1	45	1
Total					150
Porcentaje					100%

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

1: Resultado positivo; 0: Resultado negativo.

Los resultados muestran que el sistema de pago electrónico funciona correctamente manteniendo un error del 0% en las iteraciones realizadas. Además, el tiempo que transcurre desde el momento que se envía el mensaje hasta que la máquina expendedora lo procesa es de tan solo 7.82 seg.



Figura 9-3: Recepción del pago electrónico

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

3.2.4. Caracterización de los sistemas de entrega

En este apartado se realizan pruebas para comprobar que el prototipo entregue de manera correcta tanto los componentes seleccionados como el cambio si lo hubiera.

3.2.4.1. Caracterización del sistema de entrega de productos

Uno de los aspectos más importantes del prototipo es que sea confiable y que el producto se entregue de manera segura, para comprobar esto se realizaron varios tipos de pruebas que demuestren un funcionamiento adecuado.

Las pruebas realizadas se describen a continuación:

Prueba 1: Se hace el pedido de un solo ejemplar de cada componente.

Prueba 2: Se hace el pedido de dos ejemplares de cada componente.

Prueba 3: Se hace el pedido de tres ejemplares de cada componente.

Prueba 4: Se hace el pedido de cinco ejemplares de cada componente.

Prueba 5: Se hace el pedido de todos los ejemplares de cada componente.

Los resultados obtenidos se reflejan en la Tabla 8-3.

Tabla 8-3: Pruebas de entrega de productos

Nº	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5
1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	0
8	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1
10	1	1	0	1	1
11	1	1	1	0	1
12	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1
17	1	1	1	1	2
18	1	1	1	1	1

N°	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5
19	1	1	1	1	1
20	1	1	1	1	1
21	1	1	1	1	1
22	1	1	1	1	1
23	1	1	1	2	1
24	1	1	1	1	1
25	1	1	1	1	1
26	1	1	1	1	1
27	1	1	1	1	1
28	1	1	1	1	2
29	1	1	1	1	1
30	1	1	1	1	1
Total	150	150	149	148	147
Porcentaje	100%	100%	99.33%	98.67%	98%

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2: Entrega dos productos en lugar de uno; 1: Producto/s entregado/s; 0: No entrega ningún producto o no entrega todos.

Con respecto a la información mostrada en la Tabla 8-3, se concluye que la máquina es estable, pero al hacer pedidos de componentes en grandes cantidades, se presenta una inestabilidad en la entrega.

Con el objeto de mejorar los resultados, se procede a aumentar el espacio entre las espiras encargadas de portar y entregar los componentes.

Esta acción tuvo un efecto positivo, puesto que el porcentaje de error en una prueba idéntica a la prueba 5, muestra un error reducido a tan solo 98.6%, lo cual se considera aceptable tomando en cuenta que son pedidos en masa.

Para pruebas similares a las pruebas 1, 2, 3 y 4 no se presentaron errores.

La modificación se aprecia en la Figura 10-3.

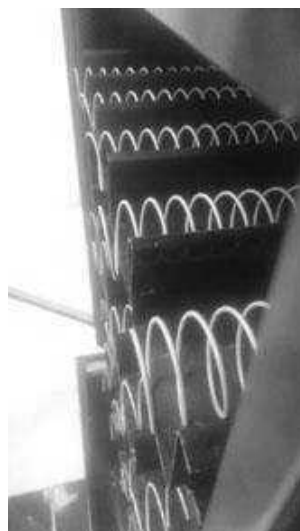


Figura 10-3: Modificación en los espirales

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

3.2.4.2. Caracterización del sistema de entrega de cambio

Al recibir moneda física, también es indispensable que la máquina sea capaz de entregar cambio por lo cual este sistema debe funcionar correctamente, siendo este el caso, se realizan diferentes pruebas para comprobar su funcionamiento.

Las pruebas constan de realizar compras que obliguen a la máquina expendedora a entregar cambio y al forzar a que el prototipo no cuente con monedas de todos los tipos, se evalúa el funcionamiento de la entrega de cambio para cada valor. Los resultados a las pruebas se muestran en la Tabla 9-3.

Tabla 9-3: Pruebas de funcionamiento del sistema de cambio

Nº	5 Cts	10 Cts	25 Cts	50 Cts	Combinados
1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	2
5	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1
9	1	0	1	1	1
10	1	1	1	1	1

N°	5 Ctvs	10 Ctvs	25 Ctvs	50 Ctvs	Combinados
11	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	2
16	1	1	1	1	1
17	1	1	1	1	1
18	1	1	1	1	1
19	1	1	1	1	1
20	1	1	1	1	1
21	2	1	1	1	1
22	1	1	1	1	1
23	1	1	1	1	1
24	1	1	1	1	1
25	1	0	1	1	1
26	1	1	1	1	1
27	1	1	1	1	1
28	1	1	1	1	1
29	1	1	1	1	1
30	1	1	1	1	1
Total	149	147	150	150	148
Porcentaje	99.33%	98%	100%	100%	98.67%

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

2: Entrega una moneda incorrecta; 1: Entrega el cambio correcto; 0: No entrega ninguna moneda.

En base a la Tabla 9-3, se concluye que el sistema de cambio posee fallas dentro de lo aceptable puesto que ninguna sobrepasa el 10%.

3.2.5. Caracterización del almacenamiento en memoria

Esta prueba se realiza con el fin de comprobar la integridad y permanencia de los datos almacenados en la memoria EEPROM del controlador Arduino. Para esto, se realizaron las pruebas mostradas a continuación y que arrojaron los datos mostrados en la Tabla 10-3.

Prueba 1: Se modifican y almacenan los datos de cantidades disponibles de cada componente.

Prueba 2: Se modifican y almacenan los datos de precios correspondientes a cada componente.

Prueba 3: Se modifican y almacenan los datos de cantidades de monedas disponibles para entregar cambio.

Tabla 10-3: Pruebas de funcionamiento del sistema de configuración

Nº	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
1	1	1	1
2	1	1	1
3	1	1	1
4	1	1	1
5	1	1	1
6	1	1	1
7	1	1	1
8	1	1	1
9	1	1	1
10	1	1	1
11	1	1	1
12	1	1	1
13	1	1	1
14	1	1	1
15	1	1	1
16	1	1	1
17	1	1	1
18	1	1	1
19	1	1	1
20	1	1	1
21	1	1	1
22	1	1	1
23	1	1	1
24	1	1	1
25	1	1	1
26	1	1	1
27	1	1	1
28	1	1	1
29	1	1	1
30	1	1	1

Nº	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
Total	150	150	150
Porcentaje	100%	100%	100%

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

1: Resultado positivo; 0: Resultado negativo.

La Tabla 10-3 muestra un correcto funcionamiento del almacenamiento de datos en memoria, pues con esta prueba se concluye que los datos se almacenan de forma íntegra y permanente en la memoria. Además, se da la posibilidad de cambiarlos de acuerdo a las nuevas necesidades que se presenten.

3.2.6. Pruebas de estabilidad del prototipo

En este apartado se realizan pruebas repetitivas con el fin de comprobar la estabilidad de la máquina expendedora en condiciones iguales.

Para realizar estas pruebas con éxito, se procede a calcular los datos de la media (\bar{x}), la desviación estándar (σ) y al final con ayuda de estos dos, el coeficiente de variación CV definido por $CV = (\sigma/\bar{x}) * 100\%$, esto para cada prueba realizada y para el cálculo de estos valores se hace uso del software Microsoft Excel 2016.

La interpretación del coeficiente de variación se muestra en la Tabla 11-3 (León Velásquez, 2015).

Tabla 11-3: Interpretación del coeficiente de variación

Valor del coeficiente de variación (%)	Interpretación del coeficiente	
	Variabilidad	Estabilidad
Igual a cero	Nula	Muy alta
Mayor de 0 hasta 20	Baja	Alta
Mayor de 20 hasta 60	Moderada	Moderada
Mayor de 60 hasta 90	Alta	Baja
Mayor de 90	Muy alta	Nula

Fuente: (León Velásquez, 2015)

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

3.2.6.1. Pruebas de estabilidad del reconocimiento de monedas

Las pruebas de estabilidad en cuanto al reconocimiento de monedas se realizan con el fin de comprobar que en una situación repetitiva la máquina expendedora no muestre cambios significativos.

Las pruebas consisten en ejecutar condiciones iguales al realizar pagos con monedas de la misma denominación, los resultados pueden apreciarse en la Tabla 12-3.

Tabla 12-3: Pruebas de estabilidad en el reconocimiento de monedas

Nº	5 Cts	10 Cts	25 Cts	50 Cts	100 Cts
1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1
17	1	1	1	1	1
18	1	1	1	1	1
19	1	1	1	1	1
20	1	1	1	1	1
21	1	1	1	1	1
22	1	1	1	1	1
23	1	1	1	1	1
24	1	1	1	1	1
25	1	1	1	1	1

N°	5 Ctvs	10 Ctvs	25 Ctvs	50 Ctvs	100 Ctvs
26	1	1	1	1	1
27	1	1	1	1	1
28	1	1	1	1	1
29	1	1	1	1	1
30	1	1	1	1	1
\bar{X}	1	1	1	1	1
σ	0	0	0	0	0
CV	0	0	0	0	0

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

En base a los resultados mostrados en la Tabla 12-3, se concluye que la máquina posee una muy alta estabilidad en el reconocimiento de monedas de acuerdo a la Tabla 11-3 (León Velásquez, 2015).

3.2.6.2. Pruebas de estabilidad de la entrega de productos

Estas pruebas se realizaron para comprobar la estabilidad de la máquina expendedora en condiciones repetitivas correspondientes a la entrega de los componentes. En estas pruebas se eligieron al azar seis componentes distintos, uno de cada bandeja.

Prueba 1: Se realizan treinta pedidos iguales a un componente de la bandeja uno.

Prueba 2: Se realizan treinta pedidos iguales a un componente de la bandeja dos.

Prueba 3: Se realizan treinta pedidos iguales a un componente de la bandeja tres.

Prueba 4: Se realizan treinta pedidos iguales a un componente de la bandeja cuatro.

Prueba 5: Se realizan treinta pedidos iguales a un componente de la bandeja cinco.

Prueba 6: Se realizan treinta pedidos iguales a un componente de la bandeja seis.

Tabla 13-3: Pruebas de estabilidad en la entrega de productos

N°	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Prueba 6
1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1

N°	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Prueba 6
7	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1
10	1	0	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1	1
17	1	1	1	1	1	1
18	1	1	1	1	1	1
19	1	1	1	1	1	1
20	1	1	1	1	1	1
21	1	0	1	1	1	1
22	1	1	1	1	1	1
23	1	1	1	1	1	1
24	1	1	1	1	1	0
25	1	1	0	1	1	1
26	0	1	1	1	1	1
27	1	1	1	1	0	1
28	1	1	1	0	1	1
29	1	1	1	1	1	0
30	1	1	1	1	1	1
\bar{X}	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
σ	0.08	0.11	0.08	0.08	0.08	0.11
CV(%)	8.08%	11.11%	8.08%	8.08%	8.08%	11.11%

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

1: Resultado positivo; 0: Resultado negativo.

En base a los datos mostrados en la Tabla 13-3, se concluye que la máquina expendedora muestra una alta estabilidad en la entrega de productos según la Tabla 11-3 (León Velásquez, 2015).

3.2.6.3. Pruebas de estabilidad de la entrega de cambio

En este caso se ejecutan pruebas repetitivas con el fin de comprobar la estabilidad del sistema de entrega de cambio, para esto se realizan pedidos en los que se obligue a la máquina a dar cambio en monedas del mismo tipo y en condiciones iguales.

Tabla 14-3: Pruebas de estabilidad en la entrega de cambio

Nº	5 Ctvs	10 Ctvs	25 Ctvs	50 Ctvs	Combinados
1	1	1	1	1	1
2	1	0	1	1	1
3	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1
15	1	0	1	1	1
16	1	1	1	1	1
17	1	1	1	1	1
18	1	1	1	1	1
19	1	1	1	1	1
20	1	1	1	1	1
21	1	1	1	1	0
22	1	1	1	1	1
23	1	1	1	1	1
24	1	1	1	1	1
25	1	1	1	1	1
26	1	1	1	1	1
27	1	1	1	1	1
28	1	1	1	1	1

N°	5 Ctvs	10 Ctvs	25 Ctvs	50 Ctvs	Combinados
29	1	1	1	1	1
30	1	1	1	1	1
\bar{x}	1	0.99	1	1	0.99
σ	0	0.11	0	0	0.08
CV	0%	11.11%	0%	0%	8.08%

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

En base a los resultados mostrados en la Tabla 14-3, se concluye basándose en el coeficiente de variación que la máquina posee una alta estabilidad en la entrega de cambio de acuerdo a la Tabla 11-3 (León Velásquez, 2015).

3.3. Tiempo de proceso del prototipo

Se realizaron pruebas para la medición del tiempo de entrega de los componentes en varios casos, el tiempo se mide durante todo el proceso de compra.

Prueba 1: Se hace el pedido de un solo ejemplar de cada componente.

Prueba 2: Se hace el pedido de dos ejemplares de cada componente.

Prueba 3: Se hace el pedido de tres ejemplares de cada componente.

Prueba 4: Se hace el pedido de cinco ejemplares de cada componente.

Prueba 5: Se hace el pedido de todos los ejemplares de cada componente.

Tabla 15-3: Tiempos de entrega de la máquina expendedora en segundos

N°	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5
1	45 seg	48 seg	56 seg	93 seg	185 seg
2	45 seg	49 seg	59 seg	95 seg	188 seg
3	42 seg	47 seg	55 seg	96 seg	184 seg
4	43 seg	48 seg	58 seg	90 seg	189 seg
5	42 seg	45 seg	53 seg	91 seg	192 seg
6	42 seg	47 seg	53 seg	93 seg	191 seg
7	41 seg	45 seg	50 seg	95 seg	187 seg
8	43 seg	46 seg	57 seg	98 seg	185 seg
9	41 seg	47 seg	55 seg	97 seg	186 seg
10	40 seg	48 seg	59 seg	99 seg	189 seg
11	40 seg	45 seg	60 seg	98 seg	188 seg

N°	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5
12	42 seg	49 seg	58 seg	97 seg	188 seg
13	43 seg	48 seg	55 seg	96 seg	185 seg
14	42 seg	45 seg	59 seg	95 seg	183 seg
15	46 seg	49 seg	57 seg	99 seg	187 seg
16	43 seg	47 seg	57 seg	93 seg	184 seg
17	44 seg	47 seg	56 seg	94 seg	186 seg
18	44 seg	47 seg	53 seg	95 seg	189 seg
19	45 seg	48 seg	57 seg	99 seg	185 seg
20	41 seg	49 seg	59 seg	97 seg	183 seg
21	41 seg	47 seg	57 seg	96 seg	188 seg
22	40 seg	46 seg	56 seg	96 seg	184 seg
23	43 seg	45 seg	56 seg	98 seg	187 seg
24	42 seg	48 seg	55 seg	97 seg	187 seg
25	40 seg	47 seg	54 seg	97 seg	186 seg
26	42 seg	45 seg	58 seg	98 seg	183 seg
27	46 seg	49 seg	58 seg	97 seg	189 seg
28	45 seg	46 seg	56 seg	99 seg	189 seg
29	43 seg	48 seg	57 seg	96 seg	188 seg
30	45 seg	48 seg	59 seg	94 seg	188 seg
Total	1236 seg	1413 seg	1692 seg	2878 seg	5603 seg
Promedio	41.2 seg	47.1 seg	56.4 seg	95.93 seg	186.77 seg

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

De acuerdo con los datos reflejados en la Tabla 14-3, el tiempo promedio de proceso de la máquina expendedora es corto, contando con una buena ubicación del prototipo, el tiempo de desplazamiento es despreciable. Esto resulta en un ahorro importante de tiempo al momento de sustituir un componente averiado.

3.4. Análisis de costos en el prototipo

A continuación, se presenta un análisis de los costos de la implementación de la máquina expendedora.

Todos los dispositivos y materiales usados en la implementación de la máquina expendedora se muestran en la Tabla 16-3.

Tabla 16-3: Costo de implementación de la máquina expendedora

	Cantidad	Detalles	Valor Total
IMPLEMENTACIÓN ELECTRÓNICA	3	Arduino Mega2560	\$60,00
	1	Pantalla Nextion 5"	\$85,00
	1	Módulo GSM SIM900	\$42,00
	1	Monedero electrónico	\$60,00
	34	Actuadores	\$210,00
	30	Controladores A4988	\$90,00
	1	Fuente de alimentación	\$18,50
	1	Otros	\$125,78
	Costo de implementación electrónica		
IMPLEMENTACIÓN ESTRUCTURAL	5	Tubo cuadrado 3/4" x 2mm	\$40,15
	5	Tubo cuadrado 3/4" x 1.2mm	\$27,61
	3	Tol negro 0.9mm	\$68,52
	1	Filamento ABS	\$25,00
	1	Otros	\$328,25
	Costo de implementación estructural		
Costo total de implementación			\$1180,61

Realizado por: Colcha, A. Pino, R. 2018

De acuerdo a la Tabla 16-3, el costo total de implementación de la máquina expendedora no supera los \$1200.00, por lo que, el desarrollo de la máquina representa el 15% del costo total de una máquina expendedora de snacks y bebidas existente en el mercado. Por lo tanto, se concluye que el prototipo implementado es de bajo costo.

3.5. Cumplimiento de los objetivos

Al término de este capítulo es posible comprobar que se ha logrado cumplir cada uno de los objetivos, esto se puede ver reflejado en el desarrollo de los tres capítulos de este trabajo.

En el capítulo uno se da cumplimiento al primer objetivo específico realizando la investigación sobre las máquinas expendedoras.

En el capítulo dos se puede ver el cumplimiento de los objetivos dos, tres y cuatro pues se describe la selección de la tecnología usada, el diseño y la implementación del prototipo.

En el capítulo tres se comprueba el cumplimiento de los objetivos cinco y seis con la descripción de las pruebas realizadas al prototipo y la determinación de los componentes mayormente requeridos por los estudiantes.

CONCLUSIONES

- Se implementó la máquina expendedora de componentes electrónicos básicos que permite pagos por moneda física y pago electrónico.
- En las interfaces de la pantalla Nextion que manejen gran cantidad de campos numéricos y de texto, al momento de mostrar datos en los distintos campos, se aprecia un muy pequeño retraso en la visualización.
- La falta de corriente ocasiona que las placas Arduino se reinicien a cada momento, provocando una deficiente conexión con los demás dispositivos, además, una vez encendida la máquina, el módulo de comunicación GSM necesita aproximadamente doce segundos para conectarse a la red celular.
- La máquina expendedora posee la capacidad de expender hasta veinte ejemplares de treinta componentes distintos, además de ser reprogramable para facilitar el cambio de los productos a expender según las necesidades de los estudiantes.
- El tiempo que toma adquirir un nuevo componente se reduce considerablemente, puesto que la máquina expendedora tiene tiempos de proceso muy bajos llegando aproximadamente a cinco minutos en pedidos grandes.
- En base a las pruebas realizadas se concluye que la máquina expendedora posee una alta fiabilidad pues en ningún caso el error supera el 5% y una alta estabilidad pues el coeficiente de variación no supera el 20%.
- Se logró implementar una máquina expendedora de alta estabilidad y de bajo costo llegando a un precio de aproximadamente 1200 dólares que constituye un 15% del costo de una máquina expendedora en el mercado, capaz de trabajar bajo condiciones repetitivas.

RECOMENDACIONES

- Implementar este prototipo en las áreas cercanas a los laboratorios de la FIE para facilitar el acceso de los estudiantes en tiempos cortos.
- Colocar el prototipo bajo techo sin exposición al calor o los efectos directos del sol, o a su vez dotar al prototipo de aislamiento térmico además de un método de recepción de billetes, tomando en cuenta que este último aspecto elevará el costo de implementación.
- Mantener un estudio de las nuevas tecnologías que salgan al mercado con el potencial de mejorar el prototipo en eficiencia y agilidad para el proceso de compra, o de ser posible la inclusión de la interacción con internet.
- Previo a realizar las conexiones durante el diseño electrónico, marcar tanto los cables como los espacios designados en las placas con el fin de evitar conexiones erróneas y asegurar que el diseño estructural sea resistente y capaz de proteger la electrónica interna.
- En cuanto a la implementación se recomienda someter la estructura de la máquina a un proceso antioxidante y dar un acabado en polvo de acrílico con el fin de dar resistencia a la estructura y en la parte electrónica se recomienda aislar los componentes cercanos al módulo de comunicación GSM mediante una jaula de Faraday para disuadir interferencias por ruido.
- Colocar un diodo rectificador en la alimentación DC para evitar posibles retornos de corriente a las fuentes y mejorar el mecanismo de entrega de cambio para conseguir una mayor estabilidad en este aspecto.
- Se recomienda actualizar constantemente la lista de componentes que surte la máquina expendedora de acuerdo a las necesidades de los estudiantes a la hora de realizar prácticas y proyectos.

BIBLIOGRAFÍA

Aranda, D. *Electrónica: Plataformas Arduino y Raspberry PI* [en línea]. Buenos aires-Argentina: Fox Andina, 2014. [Consulta: 16 mayo 2018]. ISSN 9789871949564. Available at: <https://books.google.com.ec/books?id=QDS5DQAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=arduino+y+raspberry&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj2yfvH1YrbAhUPm1kKHcMbAD8Q6AEIKTAA#v=onepage&q=arduino+y+raspberry&f=false>.

Asamblea Nacional del Ecuador. *Código Orgánico Monetario y Financiero* [en línea]. Ecuador, 2014. [Consulta: 14 mayo 2018]. Available at: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/LOTAIP/2017/DIJU/marzo/LA2_MAR_DIJU_CodOrgMonetario.pdf.

Asamblea Nacional del Ecuador. *Ley orgánica para la reactivación de la economía, fortalecimiento de la dolarización y modernización de la gestión financiera* [en línea]. Ecuador, 2017. [Consulta: 14 mayo 2018].

BBVA. *El dinero electrónico se mueve más en los países en desarrollo* [en línea]. 2015. [Consulta: 7 mayo 2018]. Available at: <https://www.bbva.com/es/que-son-los-ecosistemas-digitales/>

Bellis, M. *The History of Vending Machines* [en línea]. 2017. [Consulta: 7 mayo 2018]. Available at: <https://www.thoughtco.com/the-history-of-vending-machines-1992599>

Bubble Gum Machine [en línea]. 2018. [Consulta: 8 mayo 2018]. Available at: <http://www.chewinggumfacts.com/chewing-gum-history/bubble-gum-machine/>

Castillo Herrera, W. P. and Daquilema Guaraca, R. Diseño y construcción de un modelo de máquina expendedora inversa (RVM) automatizada, orientada al reciclaje de botellas plásticas PET para la facultad de Mecánica - ESPOCH [en línea] (Tesis). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2014. [Consulta: 7 mayo 2018]. Available at: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3708>

El Comercio. *Ley de Reactivación Económica entra en vigor entre confianza y escepticismo* [en línea]. 2018. [Consulta: 14 mayo 2018]. Available at: <http://www.elcomercio.com/actualidad/leydereactivacioneconomica-leninmoreno-rafaelcorrea-dineroelectronico-banca.html>

Corona Ramírez, L. G., Abarca Jiménez, G. S. and Mares Carreño, J. *Sensores y actuadores. Aplicaciones con Arduino* [en línea]. México: Grupo Editorial Patria, 2014. [Consulta: 16 mayo 2018]. ISSN 9786074389364. Available at: https://books.google.com.ec/books?id=wMm3BgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

El progreso hacia el vending inteligente [en línea]. 2014. [Consulta: 10 mayo 2018]. Available at: <https://www.hostelvending.com/noticias/noticias.php?n=6394>

European Vending Association [en línea]. 2018. [Consulta: 7 mayo 2018]. Available at: <http://www.vending-europe.eu/en/eva/>

Hidalgo Villareal, G. I. Comercialización de máquinas dispensadoras de alimentos nutritivos en centros deportivos de la ciudad de Quito [en línea] [Tesis]. UIDE, Quito, Ecuador. 2017. [Consulta: 7 mayo 2018]. Available at: <http://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/1849>

How do coffee vending machines work? [en línea]. 2018. [Consulta: 8 mayo 2018]. Available at: <https://www.expertmarket.com/coffee-makers/coffee-vending-machines>

ITEAD. *Pantalla LCD HMI TFT Nextion* [en línea]. 2017. [Consulta: 15 mayo 2018]. Available at: <https://www.itead.cc/nextion-nx8048t050.html>

La Industria del Vending de Latinoamérica crece de la mano de la Hostelería [en línea]. 2017. [Consulta: 7 mayo 2018]. Available at: <https://www.hostelvending.com/noticias/noticias.php?n=8293>

León Velásquez, W. J. *Medidas de dispersión y de forma* [en línea]. 2015. [Consulta: 16 julio 2018]. Available at: <https://es.slideshare.net/williamleon20/clase04-eyp>

Máquinas de Vending [en línea]. 2015. [Consulta: 7 mayo 2018]. Available at: <http://www.maquinasdevending.org/>

Masood, M., Masood, Y. and Newton, J. T. ‘Vending machine threat’. *British Dental Journal* [en línea], 2013, 215(2), pp. 60–60. [Consulta: 7 mayo 2018]. doi: 10.1038/sj.bdj.2013.692. ISSN 0007-0610. Available at: <http://www.nature.com/BJD/journal/v215/n2/full/sj.bdj.2013.692.html>

Memoria Flash, SRAM y EEPROM [en línea]. 2017. [Consulta: 24 julio 2018]. Available at: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2017/06/21/memoria-flash-sram-y-eprom-3/>

Mendoza. *Historia y Evolución del Vending* [en línea]. 2016. [Consulta: 7 mayo 2018]. Available at: <http://www.grupomendoza.es/blog/175-historia-y-evolucion-del-vending>

El Mercurio. *Las máquinas expendedoras y sus formas de pago se vuelven más inteligentes* [en línea]. 2016. [Consulta: 10 mayo 2018]. Available at: <http://www.edicionesespeciales.elmercurio.com/destacadas/detalle/index.asp?idnoticia=201604132195124>

Molis, J. *How Do Vending Machines Read Money?* [en línea]. 2017. [Consulta: 10 mayo 2018]. Available at: <https://bizfluent.com/how-does-4572360-vending-machines-read-money.html>

Moncayo, J. and Reis, M. ‘Un análisis inicial del Dinero Electrónico en Ecuador y su impacto en la inclusión financiera’. *Revista Cuestiones Económicas* [en línea], 2016, March, pp. 1–25. [Consulta: 7 mayo 2018]. Available at: <https://www.microfinancegateway.org/es/library/un-analisis-inicial-del-dinero-electronico-en-ecuador-y-su-impacto-en-la-inclusion>.

PNUD. *Informe sobre el desarrollo humano 2016* [en línea], 2016, in. New York, p. 40. [Consulta: 24 julio 2018]. Available at: http://hdr.undp.org/sites/default/files/HDR2016_SP_Overview_Web.pdf.

Prometec. *Módulo GSM/GPRS: llamar y enviar SMS* [en línea]. 2016. [Consulta: 17 mayo 2018]. Available at: <https://www.prometec.net/gprs-llamar-enviar-sms/comment-page-1/#comments>

Quiñonez Alvarado, E. et al. ‘El dinero electrónico como medio de pago para la inclusión tributaria en Ecuador’, *INNOVA Research Journal* [en línea], 2016, 1(10), pp. 1–11. [Consulta: 7 mayo 2018]. ISSN 2477-9024. Available at: <http://www.journaluidegye.com/magazine/index.php/innova/article/view/38>.

Quispe, O. *Tarjetas para desarrollo de hardware* [en línea]. 2017. [Consulta: 15 mayo 2018] Available at: <http://www.lightpath.io/tarjetas-de-desarrollo/>

RAE. *Diccionario de la lengua española* [en línea]. 2017. [Consulta: 7 mayo 2018]. Available at: <http://dle.rae.es/?w=diccionario>

Roa, M. J. et al. *Panorama del dinero móvil en América Latina y el Caribe* [en línea]. Primera Ed. México, 2017. [Consulta: 7 mayo 2018]. ISSN 978-607-7734-86-4. Available at: <http://www.cemla.org/PDF/otros/2017-06-panorama-del-dinero-movil.pdf>.

Salas, J. *LCD 16x2* [en línea]. 2013. [Consulta: 15 mayo 2018]. Available at: <http://todoelectrodo.blogspot.com/2013/02/lcd-16x2.html>

Science Channel. *Machines: How They Work* [en línea]. 2016. [Consulta: 10 mayo 2018]. Available at: <https://www.sciencechannel.com/tv-shows/machines-how-they-work/>

Tapia, E. *El 14% de las cuentas de dinero electrónico ya está en cero* [en línea]. 2018. [Consulta: 14 mayo 2018]. Available at: <http://www.elcomercio.com/actualidad/cuentas-dinero-electronico-cero-ecuador.html>

El Telégrafo. *El dinero electrónico se activa al marcar *153#* [en línea]. 2016. [Consulta: 14 mayo 2018]. Available at: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/8/el-dinero-electronico-se-activa-al-marcar-153>

El Telégrafo. *Dinero electrónico: Fácil y mucho más seguro* [en línea]. 2017. [Consulta: 7 mayo 2018]. Available at: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/buen/1/dinero-electronico-facil-y-mucho-mas-seguro>

The Different Types Of Vending Machines [en línea]. 2010. [Consulta: 8 mayo 2018]. Available at: <http://www.vending-business-information.com/vendingmachines.html>

Torrente Artero, Ó. *Arduino: Curso básico de formación* [en línea]. México: Alfaomega, 2013. [Consulta: 21 mayo 2018]. doi: 9788494072505. ISSN 9786077076483.

Vending Machine [en línea]. 2018a. [Consulta: 7 mayo 2018]. Available at: <http://www.businessdictionary.com/definition/vending-machine.html>

Vending Machine [en línea]. 2018b. [Consulta: 9 mayo 2018]. Available at: <http://www.madehow.com/Volume-7/Vending-Machine.html>

Vergara, A. *El dinero electrónico* [en línea]. 2015. [Consulta: 7 mayo 2018]. Available at: <http://www.elcomercio.com/opinion/dinero-electronico-opinion-ecuador.html>

WiFi al toque [en línea]. 2017. [Consulta: 8 mayo 2018]. Available at: <http://wifialtoque.com/>

Worldwide Vending Association [en línea]. 2018. [Consulta: 7 mayo 2018]. Available at: <http://vending-europe.eu/en/eva/wvainternational-associations.html>

ANEXOS

ANEXO A: Manual de Usuario

MANUAL DE USUARIO MÁQUINA EXPENDEDORA DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS

La máquina expendedora de componentes electrónicos expende o entrega un producto a través de un pago realizado por el usuario. Consta de un sistema electrónico encargado de controlar todo el proceso de compra y configuración, y un sistema mecánico rotatorio que se encarga de realizar la entrega del producto.

Características técnicas

La máquina expendedora posee las siguientes características:

	Características
Ancho	84cm
Alto	154cm
Fondo	54cm
Peso	110Kg
Tensión de alimentación	110VAC
Frecuencia	60Hz

Recomendaciones de instalación

- Colocar la máquina sobre una superficie plana, de tal manera que la máquina se mantenga derecha sin riesgo de deslizamiento.
- No exponer la máquina bajo condiciones de humedad y calor, mantenerlo bajo un ambiente fresco.
- Ubicar la máquina cerca de una toma de energía eléctrica.

Puesta en marcha de la máquina expendedora

- Conectar el cable de alimentación a la toma de 110VAC.
- Accionar el interruptor ubicado en la esquina delantera derecha de la tapa inferior.
- Esperar hasta que el sistema se inicialice por completo.

Proceso de compra

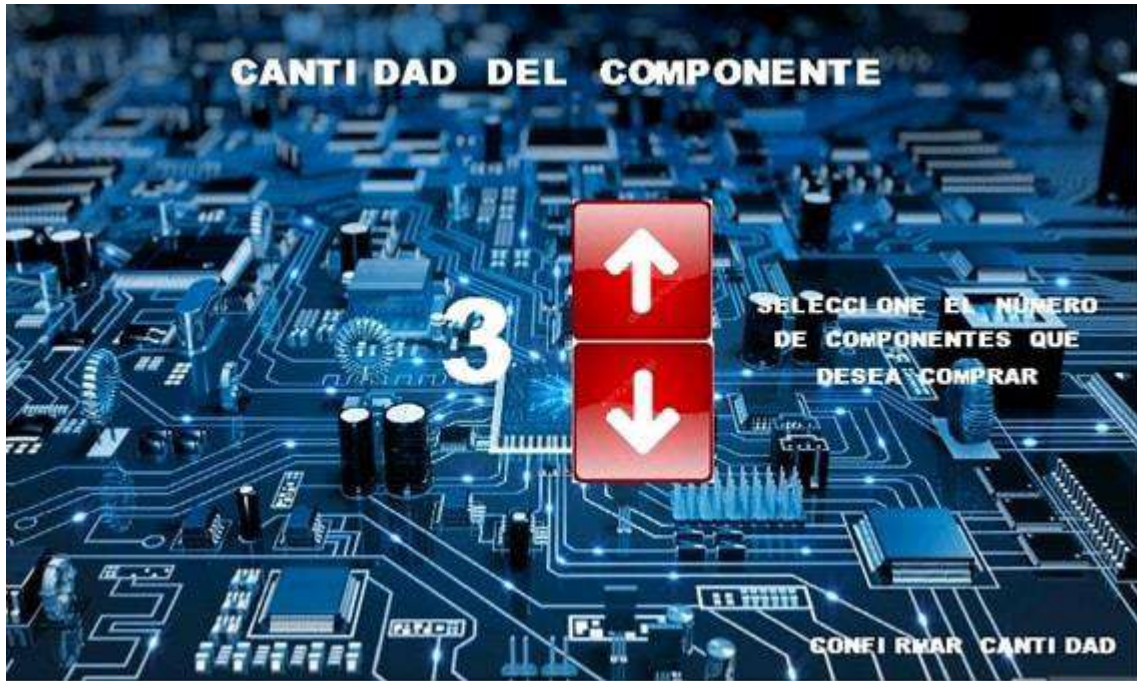
- Una vez que la máquina se ha inicializado por completo, al tocar la pantalla inicial se muestran los distintos componentes que la máquina posee.



- Se muestra en la pantalla el menú de componentes indicando el precio y la cantidad disponible de cada componente.
- A través de las flechas se puede navegar por los distintos menús de componentes.
- Si el usuario decide no realizar ninguna compra, al presionar la opción CANCELAR COMPRA, automáticamente se cancela y se muestra la pantalla inicial.
- Si no se ha realizado ninguna selección y el usuario presiona la opción CONFIRMAR COMPRA, automáticamente se muestra el mensaje REALICE ALGUNA SELECCIÓN.



- Si el usuario selecciona algún componente de cualquier menú, el sistema da la opción de indicar la cantidad del componente que se desea adquirir presionando la opción CONFIRMAR CANTIDAD.
- Si la cantidad indicada por el usuario supera la cantidad disponible en la máquina, automáticamente el sistema le asigna la cantidad total disponible del componente.



- Luego de confirmar la cantidad, se muestra nuevamente el menú de componentes indicando el valor total a pagar por la selección. Además, se actualiza el campo de cantidad disponible de componentes.



- Al confirmar la compra, el sistema permite seleccionar el método de pago, ya sea la opción PAGO FÍSICO o PAGO ELECTRÓNICO.
- Al presionar CANCELAR COMPRA, se anula la selección realizada.



- Si la selección es pago físico, la pantalla muestra la cantidad total a pagar, además de mostrar el crédito total insertado por el usuario.
- Si el usuario desiste en realizar el pago, el sistema automáticamente anulará la compra tras un determinado tiempo de espera.



- Si la selección es pago electrónico, la pantalla muestra la cantidad total a pagar, además de mostrar el número celular al cual se debe realizar la transacción.
- Si el usuario desiste en realizar la transacción, el sistema automáticamente anulará la compra tras un determinado tiempo de espera.



- Luego de realizarse el pago, ya sea por cualquiera de los dos métodos, en la pantalla se indica que la compra fue realizada con éxito, además de mostrar la cantidad de cambio que debe recibir el usuario.



- Por último, el usuario debe retirar su producto y su cambio de las respectivas bandejas.

Proceso de configuración

- Para ingresar al modo de configuración, se debe insertar y girar la llave de seguridad en el interruptor.
- Al ingresar a este modo, se presentan dos opciones de configuración, CONFIGURAR PRECIOS o CONFIGURAR MONEDAS.
- Si se desiste en realizar alguna configuración, solo basta con girar la llave para retornar a la pantalla inicial.



- Si se selecciona configurar precios, inmediatamente se carga en la pantalla el menú de configuración indicando el precio y la cantidad disponible de los componentes.
- Mediante las flechas, se puede navegar a través de los distintos menús de configuración.
- Si se selecciona la opción CANCELAR CAMBIO, se mostrará el mensaje GIRE LA LLAVE y posterior a esto, se cancela la configuración y se retorna a la pantalla inicial.



- Si se selecciona cualquier componente de los menús de configuración, el sistema permite modificar tanto el precio como la cantidad de componentes que serán abastecidos en la máquina.
- Tras modificar el precio, con la opción CONFIRMAR PRECIO se guardará el nuevo valor del componente de manera temporal.
- Al realizar la modificación de la cantidad de componentes, con la opción CONFIRMAR CANTIDAD se reemplazará la nueva cantidad de componentes de manera temporal.
- Con la opción CONTINUAR, se retorna al menú de configuración.



- Tras realizar la modificación del precio o la cantidad de componentes, se muestra en la pantalla los nuevos valores del componente modificado.
- Por último, para guardar todas las modificaciones realizadas, basta con seleccionar la opción CONFIRMAR CAMBIO y se mostrará en la pantalla el mensaje GIRE LA LLAVE con lo que se guardan permanentemente todas las modificaciones y se retorna a la pantalla inicial.



- Volviendo a las opciones de configuración, dentro de la opción configurar monedas, se da la posibilidad de modificar la cantidad de monedas en todas las denominaciones existentes en la máquina, con el fin de que haya el crédito suficiente para la entrega del cambio.
- Si se modifica la cantidad de cierta moneda, con la opción CONFIRMAR, se guarda temporalmente el nuevo valor.
- Tras las modificaciones, para guardar los nuevos valores se debe seleccionar la opción CONFIRMAR CAMBIO y se mostrará en la pantalla el mensaje GIRE LA LLAVE con lo que se guardan permanentemente los nuevos valores y se retorna a la pantalla inicial.
- Si se desiste en realizar alguna modificación, con la opción CANCELAR CAMBIO y al girar la llave, se deshace toda modificación realizada.

CONFIGURACIÓN DE CANTIDAD

CANTIDAD DE MONEDAS

The image shows a configuration screen for a vending machine, overlaid on a blue-tinted background of a circuit board. The screen displays five columns, each representing a different coin denomination. Each column has a large number '5' in the center, flanked by two red arrows pointing up and down, indicating the quantity of coins. Below each '5' is a red button labeled 'CONFIRMAR'. At the bottom of the screen, there are several other buttons: 'CANCELAR CAMBIO' on the left, 'GIRAR LA LLAVE' in the center, and 'CONFIRMAR CAMBIO' on the right.

MONEDAS DE un dólar	MONEDAS DE 50 ctvs	MONEDAS DE 25 ctvs	MONEDAS DE 10 ctvs	MONEDAS DE 5 ctvs
5	5	5	5	5
CONFIRMAR	CONFIRMAR	CONFIRMAR	CONFIRMAR	CONFIRMAR

CANCELAR CAMBIO GIRAR LA LLAVE CONFIRMAR CAMBIO

MANUAL TÉCNICO
MÁQUINA EXPENDEDORA DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS

Precauciones

Leer en su totalidad el manual. La información va dirigida al personal familiarizado con el funcionamiento de la máquina expendedora con el fin de reparar, sustituir o ajustar los componentes.

La reparación o mantenimiento no debe ser realizado por personas que no posean conocimientos sobre la máquina, ya que una mala conexión puede provocar daños en el funcionamiento e incluso la persona puede ser expuesta lesiones graves o mortales producidas por descarga eléctrica.

Características técnicas

Características	Detalle
Ancho	84cm
Alto	154cm
Fondo	54cm
Peso	110Kg
Tensión de alimentación	110VAC
Frecuencia	60Hz

Indicaciones de instalación y alimentación

- Colocar la máquina sobre una superficie plana, de tal manera que la máquina se mantenga derecha sin riesgo de deslizamiento.
- No obstruir la apertura de las puertas, permitiendo un fácil acceso para el abastecimiento o mantenimiento.
- No transportar la máquina cargada con componentes o monedas.
- Ubicar a la máquina cerca de una toma de energía eléctrica monofásica de 110VCA.

Montaje de componentes

- Previo al uso de la máquina expendedora y para garantizar el correcto funcionamiento, cargar las bandejas con los componentes a expender, además de introducir monedas en el clasificador para que la máquina tenga suficiente crédito para entregar el cambio.
- Sujetar muy bien el clasificador de monedas, además de asegurar la base de los servomotores para la entrega de cambio.
- Es recomendable retirar las bandejas para transportar la máquina. Cada una de las bandejas están numeradas, así como los conectores de los motores, de esta forma se facilita la reconexión de los motores en las placas y la ubicación de las bandejas en sus espacios correspondientes.

Programación y configuración de la máquina expendedora

- Los programas de la placa controladora y de la pantalla táctil son exclusivamente propiedad de los desarrolladores de la máquina expendedora. Para cualquier modificación o inconveniente que se presente, el propietario deberá contactarse con los desarrolladores de la programación de la máquina expendedora, el contacto se expone al final de este documento.
- Para la configuración del monedero electrónico, las instrucciones se presentan en el Anexo E.
- La configuración de la máquina es realizada únicamente por el propietario de la máquina. Solo si el propietario tiene problemas con la configuración y no puede realizarla, el personal calificado intervendrá y realizará la configuración de precios y cantidad de componentes, además de la cantidad de monedas de acuerdo a las especificaciones del propietario.
- Al modo de configuración se ingresa a través del accionamiento de un interruptor con llave de seguridad. Al propietario se le entrega dos llaves, una de ellas como reemplazo en caso de pérdida de una de las llaves.
- En caso de pérdida total de las llaves, no se podrá ingresar al modo de configuración. Para solucionar el problema, se deberá cambiar el interruptor por uno nuevo y otorgarle al propietario un nuevo conjunto de llaves.

Mantenimiento general

- Antes de realizar cualquier intervención en la máquina expendedora, desconectar la alimentación. Si no tiene conocimiento suficiente sobre la máquina, contactarse con el personal calificado.

- Si la máquina se mueve periódicamente, lubricar las llantas permitiendo una fácil rotación.
- Para realizar una limpieza exterior e interior de la estructura, incluidas las bandejas para los componentes y la bandeja de entrega de producto, usar un paño o esponja húmeda. No usar ningún tipo de material diluyente que provoque daños en la pintura.
- Para la limpieza de las placas de control y demás dispositivos electrónicos, incluido el clasificador de monedas y base de los servomotores, usar aire comprimido en todas las superficies. Para la fuente de alimentación, aplicar aire comprimido directamente en el ventilador.
- Si existen residuos en la base interna de la máquina, usar una aspiradora o en tal caso, usar un cepillo o escobilla para retirar los residuos.
- Revisar periódicamente si todos los dispositivos están funcionando correctamente. Si hay un mal funcionamiento de algún dispositivo, seguir las indicaciones en el siguiente apartado.

Reparaciones en la máquina expendedora

Para realizar cualquier revisión o reparación ponerse en contacto con el personal calificado.

Problemas con el encendido

- Si se presentan problemas con el encendido, verificar que el cable de alimentación no haya sufrido daños. En el caso de estar averiado, cambiar el cable o la clavija dependiendo del lugar en el que se encuentre la avería.
- Si el cable de alimentación se encuentra en buen estado, revisar el interruptor de encendido. Con un multímetro, comprobar el estado del interruptor. Si se detecta algún daño, reemplazar por otro que posea las mismas dimensiones.
- Si no existe avería en el cable de alimentación ni en el interruptor, revisar la fuente de alimentación. Si el ventilador no gira, puede significar un daño en la fuente. Para comprobar el funcionamiento, con la ayuda de un multímetro medir los distintos voltajes que entrega la fuente de alimentación.
- Si alguno de los niveles de voltaje que entrega la fuente presenta anomalías, lo más recomendable y para evitar nuevos problemas es sustituir por una nueva fuente con las características que se presentan a continuación.

	Voltaje	Corriente	Frecuencia
VAC-	115VAC	8A	50/60 Hz
INPUT	230VAC	4A	

MAX DC	+3.3	+5	+12	-12	+5SB	BLK	GRN	GRY
OUTPUT	20A	28A	32A	0.5A	2.0A	COM	P-ON	PG
MAX	584W			6W	10W	--	--	--
TOTAL OUTPUT 600W								

Problemas con la tarjeta de desarrollo Arduino

- Si el Arduino no se enciende, desconectar la alimentación del controlador y revisar el nivel de voltaje.
- Si el controlador se enciende y no ejecuta orden alguna, solicitar la actualización de los programas.
- Si los problemas persisten en el controlador, solicitar el cambio por un nuevo controlador del mismo tipo y características como se muestra a continuación.

Arduino MEGA 2560 REV3			
Microcontrolador	ATmega2560	Intensidad de corriente	20mA
Voltaje de operación	5V	Memoria flash	256KB
Voltaje de entrada	7 - 12V	SRAM	8KB
Voltaje de entrada limite	6 - 20V	EEPROM	4KB
Pines de entrada y salida digital	54 (15 salida PWM)	Frecuencia de reloj	16MHz
Pines de entrada analógica	16	Peso	37g

Problemas con la pantalla Nextion

- Si la pantalla táctil no detecta ninguna selección, solicitar la actualización de la interfaz.
- Si la pantalla no enciende, revisar los cables y mox de conexión.
- Si los problemas persisten, solicitar el cambio de la pantalla por una del mismo tipo y características.

Problemas con el módulo de comunicación GSM

- Si el módulo no detecta señal celular, apagar la máquina, retirar el módulo y posicionar correctamente la tarjeta SIM.
- Si el módulo no se enciende, revisar la alimentación y el pin de encendido automático.
- Si el módulo no envía ni recibe mensajes, actualizar la programación correspondiente al maestro.
- Si las fallas continúan, reemplazar el módulo por otro de las mismas características o similar.

Módulo SIM900			
Fuente de alimentación	3.2V – 4.8V	Protocolo TCP/IP	Si
Frecuencia de bandas	850/900/1800/1900MHz	Bluetooth	No
Conectividad GPRS	GPRS multi-slot clase 10/8	SMS y audio	Si
Velocidad máxima	85.6 Kbps	Interfaz serial	Si
Control comandos AT	Si	Reloj en tiempo real	Si
Interfaz SIM	Tarjeta SIM: 1.8V, 3V	Peso	3.4g

Problemas con los actuadores

- Si los actuadores presentan fallas en la rotación, revisar los cables y molex de conexión.
- Si los motores de paso no rotan o se calientan, revisar el respectivo controlador o driver.
- Si los servomotores no giran o su posicionamiento es erróneo, actualizar la programación de la tarjeta de desarrollo correspondiente al maestro.
- Si los problemas permanecen, sustituir los actuadores que presenten fallas por otros de las mismas o similares características.

Servomotor TowerPro MG995		Motor paso a paso NEMA 17	
Voltaje de operación	4.8V – 7.2V	Ángulo de paso	1.8° (200 pasos por revolución)
Dimensiones	40.7x19.7x42.9mm	Número de fases	2
Engranaje	Metálico	Voltaje nominal	2.8V
Angulo de rotación	120° aprox. (60° en cada dirección)	Corriente nominal	1.68A
Par de parada	8.5kg/cm (4.8V) - 10kg/cm (6V)	Par de retención	3.7kg-cm
Velocidad de operación	0.2s/60° (4.8V) - 0.16s/60° (6V)	Resistencia por fase	1.65Ω
Corriente de operación	100mA	Inductancia por fase	3.2mH
Peso	55g	Peso	285g

Problemas con el controlador A4988

- Si el motor paso a paso presenta fallas en su rotación o un calentamiento, revisar que controlador esté correctamente ubicado en su respectivo espacio y en lo posible, colocar un disipador en el controlador.

- Si el motor no está averiado, sustituir el controlador correspondiente al motor con las mismas características.

Driver A4988			
Voltaje de operación	8V – 35V	Voltaje lógico	3V – 5.5V
Corriente continua por fase	1A	Modos de paso	Complete, 1/2, 1/4, 1/8 y 1/16
Máxima corriente por fase	2A	Peso	1.3g

Problemas con el monedero electrónico

- Si el monedero detecta monedas erróneamente, pedir la reprogramación del dispositivo.
- Si el dispositivo no enciende, inspeccionar los cables y molex de conexión.
- Si los problemas continúan, sustituir el dispositivo por uno de las mismas características o similar y realizar la misma programación del dispositivo averiado.

Monedero electrónico multimoneda CH-926			
Voltaje de operación	12V	Espesor de moneda	1.2mm – 3.8mm
Corriente de operación	65mA	Precisión de identificación	99.5%
Tipos de moneda	6	Señal de salida	Pulsos 5V
Diámetro de moneda	15mm – 32mm	Material del panel	Plástico

Soporte técnico

Para más información sobre el mantenimiento y reparación de la máquina expendedora, ponerse en contacto con el personal calificado o con los desarrolladores.

Contactos

Alex R. Colcha Ll.

0990602334

Ronald d. Pino M.

0987899019

ANEXO C: Diagramas de flujo

Diagrama de flujo del subproceso de inicialización y notificación

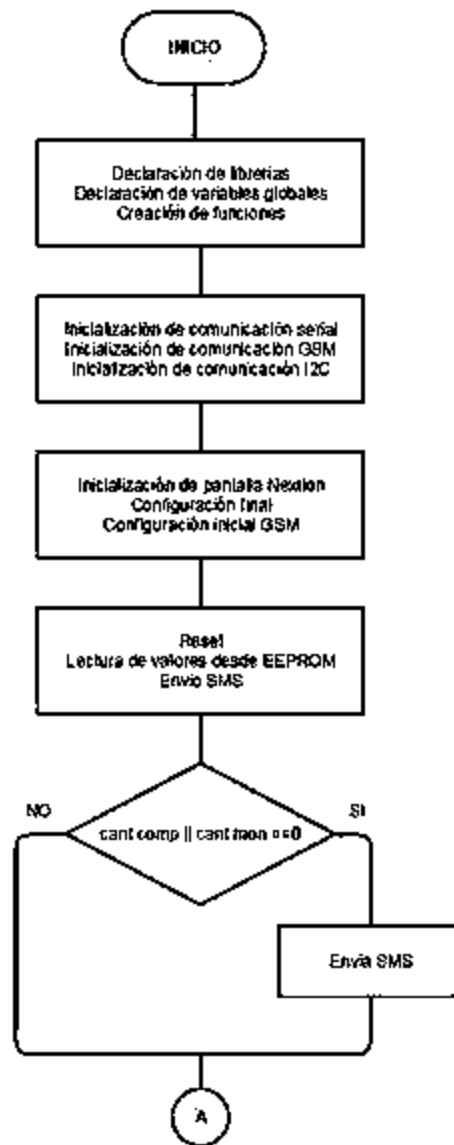


Diagrama de flujo del subproceso de selección

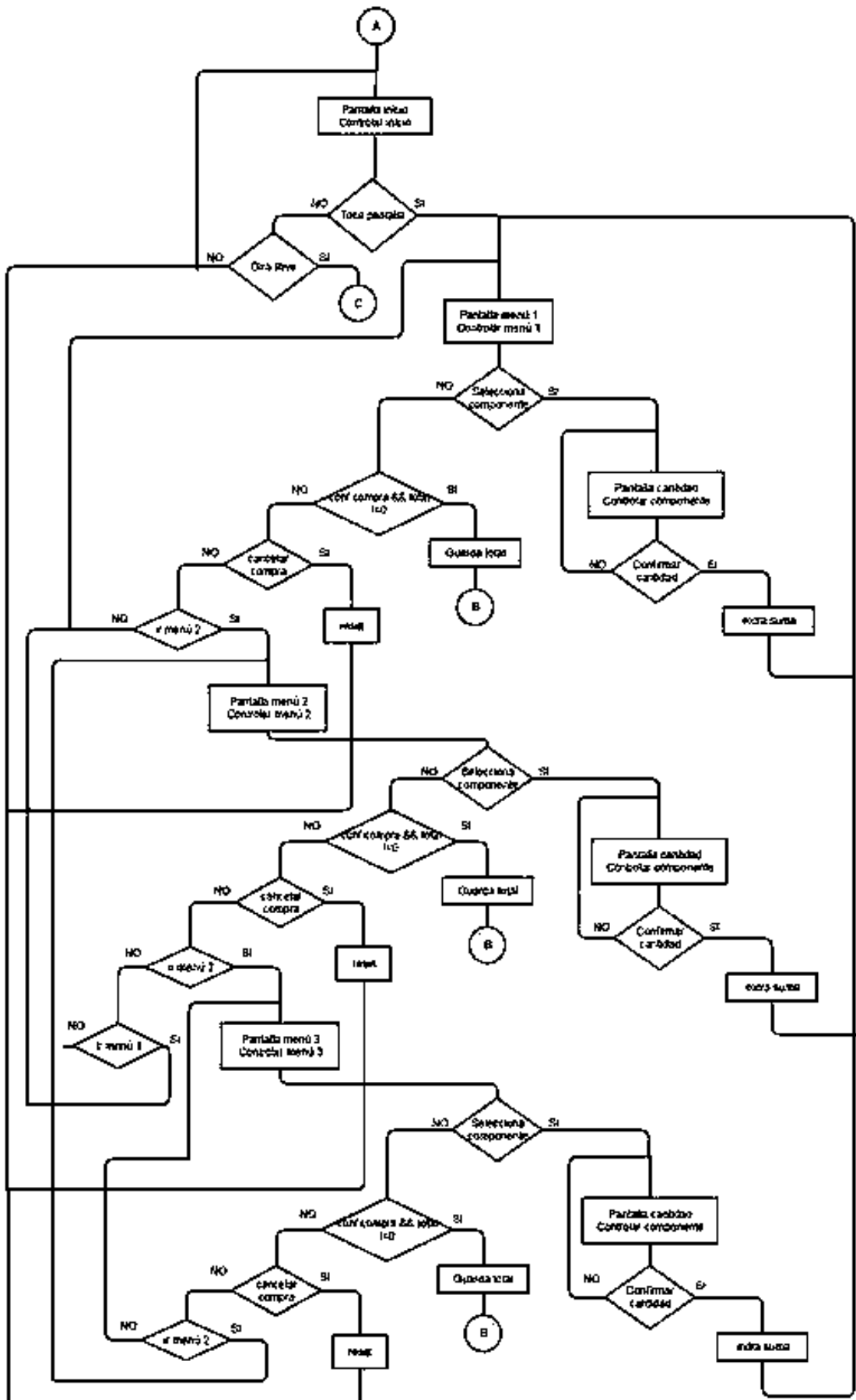


Diagrama de flujo del subproceso de pago

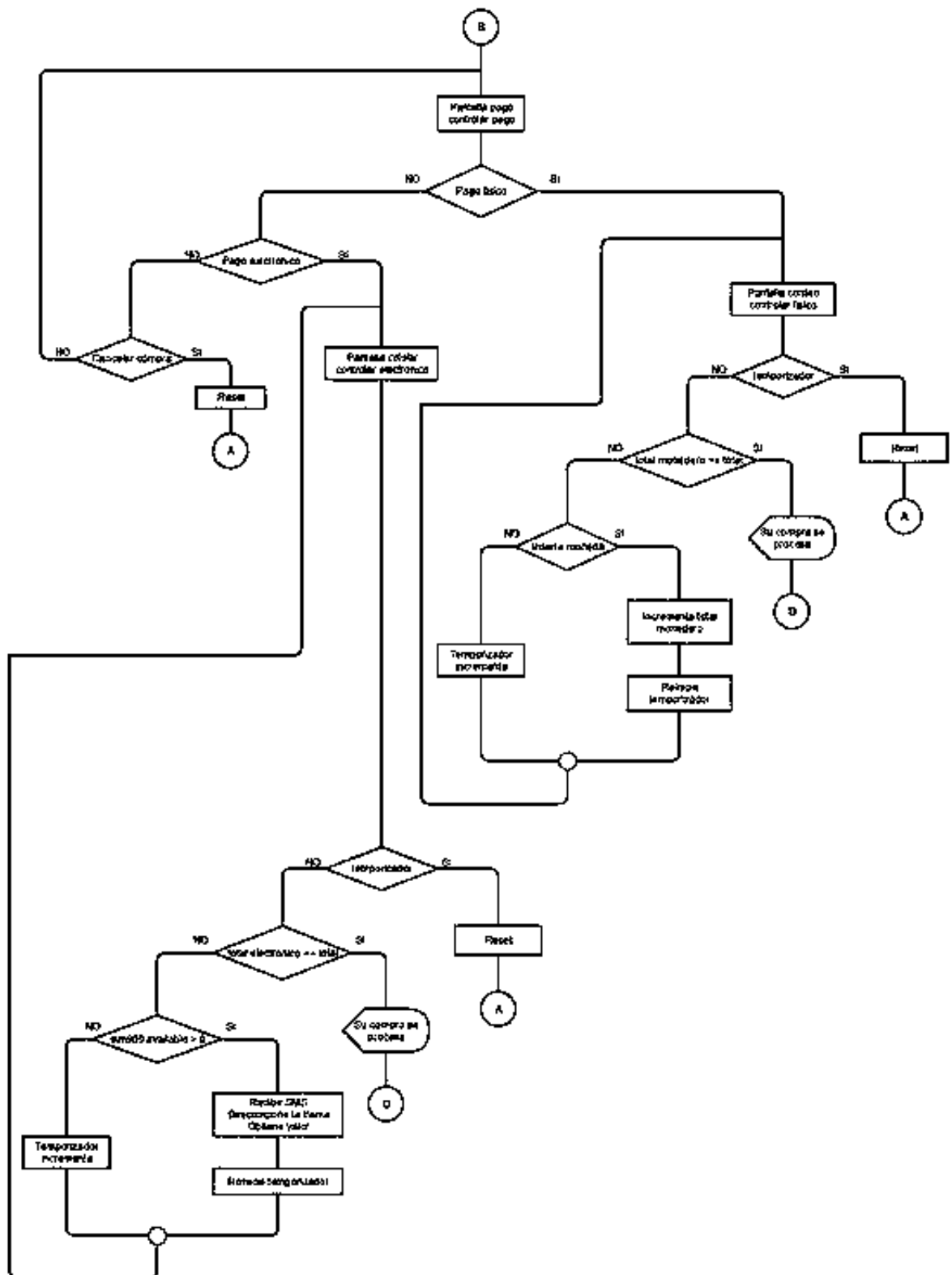


Diagrama de flujo del subproceso de entrega de productos

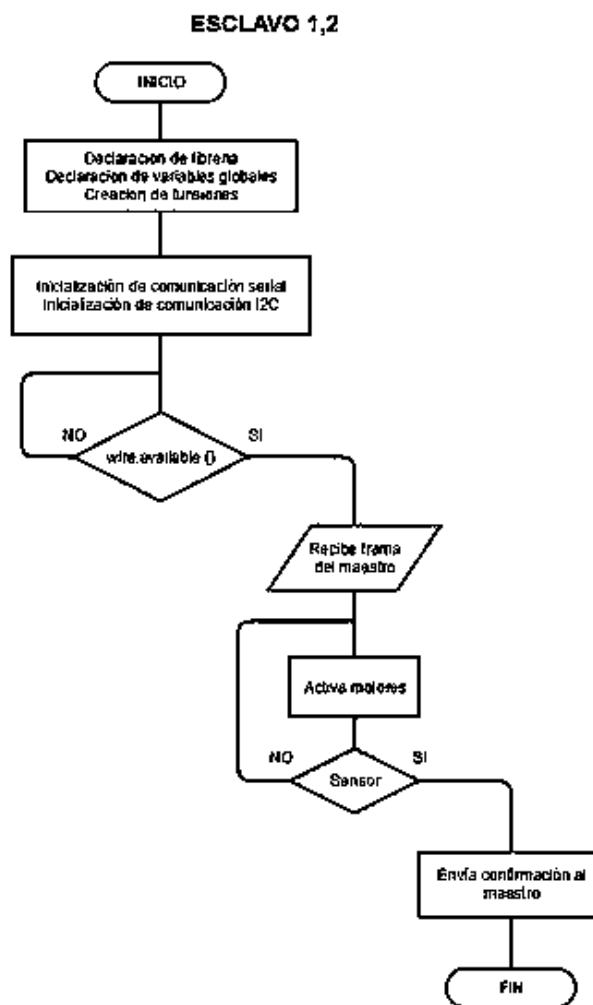
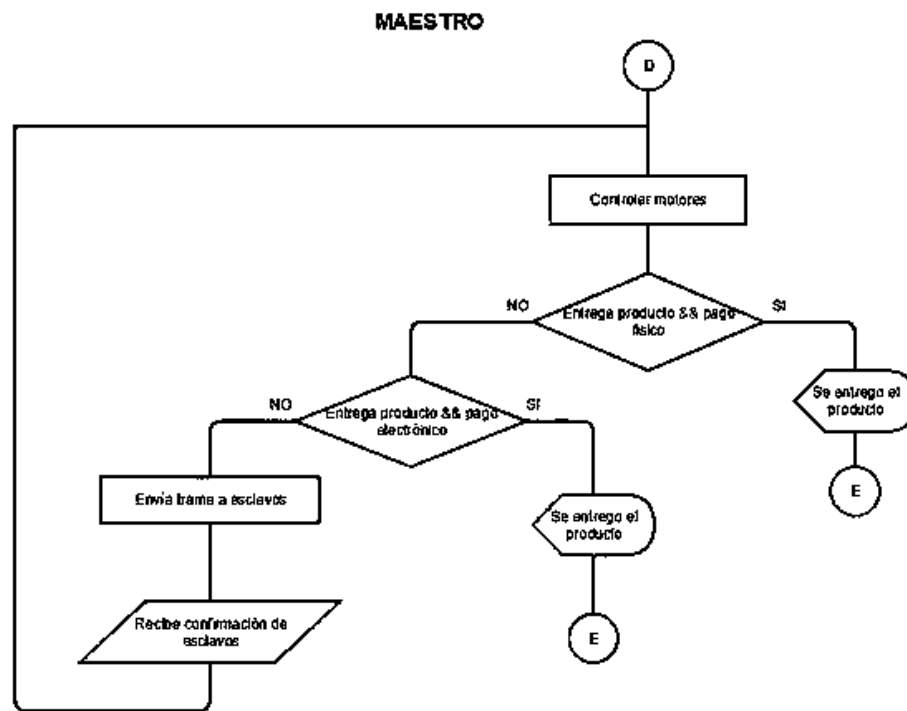
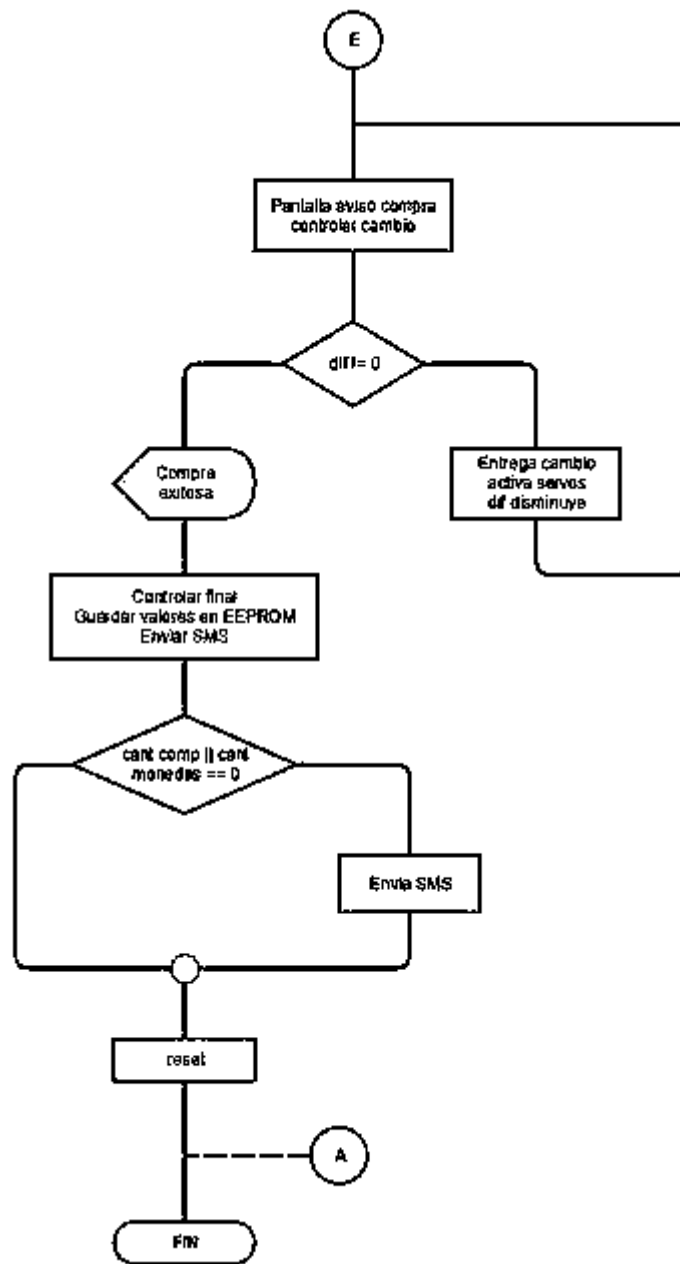


Diagrama de flujo del subproceso de entrega de cambio y notificación



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

Encuesta sobre la adquisición de componentes electrónicos

Indicación: Responda el siguiente cuestionario de forma honesta

1. ¿A qué escuela pertenece?

Electrónica en Automatización

Electrónica en Telecomunicaciones

2. ¿Qué nivel está cursando?

3. ¿Recibe materias prácticas?

Si No

¿Cuáles?

4. Enliste los componentes que más usa en prácticas y proyectos

(En lo posible mencione los valores o numeraciones)

5. Mencione el o los lugares donde adquiere los componentes

(Si no recuerda el nombre del local, mencione la dirección)

6. En promedio, ¿Cuánto tiempo tarda en reponer un componente

averiado? (Desde la politécnica hacia los locales de venta de insumos electrónicos)

ANEXO E: Datasheet

Datasheet 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 Diecimila.

Index

Technical Specifications	Page 2
How to use Arduino Programming Environment, Basic Tutorials	Page 6
Terms & Conditions	Page 7
Environmental Policies (Half each of pages via Impact Zero)	Page 7



Power

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

The board can operate on an external supply of 5 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than the 5V 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 FT232RL USB-to-serial driver chip. Instead, it features the ATmega16U2 programmed as a USB-to-serial converter.

The power pins are as follows:

- **VCC**: The total voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connector or other regulated power source). You can safely connect this pin, or if supplying voltage via the power jack, across 1 through this pin.
- **5V**: The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from USB via an onboard regulator, or be supplied to USB or another regulated 5V source.
- **GND**: A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current 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 20-40 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Digital**: 0 (D0) and 1 (D1), Serial 1: 00 (D0), Serial 2: 17 (D0) and 18 (D1); Serial 3: 16 (D0) and 14 (D1). Used to receive (RX) and transmit (TX) UART data. Pins 0 and 1 are also connected to the corresponding pins of the ATmega16U2 USB-to-UART bridge chip.
- **External Interrupts**: 2 (interrupt 0), 3 (interrupt 1), 18 (interrupt 0), 19 (interrupt 1), 20 (interrupt 0), and 21 (interrupt 1). 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.
- **SPI**: 44 (MOSI), 45 (MISO), 43 (SCK), 42 (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.
- **IC**: 28 (SDA) and 29 (SCL). Support I2C (TWI) communication using the [Wire library](#). Documentation on the [library website](#). Note that these pins are not in the same location as the I2C pins on the Duemilanove.

The Mega2560 has 16 analog inputs, each of which accepts 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though it is possible to change the upper end of their range using the [ANALOG_IN](#) 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 pin LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.



Technical Specification

EAGLE file: [arduino-mega2560-ultimate-version-02_Schematic](#); [arduino-mega2560-components.pdf](#)

Summary

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

The board



Communication

The Arduino Mega2560 has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega16U2 provides four hardware UARTs for TTL (5V) serial communication. An ATmega48U2 on the board handles one of these over USB and provides a virtual com port to software on the computer (Windows machines will need a VCP 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 ATmega48U2 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 ATmega16U2 also supports I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a little 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 ATmega16U2 datasheet.

Programming

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

The ATmega16U2 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 ST8000 protocol ([download](#), [G.Nicola's site](#)).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming; [learn more](#); see [pins](#) [page](#) for details).



Datasheet Módulo GSM SIM900

1 Introduction

This document describes SIM900 hardware interface in great detail. This document may help user to quickly understand SIM900 hardware specifications, electrical and mechanical details. With the help of this document and other SIM900 application notes, you can learn how to use SIM900 to design various applications quickly.

2 SIM900 Overview

Designed for global market, SIM900 is a quad-band GSM/GPRS module that works on frequency GSM 1900MHz, GSM 900MHz, DCS 1800MHz and PCS 1900MHz. SIM900 features GPRS multi-slot class 12 (class 2 option) and supports the GPRS coding schemes CS-1, CS-2, CS-3 and CS-4.

With a key configuration of 2P+2U class, SIM900 can save almost all the space requirements in your applications, such as GSM, smart phone, PDA and other mobile devices.

SIM900 has 41 I/O pins, and provides all hardware interfaces between the specific host microcontroller boards.

- Serial port and debug port can help user easily develop user's applications.
- Audio channel which includes a microphone input and a speaker output.
- Programmable power pin for input and output.
- The keypad and I/O display interface will give users the facility to develop customized applications.

SIM900 is designed with power saving techniques to start the current consumption is as low as 1.1mA in sleep mode.

SIM900 supports TCP/IP protocol and extended TCP/IP AT commands, which are very useful for data transfer applications. For details about TCP/IP applications, please refer to document [2].

3.1 SIM900 Key Features

Table 1: SIM900 key features

Feature	Implementation
Power supply	3.2V ~ 4.3V
Power saving	Typical power consumption in sleep mode is 1.0mA (85-PA-M0302049)
Frequency bands	<ul style="list-style-type: none"> SIM900 Quad-band: GSM 190, GSM 900, DCS 1800, PCS 1900. SIM900 can switch the 4 frequency bands automatically. The frequency bands also can be set by AT command "AT+CBAND". For details, please refer to document [2]. Compliant to GSM Phase 2+ Class 4 (2P) at GSM 190 and GSM 900 Class 1 (2P) at DCS 1800 and PCS 1900
Transmitting power	<ul style="list-style-type: none"> Class 4 (2P) at GSM 190 and GSM 900 Class 1 (2P) at DCS 1800 and PCS 1900
GPRS connectivity	GPRS multi-slot class 12 (class 2)

SIM900 Hardware Design_V1.0M 3 2016-11-18

Feature	Implementation
Temperature range	<ul style="list-style-type: none"> GPRS multi-slot class 12 (option) Normal operation: -35°C ~ +55°C Extended operation: -40°C ~ +50°C and +60°C ~ +65°C Storage temperature: -40°C ~ +90°C GPRS data download transfer rate: 23.4 kbps GPRS data upload transfer rate: 41.3 kbps Coding scheme: CS-1, CS-2, CS-3 and CS-4 Supports the TCP/IP protocol Support Packet Breakout Control Channel (PBCCH)
Class GPRS	<ul style="list-style-type: none"> Support Class 12 (class 2)
CS	<ul style="list-style-type: none"> Support CS2 transmission
UMTS	<ul style="list-style-type: none"> Discontinued Supplementary Services (SMS) support
MMI	<ul style="list-style-type: none"> MT, MO, CB, Text and PDU mode SMS storage: 500 text
FAC	Group 1 Class 1
UMTS interface	Support UMTS card: 1.1V, 1V
External antenna	Antenna pad
Audio function	<ul style="list-style-type: none"> Speaker output mode: <ul style="list-style-type: none"> 1600 Hz (ETS 04.10) Full Range (ETS 04.10) Enhanced Full Range (ETS 04.10 / 04.40 / 04.10) Adaptive multi rate (AMR) Echo Cancellation Noise Suppression Serial port: <ul style="list-style-type: none"> Full duplex interface with external host device, enhanced, asynchronous 100bps to 115200bps Can be used for AT commands in data stream Support AT+ICSI hardware handshake and software ON/OFF flow control Multiple baud rate according to GSM 07.10 Multiplexer Protocol Asynchronous supports baud rate from 1200 bps to 77800bps Debug port: <ul style="list-style-type: none"> Full duplex interface DDC, TXD and RXD, RXD Can be used for debugging and upgrading firmware
Pinhead connector	Support pinhead connector type: SM, PD, LD, RC, OS, SAC
UMTS application module	GSM11.24 Release 99
Real time clock	Support RTC
Physical characteristics	<ul style="list-style-type: none"> Size: 24*24*3mm Weight: 1.5g
Firmware upgrade	Firmware upgrade details by debug port

* SIM900 does work at the temperature, for more details, dependent characteristics may deviate from the GSM specifications.

SIM900 Hardware Design_V1.0M 3 2016-11-18

Datasheet Pantalla Nextion

Caution:

Working under insufficient power supply conditions will damage the Nextion module works.

Be careful about "Flashing"! You may be suffering from power shortage. Please off it as the first possible moment. Be more repeated attempt to damage your Nextion module.

A small resistor is included in the package. Please be to avoid connected with your phone charger through the connector to check if the device works well.

A high quality cable is required.

Nextion User Manual: 020120020102_01

Specification

Code	Data	Description
Color	40k (RGB) colors	16.3M 16600000
Label Size	132 (L) x 84 (H) x 5 (D)	N000487050_01196
	132 (L) x 84 (H) x 6.2 (D)	N000487050_01195
Active Area (A.A.)	118.50mm(L) x 77.50mm(H)	-
Visual Area (V.A.)	108mm(L) x 64.5mm(H)	-
Resolution	800x480 pixel	Also can be set to 480x320
Touch Type	Resistive	-
Thickness	> 1.5 millim	-
Backlight	LED	-
Backlight Lifetime (Average)	> 30,000 hours	-
Brightness	200cd/m² (N000487050_01196)	0% to 100% the interval of adjustment is 1%
	300cd/m² (N000487050_01195)	0% to 100% the interval of adjustment is 1%
Weight	100g (N000487050_01196)	-
	120g (N000487050_01195)	-

Electronic Characteristics

Parameter	Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit
Operating Voltage		4.75	5	7	V
Operating Current	VCC=5V, Brightness 6	-	418	-	mA
	SLEEP Mode	-	15	-	mA

Power supply requirements for VA, DC

Memory Features

Memory Type	Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit
FLASH Memory	Store fonts and images	-	16	-	MB
RAM Memory	Store variables	-	3004	-	BYTE

Datasheet Monedero Electrónico Multimoneda

The manual of Multi coin selector																											
<u>Features</u>																											
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Intelligent CPU software control, and high accuracy. ◆ Self programming without PC, and automatic self test for problem. ◆ Accept different kinds of coins at the same time. Free to set up pulses output. ◆ Present to 4 only select in display, also don't need magnetic interference. ◆ Support multi coins with only 1 signal output. ◆ Capable of accepting all worldwide Coins and Tokens. 																											
<u>Specifications</u>																											
Coin diameter : 16mm-22mm Coin thickness : 1.1mm-1.4mm Working voltage : DC 11.0V ± 3%	Atmospheric pressure : 86kpa-106kpa Accuracy rate of identification : 99.9% based : 50.0s Working humidity : 45% Working current : 450mA ± 5%																										
Signal output pulse Working current : 450mA ± 5%	Signal output pulse Working current : 450mA ± 5%																										
Connecting: <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;"> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 15px; text-align: center;">⊖</td> <td style="width: 15px; text-align: center;">←</td> <td>DC12V</td> <td style="width: 15px; text-align: center;">⊖</td> <td style="width: 15px; text-align: center;">←</td> <td>RED wire</td> </tr> <tr> <td style="width: 15px; text-align: center;">⊖</td> <td style="width: 15px; text-align: center;">←</td> <td>COIN</td> <td style="width: 15px; text-align: center;">⊖</td> <td style="width: 15px; text-align: center;">←</td> <td>WHITE wire (Signal Wire)</td> </tr> <tr> <td style="width: 15px; text-align: center;">⊖</td> <td style="width: 15px; text-align: center;">←</td> <td>GND</td> <td style="width: 15px; text-align: center;">⊖</td> <td style="width: 15px; text-align: center;">←</td> <td>Black wire</td> </tr> <tr> <td style="width: 15px; text-align: center;">⊖</td> <td style="width: 15px; text-align: center;">←</td> <td>COUNTER</td> <td style="width: 15px; text-align: center;">⊖</td> <td style="width: 15px; text-align: center;">←</td> <td>GRAY wire</td> </tr> </table> </td> <td style="width: 50%; border: none;"></td> </tr> </table>		<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 15px; text-align: center;">⊖</td> <td style="width: 15px; text-align: center;">←</td> <td>DC12V</td> <td style="width: 15px; text-align: center;">⊖</td> <td style="width: 15px; text-align: center;">←</td> <td>RED wire</td> </tr> <tr> <td style="width: 15px; text-align: center;">⊖</td> <td style="width: 15px; text-align: center;">←</td> <td>COIN</td> <td style="width: 15px; text-align: center;">⊖</td> <td style="width: 15px; text-align: center;">←</td> <td>WHITE wire (Signal Wire)</td> </tr> <tr> <td style="width: 15px; text-align: center;">⊖</td> <td style="width: 15px; text-align: center;">←</td> <td>GND</td> <td style="width: 15px; text-align: center;">⊖</td> <td style="width: 15px; text-align: center;">←</td> <td>Black wire</td> </tr> <tr> <td style="width: 15px; text-align: center;">⊖</td> <td style="width: 15px; text-align: center;">←</td> <td>COUNTER</td> <td style="width: 15px; text-align: center;">⊖</td> <td style="width: 15px; text-align: center;">←</td> <td>GRAY wire</td> </tr> </table>	⊖	←	DC12V	⊖	←	RED wire	⊖	←	COIN	⊖	←	WHITE wire (Signal Wire)	⊖	←	GND	⊖	←	Black wire	⊖	←	COUNTER	⊖	←	GRAY wire	
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 15px; text-align: center;">⊖</td> <td style="width: 15px; text-align: center;">←</td> <td>DC12V</td> <td style="width: 15px; text-align: center;">⊖</td> <td style="width: 15px; text-align: center;">←</td> <td>RED wire</td> </tr> <tr> <td style="width: 15px; text-align: center;">⊖</td> <td style="width: 15px; text-align: center;">←</td> <td>COIN</td> <td style="width: 15px; text-align: center;">⊖</td> <td style="width: 15px; text-align: center;">←</td> <td>WHITE wire (Signal Wire)</td> </tr> <tr> <td style="width: 15px; text-align: center;">⊖</td> <td style="width: 15px; text-align: center;">←</td> <td>GND</td> <td style="width: 15px; text-align: center;">⊖</td> <td style="width: 15px; text-align: center;">←</td> <td>Black wire</td> </tr> <tr> <td style="width: 15px; text-align: center;">⊖</td> <td style="width: 15px; text-align: center;">←</td> <td>COUNTER</td> <td style="width: 15px; text-align: center;">⊖</td> <td style="width: 15px; text-align: center;">←</td> <td>GRAY wire</td> </tr> </table>	⊖	←	DC12V	⊖	←	RED wire	⊖	←	COIN	⊖	←	WHITE wire (Signal Wire)	⊖	←	GND	⊖	←	Black wire	⊖	←	COUNTER	⊖	←	GRAY wire			
⊖	←	DC12V	⊖	←	RED wire																						
⊖	←	COIN	⊖	←	WHITE wire (Signal Wire)																						
⊖	←	GND	⊖	←	Black wire																						
⊖	←	COUNTER	⊖	←	GRAY wire																						
<u>The Setting Process for Parameters</u>																											
<ol style="list-style-type: none"> 1. Hold on the button "Add" and the button "Minus" simultaneously for seconds, then letter "A" will appear from the LCD display. 2. Hold on the button "Setup" for seconds, and letter "1" will appear. Next, use the button "Add" and the button "Minus" to choose how many kinds of notes you would like to use. Next, hold on the button "Setup" for seconds to finish. 3. Letter "H" will appear. Use the button "Add" and the button "Minus" to choose how many samples you would like to insert later. Next, hold on the button "Setup" for seconds to finish. 																											
You can start sampling after the setting is finished. Please choose more than 15 coins. The sampling will affect the accuracy of coin selector.																											
<u>Sampling</u>																											
<ol style="list-style-type: none"> 1. Hold on the button "Setup" for seconds, then letter "A1" will appear from the LCD display. 2. Please start to sample the first kind of coins. The letter "A1" will appear again after finished. 3. Hold on the button "Setup" for seconds, then letter "A2" will appear. Next, please start to sample second kind of coins. The letter "A2" will appear again after finished. 4. Please repeat No.3 until all kinds of coins you need is set up. <ul style="list-style-type: none"> ⊗ If you already set up all kinds of coins you need, and it is less than the product has, please keep holding on the button "setup" for seconds to skip the rest sampling. For example: If you choose "6-kind-of-coin of multi-coin selector" to set up 4 types of coins, please hold on the button "Setup" for seconds to skip the sampling of fifth and sixth kind of coin after you finish fourth kind of coin. 5. The system will restart automatically after finished. 6. The product can be used after finishing sampling. 																											
If you don't need to use AP mode, please skip AP mode setting.																											
<u>AP mode</u>																											

<ol style="list-style-type: none"> 4. Letter "P1" will appear. Use the button "Add" and the button "Minus" to choose the amount of output's signals/pulses for coins. Next, hold on the button "Setup" for seconds to finish. <ul style="list-style-type: none"> ⊗ The maximum pulse is 50. 5. Letter "F1" will appear. Use the button "Add" and the button "Minus" to choose accuracy. Next, hold on the button "Setup" for seconds to finish. <ul style="list-style-type: none"> ⊗ The value is from 1 to 30, and 1 is the most accurate. Normally, 5-10 will be fine. If kinds of coins are too similar, the value should be more accurate. 6. The first kind of coin has been set up so far. Please repeat No.1- No.5 until all kinds of coins has been set up. Letter "A" will appear again after all above procedures is finished. 7. Hold on the button "Setup" for seconds, and letter "E" will appear. Finally, turn off and turn on the power. The setting will be stored. 	Using this mode, you are able to control the output pulse ratios. <ol style="list-style-type: none"> 1. Please hold on the button "Setup" and the button "Add" simultaneously for seconds, then hold on the button "Setup" for seconds to get into AP mode. 2. Please select the value of AP mode. The coin selector will generate 1 external signal output when the internal signal "P" value of parameter reaches the value. 3. The default value of AP mode is 1. <p style="text-align: center;"><u>Recover Factory Default</u></p> <p style="text-align: center;">If you want to clear all setting and sampling you have set up.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Turn off power 2. Hold on the button "setup" and the button "add" simultaneously. 3. Turn on power 4. Release the buttons when hearing beep.
--	--

ANEXO F: Circuitos de conexión de la máquina expendedora