



Diseño y construcción de un sistema automático de sanitización y cobro de dinero en efectivo mediante luz ultravioleta UVC a fin de evitar propagación del COVID-

19.

Salazar Herrera, Alfredo Francisco

Departamento de Eléctrica, Electrónica Y Telecomunicaciones

Carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y
Telecomunicaciones

Ing. Aguilar Salazar, Darwin Leonidas








20 de febrero de 2021

URKUND

Document Information

Analyzed document Tesis_FranciscoSalazarH_10032021docx.pdf (D97883210)
 Submitted 3/10/2021 6:55:00 PM
 Submitted by
 Submitter email dlagullar@espe.edu.ec
 Similarity 2%
 Analysis address dlagullar.espe@analysis.orkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://docplayer.es/60676788-Diseno-e-Implementacion-de-un-sistema-de-seguridad-p ... Fetched: 1/15/2020 3:12:58 AM	 1
W	URL: https://www.infobae.com/america/tendencias-america/2020/03/13/como-limpiar-y-desin ... Fetched: 3/10/2021 6:58:00 PM	 3
W	URL: https://www.cdc.gov/spanish/especialescdc/radiacionuv/index.html Fetched: 3/10/2021 6:58:00 PM	 2
W	URL: https://www.bbc.com/mundo/noticias-52626354 Fetched: 3/10/2021 6:58:00 PM	 5
W	URL: https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-publ ... Fetched: 3/10/2021 6:58:00 PM	 1
SA	Tesis Máquina Expendedora.docx Document Tesis Máquina Expendedora.docx (D40696177)	 1
W	URL: https://www.elcomercio.com/tendencias/objetos-coronavirus-cientificos-covid.html Fetched: 3/10/2021 6:58:00 PM	 1
SA	1603980677_TESIS_ABATTE_GARZON.pdf Document 1603980677_TESIS_ABATTE_GARZON.pdf (D83123897)	 1

J. Aguilera

DARWIN AGUILERA
 DEXENTE DE EL
 2021/03/12
 1103036826



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, "Diseño y construcción de un sistema automático de sanitización y cobro de dinero en efectivo mediante luz ultravioleta UVC a fin de evitar propagación del COVID-19" fue realizado por el señor Salazar Herrera Alfredo Francisco, el cual ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 12 de marzo de 2021

Ing. Agujar Salazar, Darwin Leonidas

C. C. 1103036826



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Salazar Herrera, Alfredo Francisco**, con cédula de ciudadanía n° 0603530783, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **"Diseño y construcción de un sistema automático de sanitización y cobro de dinero en efectivo mediante luz ultravioleta UVC a fin de evitar propagación del COVID-19"** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 12 de marzo 2021

Salazar Herrera, Alfredo Francisco

C.C.: 0603530783



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo **Salazar Herrera, Alfredo Francisco**, con cédula de ciudadanía n° 0603530783, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **"Diseño y construcción de un sistema automático de sanitización y cobro de dinero en efectivo mediante luz ultravioleta UVC a fin de evitar propagación del COVID-19"** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 12 de marzo de 2021

Salazar Herrera, Alfredo Francisco

C.C.: 0603530783

Dedicatoria

En primer lugar, quiero dedicar este trabajo a mi abuelita Jadita, su apoyo, cariño y buenos consejos me dan la fuerza para continuar en busca de mis sueños.

A mis padres Geovanny y Vanessa, ustedes han sido mi principal soporte en cada una las metas que he alcanzado, me han regalado su confianza, tiempo y recursos sin pedirme nada a cambio, su compañía y guía me han dado la fortaleza para seguir adelante en todo lo que me he propuesto.

Finalmente dedicar este trabajo a mi hermano Fernando, tú has sido un ejemplo de vida y durante el tiempo que estuvimos juntos me enseñaste a ser cada día una mejor persona.

Alfredo Francisco Salazar Herrera

Agradecimiento

En primer lugar, agradezco a Dios por concederme la sabiduría y fortaleza necesarias durante todo el tiempo de formación académica.

Agradezco a mis padres por el apoyo incondicional que me han brindado durante toda mi carrera universitaria, sobre todo en los momentos más difíciles.

A mis profesores universitarios quienes fueron una pieza clave en este proceso de formación y quienes dejaron en mí no solo conocimiento sino también valores y gratos recuerdos.

Agradezco a mi tutor, Ing. Darwin Aguilar por guiarme durante todo este trabajo de investigación compartiendo su tiempo y conocimientos para culminar exitosamente el mismo.

Finalmente agradezco a todos mis compañeros y amigos, su amistad y ayuda han sido invaluable durante mi vida universitaria, sin ellos nada hubiese sido igual.

Índice de Contenido

Reporte Urkund.....	2
Certificación	3
Responsabilidad de Autoría	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento	7
Índice de Contenido	8
Índice de Tablas.....	14
Índice de Figuras.....	16
Resumen.....	20
Abstract.....	21
Capítulo I.....	22
Introducción.....	22
Antecedentes.....	22
Justificación	24
Metodología.....	27
Objetivos.....	29
Objetivo General	29
Objetivos Específicos.....	29
Capítulo II.....	30

	9
Marco Teórico	30
Radiación UV.....	30
Esterilización Ultravioleta.....	33
Inactivación de microorganismos por radiación UV	34
Mecanismo de reparación.....	35
Ventajas de la esterilización UV	36
COVID – 19	37
¿Qué es el COVID-19?	37
Propagación del COVID-19	37
Situación del Ecuador frente al COVID-19	38
Situación del mundo frente al COVID-19.....	41
Métodos de detección de COVID-19	43
Detección de ARN viral o prueba PCR.....	43
Pruebas de detección de anticuerpos	44
Dinero en efectivo.....	44
Uso de dinero en efectivo	44
El dinero en efectivo en el Ecuador	45
Monedas oficiales del dólar estadounidense	48
Centavos de dólar ecuatorianos	49
Billetes oficiales del dólar estadounidense	50
Capítulo III.....	53

	10
Diseño de Hardware y Software	53
Sistema de desinfección.....	54
Conjunto de bombillas UVC.....	54
Fuente de alimentación para bombillas UVC.....	56
Estructura del dispositivo	57
Sistema electrónico	60
Aceptador de billetes	60
Protocolo SSP y eSSP	62
Protocolo ccTalk	63
Protocolo SIO y SI2	64
Protocolo MDB	70
Protocolo Paralelo	72
Protocolo Binario	74
Protocolo Pulso	74
Aceptador de monedas	76
Microcontrolador	77
Stack de monedas	78
Mecanismo de transporte de monedas.....	80
Placa del circuito.....	82
Comunicación entre la placa y el microcontrolador	85
Control de velocidad de motor Darlington	87

	11
Módulo regulador Stepdown.....	88
Sensor Infrarrojo y aceptador de billetes	91
Circuito de control para los servomotores	92
Circuito de comunicación con el aceptador de monedas	93
Programa de control mediante bluetooth para dispositivos Android	94
Diseño de la interfaz gráfica de la aplicación.....	95
Código de la aplicación.....	106
Bloque 1	107
Bloque 2	107
Bloque 3	108
Bloque 4, 5 y 6.....	108
Bloque 7	109
Bloque 8	109
Programación de Arduino.....	110
Programa principal.....	111
Estado cero.....	112
Función recibir1	113
Estado uno.....	114
Función accepbill.....	115
Función billread	116
Función buzzer	117

	12
Función coinread	118
Estado dos	119
Estado tres	121
Costo del dispositivo.....	121
Consumo energético	123
Capítulo IV	124
Implementación y Pruebas de Funcionamiento	124
Distribución de periféricos en el exterior del equipo	124
Salida de conexión eléctrica y switch de encendido	126
Puerta de acceso al circuito	127
Sistema de protección al abrir el dispositivo	128
Juego de luces led en el interior del dispositivo	129
Disposición interna de los elementos del dispositivo	130
Pruebas de funcionamiento.....	132
Prueba de entrega de cambio.....	132
Prueba del sistema de cobro de dinero	132
Resultados de prueba con monedas	133
Resultado de prueba con billetes	140
Prueba del sistema de desinfección y luces UVC.	142
Prueba de seguridad para el usuario.....	144
Prueba de aceptación por parte del usuario	146

	13
Encuesta destinada a vendedores:	147
Encuesta destinada a compradores	148
Capítulo V	150
Conclusiones, recomendaciones y trabajos a futuro	150
Conclusiones	150
Recomendaciones.....	152
Trabajos a futuro	153
Referencias Bibliográficas.....	154
Anexos	158

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Subtipos de rayos UV con longitud de onda y energía por fotón.</i>	31
Tabla 2 <i>Longitudes de onda para Inactivación de coronavirus</i>	34
Tabla 3 <i>Situación nacional por el COVID-19.</i>	38
Tabla 4 <i>Top 10 de países con casos de COVID-19 a nivel mundial.</i>	41
Tabla 5 <i>Monedas oficiales de los Estados Unidos de Norteamérica.</i>	48
Tabla 6 <i>Centavos de dólar ecuatorianos.</i>	49
Tabla 7 <i>Billetes de dólar vigentes.</i>	50
Tabla 8 <i>Billetes de dólar serie 1996-2006.</i>	51
Tabla 9 <i>Características de las bombillas UVC del dispositivo</i>	55
Tabla 10 <i>Asignación de pines para el protocolo SSP y eSSP en el validador de billetes BV20.</i>	62
Tabla 11 <i>Asignación de pines para el protocolo ccTalk en el validador de billetes BV20</i>	64
Tabla 12 <i>Formato de datos de acuerdo a la tasa de baudios en el protocolo SIO del validador de billetes BV20.</i>	65
Tabla 13 <i>Códigos conocidos para el receptor BV20.</i>	65
Tabla 14 <i>Códigos transmitidos por el BV20.</i>	67
Tabla 15 <i>Asignación de pines para el protocolo SIO y SI2 en el validador de billetes BV20.</i>	69
Tabla 16 <i>Asignación de pines para el protocolo MDB en el validador de billetes BV20.</i>	71
Tabla 17 <i>Asignación de pines para el protocolo paralelo en el validador de billetes BV20.</i>	73

Tabla 18 <i>Asignación de pines para el protocolo de pulsos en el validador de billetes BV20.</i>	75
Tabla 19 <i>Principales características de la placa Arduino Mega.</i>	77
Tabla 20 <i>Costo del dispositivo diseñado.</i>	122
Tabla 21 <i>Prueba con monedas de cinco centavos</i>	133
Tabla 22 <i>Prueba con monedas de diez centavos</i>	134
Tabla 23 <i>Prueba con monedas de veinticinco centavos.</i>	136
Tabla 24 <i>Prueba con monedas de cincuenta centavos</i>	137
Tabla 25 <i>Prueba con monedas de un dólar</i>	138
Tabla 26 <i>Resultado de las pruebas de cobro de monedas.</i>	140
Tabla 27 <i>Resultado prueba con billetes</i>	141
Tabla 28 <i>Prueba sistema de desinfección</i>	142

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Espectro visible por el ojo humano</i>	30
Figura 2 <i>Curva epidemiológica de casos COVID-19 acumulados por semana epidemiológica en la provincia de Pichincha.</i>	39
Figura 3 <i>Curva epidemiológica de casos COVID-19 acumulados por semana en todo el Ecuador</i>	40
Figura 4 <i>Número de contagios diarios de COVID-19 reportados a nivel mundial</i>	42
Figura 5 <i>Indicador de tenencia de dinero en Ecuador Período 2010 – 2018</i>	45
Figura 6 <i>Bombillas UVC XBOCMY modelo CM020</i>	56
Figura 7 <i>Láminas de acrílico transparente</i>	59
Figura 8 <i>Láminas de acrílico opaco</i>	59
Figura 9 <i>BV20 Bill Acceptor de Innovative Technology Ltd.</i>	61
Figura 10 <i>Distribución de pines para el protocolo SSP y eSSP en el validador de billetes BV20.</i>	62
Figura 11 <i>Distribución de pines para el protocolo ccTalk en el validador de billetes BV20.</i>	63
Figura 12 <i>Distribución de pines para el protocolo SIO y SI2 en el validador de billetes BV20.</i>	69
Figura 13 <i>Distribución de pines para el protocolo MDB en el validador de billetes BV20.</i>	71
Figura 14 <i>Distribución de pines para el protocolo paralelo en el validador de billetes BV20.</i>	72
Figura 15 <i>Distribución de pines para el protocolo de pulsos en el validador de billetes BV20.</i>	74

Figura 16 <i>Aceptador validador de monedas de la marca Blee</i>	76
Figura 17 <i>Stack de monedas y conjunto de servomotores para entrega de cambio.</i>	79
Figura 18 <i>Mecanismo de transporte de monedas vista superior.</i>	81
Figura 19 <i>Mecanismo de transporte de monedas, vista posterior</i>	82
Figura 20 <i>Placa del circuito utilizada en el dispositivo.</i>	82
Figura 21 <i>Circuito del dispositivo diseñado en el software Proteus</i>	83
Figura 22 <i>Placa del circuito del dispositivo diseñada en el software Proteus.</i>	84
Figura 23 <i>Borneras de la placa del circuito que conducen hacia el Arduino</i>	85
Figura 24 <i>Control de velocidad del motor con transistor Darlington</i>	88
Figura 25 <i>Módulo regulado Stepdown XL4015</i>	88
Figura 26 <i>Diseño del módulo regulador Stepdown para servomotores de las compuertas</i>	89
Figura 27 <i>Diseño del módulo regulador Stepdown para servos de sistema de entrega de cambio</i>	90
Figura 28 <i>Circuito del sensor infrarrojo y aceptador de billetes.</i>	91
Figura 29 <i>Circuito de control para los servomotores</i>	92
Figura 30 <i>Circuito de comunicación con el aceptador de monedas</i>	93
Figura 31 <i>Placa del circuito finalizada y conectada</i>	94
Figura 32 <i>Interfaz gráfica de app móvil</i>	96
Figura 33 <i>Pantalla de conexión bluetooth de la aplicación móvil</i>	97
Figura 34 <i>Pantalla con error en la conexión bluetooth</i>	98
Figura 35 <i>Pantalla de ingreso del valor a cobrar</i>	99
Figura 36 <i>Pantalla de inicio del proceso de cobro</i>	100
Figura 37 <i>Proceso de cobro pantalla 1</i>	101
Figura 38 <i>Proceso de cobro pantalla 2</i>	102

Figura 39 <i>Proceso de cobro pantalla 3</i>	103
Figura 40 <i>Proceso de cobro pantalla 4</i>	104
Figura 41 <i>Proceso de cobro, pantalla 5</i>	105
Figura 42 <i>Código del programa en bloques</i>	106
Figura 43 <i>Bloque programable 1 MIT App Inventor</i>	107
Figura 44 <i>Bloque programable 2 MIT App Inventor</i>	107
Figura 45 <i>Bloque programable 3 MIT App Inventor</i>	108
Figura 46 <i>Bloque programable 4, 5 y 6 MIT App Inventor</i>	108
Figura 47 <i>Bloque programable 7 MIT App Inventor</i>	109
Figura 48 <i>Bloque programable 7 MIT App Inventor</i>	110
Figura 49 <i>Diagrama de flujo del programa principal</i>	111
Figura 50 <i>Diagrama de flujo del estado cero</i>	112
Figura 51 <i>Diagrama de flujo función recibir1</i>	113
Figura 52 <i>Diagrama de flujo estado uno</i>	114
Figura 53 <i>Diagrama de flujo función accepbill</i>	116
Figura 54 <i>Diagrama de flujo función billread</i>	116
Figura 55 <i>Diagrama de flujo función buzzer</i>	117
Figura 56 <i>Diagrama de flujo función coinread</i>	118
Figura 57 <i>Diagrama de flujo estado dos</i>	119
Figura 58 <i>Diagrama de flujo función vuelto</i>	120
Figura 59 <i>Diagrama de flujo estado tres</i>	121
Figura 60 <i>Diseño exterior de una máquina de vending</i>	124
Figura 61 <i>Distribución de periféricos en la cara frontal del dispositivo</i>	125
Figura 62 <i>Ranuras en la cara lateral del dispositivo</i>	127
Figura 63 <i>Puerta de acceso al interior del dispositivo</i>	128

Figura 64 <i>Sensor magnético</i>	129
Figura 65 <i>Juego de luces led</i>	130
Figura 66 <i>Disposición final de los elementos en el interior del dispositivo</i>	131
Figura 67 <i>Superficie irradiada por cada bombilla</i>	143
Figura 68 <i>Circuito de conexión de las bombillas UVC</i>	143

Resumen

Este proyecto nace de las necesidades creadas debido a la aparición del virus SARS-CoV-2 y la pandemia mundial, generada debido a la enfermedad infecciosa que este produce el COVID-19. Como cualquier otra superficie las monedas y los billetes pueden contaminarse por agentes infecciosos entre ellos el virus SARS-CoV-2 y aunque si se tiene un correcto manejo de este dinero en efectivo y se lo desinfecta correctamente el riesgo de contagiarse por el mismo es significativamente bajo, esa es una realidad bastante lejana en nuestro país sobre todo en cierto tipo de actividades como el cobro de pasajes en servicios de transporte público. Es por esto que la OMS recomienda usar preferiblemente métodos de pago sin contacto, como por ejemplo el pago a través del móvil o con tarjetas. Este proyecto busca crear una alternativa a los sistemas ya mencionados aplicando las propiedades sanitizantes de luz UVC. En si el dispositivo que se desarrolló permite que todo intercambio de dinero sea a través de una máquina que receipta el dinero, lo identifica, luego mediante un sistema de transporte lo lleva a una cámara en donde lo expone a radiación UVC durante 30 minutos, tiempo en el cual acorde a estudios realizados previamente se puede garantizar que se reduce la carga del virus a niveles en los cuales no se pueda continuar propagando y finalmente entrega el cambio con dinero en efectivo completamente sanitizado.

Palabras clave:

- **ARN**
- **CARGA VIRAL**
- **IONIZANTE**
- **IRRADIACIÓN GERMICIDA**
- **LUZ ULTRAVIOLETA**

Abstract

This project was born from the needs created due to the appearance of the SARS-CoV-2 virus and the pandemic generated due to the infectious disease that it produces COVID-19. Like any other surface, coins and bills can be contaminated by infectious agents, including the SARS-CoV-2 virus, and although if this cash is handled correctly and properly disinfected, the risk of being infected by it is significantly low, that is quite a distant reality in our country, especially in certain types of activities such as the collection of money in public transport services. That is why the WHO recommends preferably using contactless payment methods, such as payment through mobile phones or cards. This project seeks to create an alternative to the systems already mentioned by applying the sanitizing properties of UVC light. The device that will be developed will allow all money exchange to be through a machine that will receive the money, identify it, then through micro-conveyor belts it will take it to a chamber where it will expose it to UVC radiation for 30 seconds, time in which, according to previously carried out studies, it can be guaranteed that the virus load will be reduced to levels in which it cannot continue to spread and will finally deliver the change with fully sanitized cash.

Keywords:

- **GERMICIDAL IRRADIATION**
- **IONIZING**
- **RNA**
- **ULTRAVIOLET LIGHT**
- **VIRAL LOAD**

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

En el año 1704 el físico inglés Isaac Newton publica el libro “Optiks”, en el cual recopila todos los resultados de sus investigaciones sobre los colores y la difracción de la luz. En este libro mediante experimentos con prismas se establece que la luz blanca se puede dividir en luz de distintos colores y cada color posee una longitud de onda distinta, este espectro de radiaciones iba del color rojo al violeta. En el año 1800 el astrónomo inglés William Herschel comprueba la existencia de los infrarrojos, es decir radiaciones electromagnéticas que por su longitud de onda no son visibles para el ojo humano y se encuentran más allá del rojo obtenido por el prisma de Newton. El trabajo de Herschel hizo que otros entendidos sospecharan sobre la existencia de otras radiaciones invisibles más allá de los otros colores obtenidos por el prisma de Newton, es así como inicia la investigación de los rayos ultra violetas o UV (Newton, 1704).

Pasó un año tras la difusión del trabajo de Herschel para que el alemán Johan Wilhelm Ritter en 1801 mediante un sencillo experimento descubriera la existencia de rayos no visibles para el ojo humano que se encuentran más allá de la luz violeta a los cuales hoy en día se conocen como rayos ultravioletas. Desde este momento se inician las aplicaciones de este tipo de rayos de luz, primeramente, se establece que al igual que los rayos infrarrojos los rayos ultravioletas no son visibles para el ojo humano pero los rayos infrarrojos generan una sensación de calor y se pueden sentir. Los rayos ultravioletas son imperceptibles, pero si se tiene una exposición prolongada cambian el color de la piel.

El 12 de julio de 1877 A. Downes y T. Blunt. publican un artículo en la revista

Nature titulado “The Influence of Light Upon the Development of Bacteria”. Artículo en el cual describen los resultados de su investigación sobre la influencia de la luz en el desarrollo de las bacterias y las condiciones en las cuales la luz puede prevenir o retrasar el desarrollo de estas. A partir de este trabajo inician las aplicaciones de la luz ultravioleta en la esterilización sobre todo en la medicina y la industria alimenticia (Downes, 1877).

En 1901 se crea la primera lámpara de mercurio y como resultado la primera fuente artificial de luz ultravioleta, misma que en 1910 en Marsella, Francia se empieza a utilizar en la desinfección de agua para consumo humano y entre 1916 hasta 1926 se utiliza en los Estados Unidos de América para proveer de agua purificada a los barcos. Pero debido a la aparición de productos químicos capaces de realizar las mismas tareas de purificación y sanitización, además de la poca vida útil de las bombillas de luz UV tenían en aquellos tiempos, se retrasa el desarrollo de esta técnica de desinfección, así como se reduce la producción de bombillas UV y por ende su comercialización. Pero con el paso del tiempo se evidencian los problemas que pueden causar en humanos los subproductos de desinfección (SPD) y una gran parte del mercado encargado de la desinfección y sanitización vuelve sus ojos a las propiedades de la luz UV, propiciando su desarrollo y evolución. Para inicios de siglo XXI se estiman en Europa 2000 sistemas de aguas desinfectadas por luz UV (Méndez, 2002).

En el año 2006 Miriam Darnell y Deborah Taylor publican un artículo titulado “Evaluation of inactivation methods for severe acute respiratory syndrome coronavirus in noncellular blood products” en el que evalúan distintos métodos para la inactivación del SARS-CoV, entre estos métodos se encuentra la irradiación ultravioleta. Como resultado obtienen que la luz ultravioleta del tipo C o UVC desactiva eficientemente el SARS-CoV en 40 minutos en productos sanguíneos no celulares como lo es el plasma (Miriam E.R. Darnell, 2006).

Justificación

Actividades siempre tan cotidianas como el realizar pagos en efectivo, dar vueltos, abrir una puerta, tocar un timbre o rozar cualquier objeto o superficie con la aparición del virus SARS-CoV-2 se han vuelto actividades de alto riesgo para el ser humano. Es por esto que el lavado de manos es tan fundamental y tan recomendado por las autoridades en salud a nivel mundial. En lo que tienen que ver con el manejo de dinero en efectivo es importante tener claro que a medida que circula, pasa de mano en mano y en este trayecto acumula una gran cantidad de microorganismos como son: bacterias, hongos y virus. Teniendo esto en cuenta la correcta higiene y desinfección de las manos vuelve a resaltar como un punto importante a tomar en cuenta para cuidar la salud y evitar adquirir enfermedades por este medio.

La OMS establece que las manos son la principal vía de transmisión de gérmenes y que la correcta higiene de estas es la medida más importante para evitar la transmisión de estos gérmenes y evitar infecciones (OMS, 2020). Lavarse bien las manos después de entrar en contacto con dinero es fundamental. Si no se poseen los medios adecuados para hacerlo, se puede emplear una solución hidroalcohólica al 70% para la desinfección, siempre y cuando las manos no se encuentren visiblemente sucias. La OMS también aconseja que de ser posible se evite el uso de dinero en efectivo, sustituyéndolo por otros métodos de pago como son las tarjetas o el pago a través de aplicaciones de telefonía móvil

El tiempo durante el cual un virus se mantiene activo sobre una superficie varía debido a varios factores como son el material de la superficie, la temperatura ambiental y de la superficie, la humedad ambiental y de la superficie y también las superficies circundantes. “Depende del tipo de superficie, de la concentración del virus, la temperatura y la humedad, lo que se sabe es que el coronavirus puede sobrevivir desde

algunas horas hasta tres días”, aseguró a Infobae el ingeniero Martín Piña, director de la carrera de Ingeniería en Alimentos de Fundación UADE (Chavez, Valeria, 2020).

Un estudio reciente publicado en la revista médica *The New England Journal of Medicine* científicos de un laboratorio federal informó que el SARS-CoV-2, el virus que causa la actual pandemia de coronavirus, puede vivir en superficies de plástico y acero inoxidable por hasta 72 horas, en cartón por hasta 24 horas y en cobre por 4 horas (RedacciónMédica, 2020). Otro estudio de 2020 publicado en el *Journal of Hospital Infection* analizó 22 estudios sobre otros coronavirus SARS y MERS. Los investigadores encontraron que, en promedio, los virus persistieron en las superficies de metal, plástico y vidrio a temperatura ambiente durante cuatro o cinco días, y podrían persistir hasta nueve días, dependiendo de la temperatura y la humedad. Por lo tanto, cuánto tiempo viven los gérmenes dañinos en diferentes superficies es muy específico para el patógeno, los factores ambientales como la humedad y también en qué superficie está (El Comercio, 2020).

El dinero en efectivo, un producto de la vida moderna fabricado con papel a base de algodón y lino que se intercambia por bienes o servicios no solo significa capacidad adquisitiva, sino también una cantidad innumerable de gérmenes. Un estudio publicado en *Future Microbiology* en 2014 comprobó que cuanto más libre es la economía de mercado, mayor circulación hay de billetes y monedas, y por ende más microorganismos que se trasladan de billetera en billetera, de mano en mano (Emmanouil Angelakis, 2014).

Una alternativa si se tienen necesidad de entrar en contacto directo con dinero en efectivo es utilizar alcohol etílico al 70% como antiséptico sobre la piel en el mismo instante que el dinero llega a tocar las manos, pero conociendo la realidad que se vive en las calles del Ecuador y las condiciones del comercio sobre todo informal, esta alternativa resulta muy difícil de practicar, primero por la dificultad de encontrar sitios de limpieza

públicos donde se pueda acceder a alcohol antiséptico de forma rápida y segura, y en segundo lugar la falta de disposición de muchas personas a portar permanentemente alcohol y hacer uso del mismo. De aquí la gran cantidad de contagios que se han evidenciado sobre todo al inicio de la pandemia.

El CDC (Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades) define que “la radiación ultravioleta (UV) es una forma de radiación no ionizante* emitida por el sol y fuentes artificiales, como las camas bronceadoras. Aunque ofrece algunos beneficios a las personas, como la producción de vitamina D, también puede causar riesgos para la salud” (CDC, 2019).

También nos explican que: “La radiación UV se clasifica en tres principales tipos: ultravioleta A (UVA), ultravioleta B (UVB) y ultravioleta C (UVC). Estos grupos se basan en la medida de su longitud de onda, la cual se mide en nanómetros (nm= 0.000000001 metro o 1×10^{-9} metro)”.

La primera es la ultravioleta A (UVA), que constituye la mayor cantidad de radiación que llega a la Tierra. Es capaz de penetrar la piel, siendo la causante de la aparición de arrugas y manchas en las personas. Luego está la ultravioleta B (UVB), que puede dañar el ADN de la piel, provocando quemaduras solares y, potencialmente, cáncer. Y, finalmente, está la ultravioleta C (UVC), que es la más nociva. Tiene una longitud de onda de luz más corta y energética que las demás, lo que la hace especialmente dañina para los humanos.

Aunque todavía no hay una investigación concluyente que confirme que la luz UVC elimina al SARS-CoV-2, sí hay evidencia de que lo hace con otros coronavirus como el que provoca el SARS, cuyo brote se originó en 2002. El especialista en enfermedades infecciosas y decano de la facultad de Medicina y Ciencia de la Universidad San Sebastián (Chile), Carlos Pérez, explica que esto hace pensar que también funciona en

el caso de la actual pandemia (USS, 2020). "La UVC es altamente desagradable, no deberíamos estar expuestos a ella", dijo a BBC Future Dan Arnold, quien trabaja en la empresa UV Light Technology que proporciona equipos de desinfección en Reino Unido. "La UVB puede tomar horas para quemar, pero la UVC lo hace en segundos. Si tus ojos están expuestos... ¿sabes esa sensación arenosa que tienes si miras al sol? Es así multiplicado por 10 y solo después de unos segundos", explicó (BBC, 2020).

La IGV es un método que utiliza rayos UV de tipo C, que dañan el ADN y ARN impidiendo la replicación del patógeno (Hamzavi, 2020). Se ha demostrado que la utilización de 1 J/cm² de UVC sobre MFR N95 contaminadas con influenza A (H1N1 - H5N1 - H7N9), MERS-CoV y SARS-CoV, permitirá la eliminación de muestras viables de dichos patógenos (Narla, 2020). Un reciente estudio realizado sobre MFR N95 infectadas con SARS-CoV-2 demostró que la utilización de radiación UV de 260 - 285nm es efectiva como descontaminante, sin dañar el ajuste de la mascarilla ni el filtro respirador durante al menos 3 ciclos de descontaminación (Fischer, 2020).

Con toda esta información presentada nace la propuesta de desarrollar un sistema automático para cobrar y Sanitizar dinero sobre todo en sitios donde hay una gran concurrencia de público y que se pueden convertir en focos de contagio de virus peligrosos sobre todo el ya mencionado SARS-CoV-2 causante de la enfermedad COVID-19. Este dispositivo receptorá el dinero, lo contará, luego mediante la aplicación de luz ultravioleta del tipo UVC lo sanitizará y entregará el vuelto en dinero efectivo completamente seguro, así se logrará reducir el riesgo de transmisión del virus debido al traspaso de dinero y también se contribuirá al distanciamiento social otra de las medidas claves para evitar la propagación del SARS-CoV-2.

Metodología

Para el desarrollo de este proyecto se inició con el diseño del dispositivo capaz de

cobrar dinero en efectivo y sanitizarlo mediante la aplicación de luz UVC, para lo cual se deberán aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera en el campo específico de la electrónica y la información recolectada a fin de encontrar la mejor solución al problema planteado. A fin de conseguir un diseño óptimo se emplearán herramientas de hardware y software disponibles teniendo en cuenta las limitaciones que impone a la actual situación debido a la pandemia por el COVID-19.

Una vez que el diseño se finalizó se procedió a simularlo a fin de encontrar posibles errores o aspectos omitidos en el diseño y una vez verificado que cumple con los requisitos se procedió a su construcción. Durante la fase de construcción es importante tener claro que al trabajar con luz ultravioleta del tipo UVC hay ciertas normas de seguridad que se deben seguir a fin de precautelar la integridad física de quién se expone a la misma por lo cual se crearon protocolos de manipulación antes de iniciar el trabajo con este tipo de luz ultravioleta y al momento de manipularla se siguieron al pie de la letra y se evitó cualquier tipo de accidente.

Una vez construido el dispositivo se lo revisó minuciosamente para verificar que la luz ultravioleta este correctamente contenida dentro de la cámara para dicho fin en el dispositivo y que no represente un riesgo para los usuarios, luego de esto se verificó el funcionamiento del mismo y procedió a la corrección de los errores encontrados.

Finalmente, una vez verificado el funcionamiento y la seguridad del dispositivo se procedió a probarlo en situaciones cotidianas a fin de encontrar falencia o mejoras que se le puedan agregar y así obtener un producto más útil y de mejor calidad, luego se establecieron los resultados y recomendaciones de trabajo a fin de incentivar el desarrollo de otras propuestas basadas en este proyecto.

Objetivos

Objetivo General

- Diseñar e implementar un dispositivo de cobro y sanitización de dinero en efectivo mediante la exposición a luz ultravioleta UVC, que permita evitar la propagación del COVID-19.

Objetivos Específicos

- Investigar la técnica de sanitización mediante luz ultravioleta UVC y su eficacia contra el COVID-19.
- Diseñar un sistema de cobro de dinero en efectivo capaz de aplicar a los billetes y monedas receptadas luz ultravioleta UVC que sea seguro para el usuario.
- Construir el dispositivo diseñado para verificar su funcionamiento y su aceptación por parte de los usuarios.
- Establecer las ventajas que ofrece el sistema diseñado frente a los actuales sistemas de cobro de dinero en efectivo y virtuales.
- Proponer trabajos a futuro basados en la experiencia obtenida y la aplicación de luz ultravioleta UVC en sistemas de cobro de dinero en efectivo.

Capítulo II

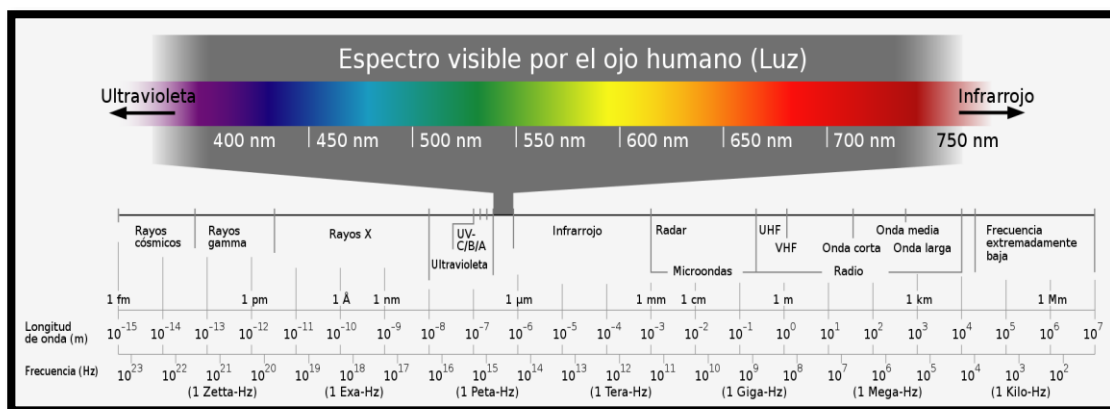
Marco Teórico

Radiación UV

Se conoce como radiación ultravioleta o radiación tipo UV a toda radiación electromagnética cuya longitud de onda se encuentre entre los 10 y los 400 nanómetros, lleva el nombre de ultravioleta ya que se encuentra sobre los 380 nanómetros que es límite del espectro visible por el ojo humano común y cuyo color se interpreta en nuestro cerebro como violeta, en la figura 1 se observa una representación del espectro visible por el ojo humano.

Figura 1

Espectro visible por el ojo humano



Nota. Tomado de *Electromagnetic Wave Spectrum*, por Horst Frank, 2005, Jailbird and Phrood.

La radiación UV se la puede encontrar en la tierra proveniente de su fuente natural y proveniente de fuentes artificiales, la fuente natural de rayos UV en la tierra es el Sol y entre las fuentes artificiales encontramos las bombillas de vapor de mercurio, luces

halógenas, luces fluorescentes, luces incandescentes, camas de bronceado y algunos tipos de láser (CDC, 2019).

Su descubrimiento se lo atribuye a Johann Wilhem Ritter en 1801 quien se dio cuenta de la existencia de radiaciones invisibles ubicadas detrás del extremo violeta de las radiaciones visibles las mismas eran capaces de oscurecer papel empapado con cloruro de plata, razón por la cual los denominó “rayos desoxidantes” mismos que ahora se conocen como “rayos ultravioletas”. Los rayos ultravioletas abarcan a una extensa cantidad de radiaciones con características particulares cada una es por eso que estas se han dividido en 9 subtipos dependiendo de su longitud de onda, estos son:

Tabla 1

Subtipos de rayos UV con longitud de onda y energía por fotón.

Nombre	Abreviaturas	Longitud de Onda (nm)	Energía por fotón (eV)
Ultravioleta A (onda larga)	UVA	400 – 315	3,10 – 3,94
Ultravioleta B (onda media)	UVB	315 – 280	3,94 – 4,43
Ultravioleta C (onda corta)	UVC	280 – 100	4,43 – 12,40
Ultravioleta cercano (near)	NUV	400 – 300	3,10 – 4,13
Ultravioleta medio (middle)	MUV	300 – 200	4,13 – 6,20
Ultravioleta lejano (far)	FUV	200 – 122	6,20 – 10,16
Línea Lyman-alpha	H Lyman- α /	122 – 121	10,16 –

Nombre	Abreviaturas	Longitud de Onda (nm)	Energía por fotón (eV)
	Ly- α		10,25
Ultravioleta de vacío	VUV	200 – 10	6,20 – 124
Ultravioleta extremo	EUV	121 – 10	10,25 – 124

Nota. Tomado de *Definitions of Solar Irradiance Spectral Categories*, ISO 21348:2007, mayo 2007.

La radiación UV natural que se tiene en el planeta tierra es emitida por el sol, antes de entrar a la atmósfera se compone por rayos UVA, UVB y UVC, pero debido al oxígeno y ozono de la misma casi la totalidad de la radiación UVC es absorbida, así como una parte de la radiación UVB por ende la mayor parte de radiación solar que se recibe sobre el planeta tierra es de tipo UVA. Este fenómeno es de suma importancia para el desarrollo de la vida ya que los rayos UV pueden llegar a ser altamente mutagénicos (Ikehata, 2011), y generar daños en el ADN de los seres vivos y produciendo deformaciones genéticas. Esta propiedad es la que se utiliza para destruir microorganismos y favorece la sanitización de los espacios irradiados.

De todos los tipos de rayos UV se considera a los UVC los más dañinos para los seres vivos. Según el Centro para el Control y Prevención de Enfermedades, en el ser humano la exposición a los rayos UV tiene como riesgos (CDC, 2019):

- Las quemaduras solares por sobreexposición corta mientras que por exposición prolongada envejecimiento prematuro y el cáncer de piel.
- Riesgo de presentar enfermedades que podrían causar ceguera.

Esterilización Ultravioleta

La esterilización ultravioleta es un método de eliminación de seres vivos o sistemas biológicos de tamaño microscópico, haciendo uso de las propiedades de la radiación electromagnética cuya frecuencia de radiación se encuentra entre los 10 y los 400 nanómetros. La esterilización ultravioleta o también conocida como esterilización UV es método eficaz para eliminar la vida microbiana en superficies, agua o aire que ha sido desde hace mucho tiempo utilizado en la industria y cuya simplicidad y efectividad lo posicionan como uno de los más recomendables. El mecanismo mediante el cual la luz ultravioleta destruye la vida micro orgánica es muy simple, si el ácido nucleico de un microorganismo es irradiado por UV, la timina que es una de las bases del ADN cambiará a dímero timina y consecuentemente será imposible leer el código genético y el microorganismo morirá (Hidaka, 2006).

Los primeros usos en la esterilización de la luz ultravioleta se dieron en plantas de tratamiento de agua, donde la aplicación de luz UV tipo C resulta bastante sencilla ya que se la administra durante el proceso y no como un paso dentro del mismo lo que resulta beneficioso debido a que no añade tiempo al proceso de tratamiento y no deja residuo alguno a diferencia de los otros métodos de tratamiento que suelen utilizarse. Los filtros UV son capaces de destruir en segundo todo tipo de gérmenes, protozoos y algas evitando la contaminación que estos organismos son capaces de generar y asegurando calidad en el agua antes de ser distribuida. Usualmente se suele combinar la desinfección UV con otros métodos de desinfección como puede ser el peróxido de hidrógeno, aunque un estudio publicado el año 2009 demostró que la aplicación de UVC solo, muestra mejores resultados en desinfección que el peróxido de hidrógeno solo o la combinación de UVC y peróxido de hidrógeno, siendo necesario únicamente un periodo de desactivación de 10 segundos para la bacteria *Escherichia Coli* que se utilizó para el

experimento. La potencia de radiación UVC utilizada en este experimento fue de 40 watts obtenidos a partir de una única bombilla (Labas, 2009).

Inactivación de microorganismos por radiación UV

La radiación UV logra desactivar a toda clase de microorganismo gracias al daño fotoquímico ejercido sobre los ácidos nucleicos de la célula. Los nucleótidos de la célula expuestos a radiación UV la absorben y esto provoca la formación de dímeros debido a los enlaces que se crean entre los nucleótidos adyacentes, los dímeros que se forman en la mayor parte de los casos son de tiamina con tiamina, aunque en algunos casos también se pueden encontrar dímeros de citosina con tiamina, citosina con citosina y dimerización de uracilo. Cuando dentro de un microorganismo existe una cantidad suficiente de dimerizaciones, este se vuelve incapaz de replicar su ADN y ARN es decir se vuelve imposible su reproducción. La cantidad de dímeros que se formen dentro de un organismo dependerá de la longitud de onda de radiación UV a la cual se lo exponga, siendo los rangos medios de UVC los más recomendables (Wright, 1998).

Debido a que se conocen las longitudes de onda de luz UVC necesarias para eliminar otros coronavirus, estos pueden ser replicables para el SARS-CoV 2, estas se pueden observar en la siguiente tabla (Briones Cando Natali, 2020).

Tabla 2

Longitudes de onda para Inactivación de coronavirus

Tipo de virus	Longitud de onda (nm)	Método de estudio	Resultado
MERS-CoV	254	Gotas	Inactivación exitosa
SARS-CoV 1	254	Líquido solución salina	Inactivación exitosa

Nota. Tomado de (Heßling, 2020)

También se ha establecido que la eficiencia de la inactivación del virus depende del tiempo de exposición a la luz UVC, siendo entre 15 a 95 minutos los tiempos ideales con ondas de 254 nm a una distancia máxima de 2 metros (Briones Cando Natali, 2020). Además, el límite superior determinado para la dosis de reducción logarítmica (reducción del 90%) es aproximadamente 10,6 mJ/cm², mientras que el valor real es probablemente sólo 3,7 mJ/cm² (Heßling, 2020), mientras la IUVA propone 40 mJ/cm² como mínimo.

Mecanismo de reparación

Para que un microorganismo sea capaz de repararse luego de la dimerización en su núcleo debe poseer un sistema metabólico funcional ya que este es capaz de proporcionar mecanismos de reparación en los ácidos nucleicos afectados (Jagger, 1967). Los microorganismos tienen dos métodos de reparación el primero es mediante una enzima foto reactivada que invierte la foto dimerización entre tiaminas para este proceso son necesarias radiaciones electromagnéticas con longitudes de onda entre los 300 y 500 nanómetros. El segundo método de reparación que poseen los microorganismos con sistema metabólico es la llamada reparación oscura donde el microorganismo es capaz de reparar dímeros conformados por citosina, esto ocurre mediante la separación de segmentos completos de ácido nucleico dañado y luego reemplazarlo por el segmento de ácido nucleico sin dañar que actúa en forma de molde para la reparación. Es importante mencionar que los virus no poseen mecanismos de reparación que les permitan revertir el daño causado por la radiación electromagnética UV. Investigaciones indican que existe una relación inversa entre la cantidad de radiación aplicada y la capacidad de foto reactivación del microorganismo es decir que si se aplican dosis mayores de radiación UV la capacidad del microorganismo de repararse será mucho menor (Lindenauer, 1994).

Ventajas de la esterilización UV

Existe una gran cantidad de ventajas que ofrece la radiación UV frente a otras técnicas de esterilización, pero entre las más importantes se pueden destacar las ventajas para la seguridad humana, aquí tenemos:

- No genera subproductos de la desinfección o SPD, ventaja de vital importancia sobre todo en productos que van a llegar al hogar o tienen como destino el consumo humano como por ejemplo el agua o envases de alimentos, donde se tiene un estricto cuidado durante la cadena de producción y cualquier microorganismo que se inserte en la misma puede producir muchos problemas.
- Al ser radiación electromagnética no deja residuos químicos que puedan alterar la composición del objeto de la desinfección
- La radiación UV no es corrosiva es decir no puede dañar o destruir las superficies con las cuales entra en contacto, propiedad que la vuelve ideal para el uso sobre metales.

También es importante mencionar que la radiación UV también tiene ventajas en lo económico ya que es fácil de instalar y no requiere de equipamiento sofisticadas o costoso para su aplicación, además al no generar residuos no se pagan costes onerosos por el manejo de los mismos tampoco se deben pagar valores debido a fugas o desperfectos en sistemas de transporte y almacenamiento. Al ser fáciles de instalar se pueden usar para zonas pequeñas o muy extensas y aplicarlas sobre superficies de todo tipo.

COVID – 19

¿Qué es el COVID-19?

La OMS define a la COVID-19 como una enfermedad infecciosa que es causada por el coronavirus (SARS-CoV-2) descubierto en diciembre del año 2019 tras un brote en la ciudad de Wuhan China. Un coronavirus es un virus que pertenece a una familia muy extensa y que es capaz de provocar enfermedades en animales o humanos. Se sabe que los coronavirus en humanos provocan infecciones de tipo respiratorio que pueden ser leves como un resfriado o mucho más graves como el síndrome respiratorio de oriente medio (MERS) o el síndrome respiratorio agudo severo (SRAS) (OMS, 2020).

Propagación del COVID-19

Existen distintas formas de propagación, según la OMS una persona puede contraer el virus COVID-19 por contacto con otro ser humano que se encuentre infectado con el virus. La principal forma de propagación de esta enfermedad es de persona a persona mediante pequeñas gotas que son expulsadas por la boca o la nariz de la persona contagiada cuando tose, habla o estornuda. Se sabe que estas pequeñas gotas son bastante pesadas para su tamaño lo que las hace caer rápidamente al suelo o cualquier superficie que se encuentre en su camino y las imposibilita de llegar muy lejos a través del aire. Si estas pequeñas gotas expedidas por una persona infectada por el COVID-19 llegan a ser inhaladas por otra persona esta última puede contraer el virus. Es por esta última razón que se recomienda mantenerse a al menos un metro de distancia de las personas alrededor. Como se explicó anteriormente, estas pequeñas gotas pueden caer sobre superficies u objetos que se encuentren cerca de la persona infectada que las expulsa, de tal forma si alguna otra persona toca estos mismos objetos o superficies con sus manos y luego toca su boca, nariz u ojos también puede infectarse. Es por esto que

se recomienda la desinfección de manos con alcohol o lavarlas con agua y jabón continuamente, al momento se sigue investigando la existencia de otros métodos de propagación de esta enfermedad (OMS, 2020).

Situación del Ecuador frente al COVID-19

Según datos proporcionados por el Instituto Nacional de Investigación en Salud Pública (INSPI), publicados en su portal web por el Ministerio de Salud Pública de Ecuador al 21 de febrero del 2021, se tiene que se han tomado un total de **972.624** muestras para RT-PCR COVID-19 y de estas muestras **274.673** han resultado como casos confirmados con pruebas PCR. Estos datos son proporcionados por los laboratorios autorizados en el Ecuador para realizar este tipo de pruebas. También se tiene que:

Tabla 3

Situación nacional por el COVID-19.

# Personas	Indicador
238.817	Pacientes recuperados
30.846	Casos de alta hospitalaria
10.796	Personas fallecidas (Confirmados COVID-19)
729	Hospitalizados estables
490	Hospitalizados con pronóstico reservado
645.076	Casos descartados

Nota. Tomado de *Actualización de Casos de Coronavirus en Ecuador*, Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 21 de febrero de 2021.

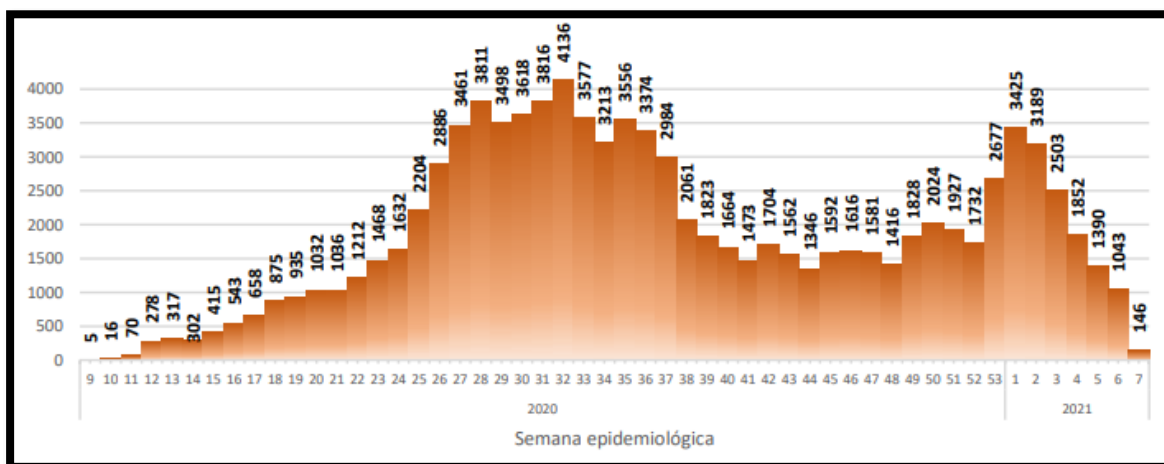
También es importante mencionar que el primer caso en el Ecuador se confirmó el 29 de febrero de 2020 y el COE Nacional se activó el 13 de marzo del 2020 a fin de

coordinar las acciones necesarias para enfrentar la emergencia (Ministerio de Salud Pública, 2020).

En este mismo informe presentado por el MSP se precisa que en la provincia de Pichincha se tienen el **35.1%** de los casos confirmados de COVID-19 a nivel nacional. Con un total de **96.502** contagios confirmados por RT-PCR, **2.178** fallecidos confirmados por RT-PCR y **313** fallecidos probables. Como se puede observar en la Figura 2, el pico de contagios en la provincia de Pichincha se experimentó en la semana epidemiológica #32 es decir la segunda semana del mes de agosto de 2020 esta curva se logró aplanar durante el 2020 gracias a las medidas sanitarias impuestas a la ciudadanía por parte del gobierno seccional. Pero como se observa a inicios del 2021 existe nuevamente un pico de contagios mayormente en la semana epidemiológica #1, este pico se lo atribuye a las fiestas de navidad y fin de año, por este motivo es importante no detener las medidas de prevención y distanciamiento social antes mencionadas (Ministerio de Salud Pública, 2020).

Figura 2

Curva epidemiológica de casos COVID-19 acumulados por semana epidemiológica en la provincia de Pichincha.

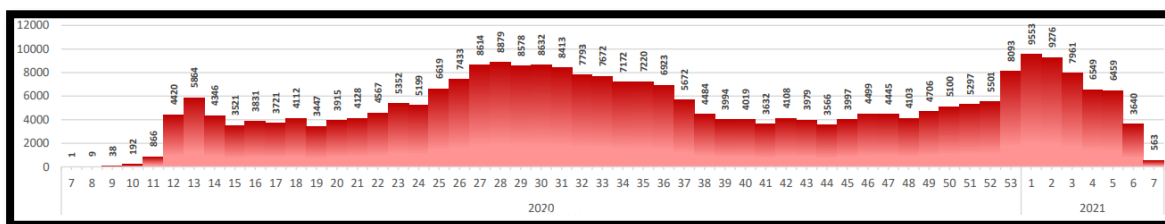


Nota. Tomado de *Infografía N°360*, Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 21 de febrero de 2021.

La Curva Epidemiológica Nacional que se puede observar en la figura 3, nos muestra que el pico de contagios como país se lo experimentó durante el 2020 en la semana epidemiológica #28 es decir la segunda semana del mes de junio, al igual que la curva para la provincia de Pichincha se nota una disminución de número de contagiados en el 2020, pero a inicios del 2021 nuevamente se observan picos de contagio sobre todo la semana epidemiológica #1 del 2021 donde se reportan 9553 casos confirmados de COVID-19, dicha semana es la semana epidemiológica con más contagios a nivel nacional desde el inicio de la pandemia.

Figura 3

Curva epidemiológica de casos COVID-19 acumulados por semana en todo el Ecuador



Nota. Tomado de *Infografía N°360*, Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 21 de febrero de 2021.

Situación del mundo frente al COVID-19

Los datos referentes al COVID-19 cambian mucha rapidez sobre todo si se hace un análisis global donde se tienen que reunir datos de cada uno de los países del mundo, existen algunas organizaciones dedicadas a este trabajo como son: ministerios de salud de los Gobiernos, The New York Times y otras fuentes autorizadas. Para este trabajo se tomarán los datos proporcionados por la revista The Atlantic Montly con su proyecto The COVID Traking Project y también se utilizarán estadísticas presentadas por la enciclopedia libre colaborativa Wikipedia. Siendo estas dos fuentes las bastantes reconocidas en el manejo de estos datos. Para el 21 de febrero, 2021 se tiene un total de casos reportados a nivel mundial de **111.114.777** con **2.461.436** muertes lo que representa un **2.22 %** de mortalidad siendo los países más afectados:

Tabla 4

Top 10 de países con casos de COVID-19 a nivel mundial.

País	Número de casos confirmados	Número de muertes
USA	28.121.042	498.033
India	10.991.651	156.302
Brasil	10.139.148	245.977

País	Número de casos confirmados	Número de muertes
Reino Unido	4.105.675	120.365
Rusia	4.105.424	81.517
Francia	3.517.166	82.968
España	3.133.122	67.101
Italia	2.795.796	95.486
Turquía	2.631.876	27.983
Alemania	2.388.421	61.883

Nota. Tomado de Estadísticas COVID-19 publicado por Google News, con datos de The New York Times y JHU CSSE COVID-19 Data, tomado el 21 de febrero de 2021.

Como se puede observar en la figura 4 a nivel mundial la curva de contagios empieza a decrecer a partir del 2021 esto gracias a la llegada de las diferentes vacunas para el COVID-19, como se puede visualizar en la figura 4 el 16 de febrero se reportan un total de 192.266 casos nuevos a nivel mundial, un número menor al registrado semanas atrás pero que sigue siendo bastante alto.

Figura 4

Número de contagios diarios de COVID-19 reportados a nivel mundial.



Nota. Tomado de *Estadísticas sobre el coronavirus (COVID-19)*, ministerios de salud de los Gobiernos, The New York Times y otras fuentes autorizadas, 21 de febrero del 2021.

Métodos de detección de COVID-19

La Organización Mundial de la Salud establece que los síntomas habituales de una persona infectada de COVID-19 son la fiebre, el cansancio y la toz seca sin embargo estos síntomas no son los únicos que se conocen y es necesario realizar pruebas al paciente a fin de tener la certeza de que este está realmente contagiado de COVID-19 y así poder tomar las medidas adecuados para cada caso. Existe 2 tipos de pruebas para detectar COVID-19 las pruebas de detección de ARN viral y las pruebas de detección de anticuerpos.

Detección de ARN viral o prueba PCR

Es una prueba basada en la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), este método ayuda a encontrar fragmentos del material genético de algún patógeno. Las pruebas del tipo PCR ayudan a detectar el virus en forma temprana a partir de una muestra orofaríngea o nasofaríngea recogida con un hisopado. Esta prueba tiene una duración de al menos 2 horas hasta mostrar resultados confiables.

Pruebas de detección de anticuerpos

Este tipo de pruebas detectan los anticuerpos generados por el sistema inmune para detener el virus. Este tipo de pruebas a diferencia de las PCR no detectan el virus si no detectan la reacción inmune del cuerpo frente a la presencia del virus dentro de él. Este tipo de test únicamente necesitan una gota de sangre y se pueden obtener resultados a los 15 minutos de iniciada la prueba y su costo es más accesible que las de tipo PCR.

Dinero en efectivo

Se conoce como dinero en efectivo o efectivo a todo tipo de moneda o billete (papel moneda) que tiene un valor específico en el mercado y mediante el cual se pueden obtener bienes o servicios. Este efectivo se puede encontrar en muchas presentaciones y denominaciones dependiendo de la jurisdicción donde es utilizado. La moneda de curso legal está regulada y reglamentada por una entidad con potestad de acuñar y emitir esta moneda. El dinero en efectivo forma parte de lo que se conoce como la masa monetaria junto a los giros bancarios, cheques, remesas, divisas, metales preciosos amonedados, etc.

Uso de dinero en efectivo

El dinero en efectivo desempeña tres funciones principales que son:

- Su primera función es la de **medio de intercambio** o medio a través del cual se puede obtener cualquier tipo de bienes o servicios.
- Su segunda función es la de **unidad de contabilidad**, esto significa que puede subdividirse cuantas veces sea necesario a fin de poder representar cualquier tipo de bien o servicio.
- Su tercera función es la de **depósito de valor** es decir permite comprar a

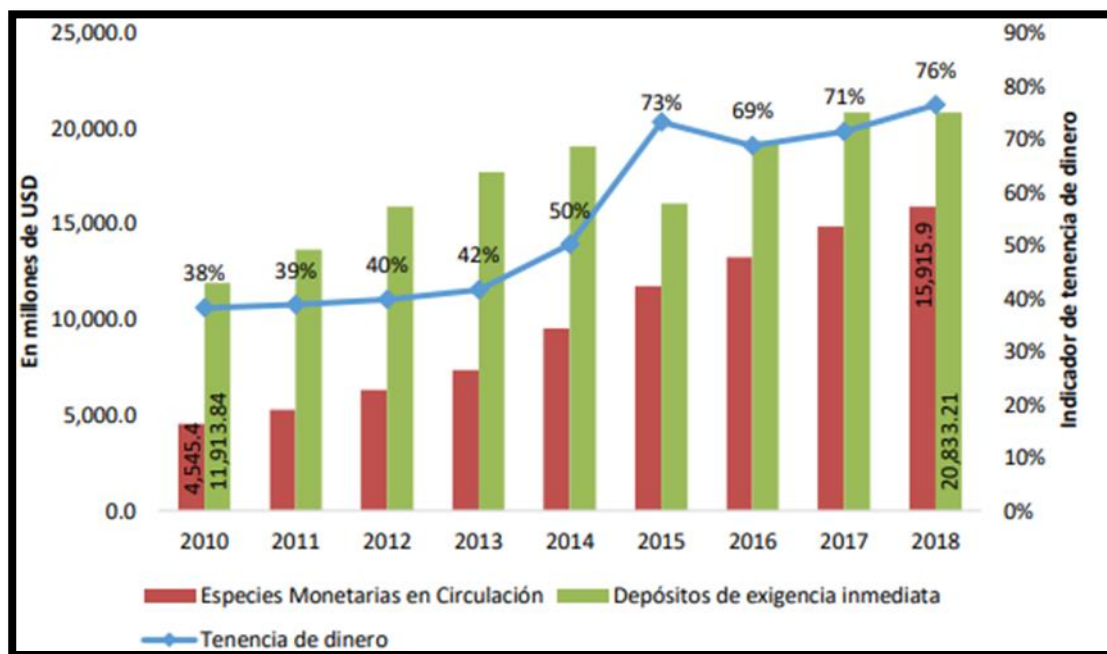
futuro, esto debido a su capacidad de mantenerse estable a lo largo del tiempo, esto habilita a quien posee un capital el día de hoy poder invertir ese dinero meses o años después.

El dinero en efectivo en el Ecuador

Según el Documento Estadístico de los Medios de Pago Electrónicos en el Ecuador realizado por la subgerencia de Servicios del Banco Central del Ecuador BCE presentado en el año 2019, las especies monetarias en circulación en el Ecuador alcanzaron los 15.915 millones de USD en el año 2018, en comparación con los depósitos de exigencia inmediata que llegaron a los 20.833 millones de USD. Sabiendo que las **especies monetarias en circulación** se refiere a billetes y monedas que se hallan en poder de los agentes económicos para realizar sus transacciones económicas, menos la moneda fraccionaria emitida por el BCE.

Figura 5

Indicador de tenencia de dinero en Ecuador Período 2010 – 2018



Nota. Tomado de *Documento Estadístico de los Medios de Pago Electrónicos en Ecuador*, Equipo Técnico – Dirección Nacional de Sistemas De Pago, 2020, Banco Central del Ecuador

Como se observa en la figura 5, la tenencia de dinero en efectivo respecto al dinero depositado en el sector financiero, pasó de representar el 38% en el año 2010 a ser el 76% en el año 2018. En este mismo periodo de tiempo, la cantidad estimada de efectivo en circulación pasó de los 4.545 millones de USD en el 2010 a 19.915 millones de USD en el año 2018.

Es importante mencionar que la preferencia de utilizar un medio de pago con dinero en efectivo frente a la preferencia de pago mediante un medio electrónico depende de algunos factores como son:

- El costo de oportunidad de mantener dinero en efectivo.
- El nivel de carga financiera que implica a los agentes decidir entre mantener o no su dinero en el sistema financiero.
- El grado de desarrollo de los servicios financieros que faciliten el acceso a la liquidez.
- Los medios de pago disponibles para que las transacciones sean realizadas por los agentes económicos
- El ritmo de actividad económica, entre otros. (Vera, 2007).

En lo referente a moneda fraccionaria en Banco Central del Ecuador ha emitido un total de 78.7 millones de USD desde el año 2000, monedas que están llegando al final de su vida útil por lo que el BCE se encuentra en proceso de acuñación a fin de reemplazarlas (El Telegrafo, 2020).

En el Ecuador legalmente circulan las monedas de dólar americanas y las

monedas de dólar ecuatorianas, estas comparten las mismas denominaciones pero difieren en los personajes representados en sus caras y lo referente a billetes únicamente circulan los de dólar americanos.

El dólar estadounidense que tiene por símbolo \$ y como código ISO **USD** es actualmente la moneda en curso oficial de la República del Ecuador que a partir del año 2000 dejó atrás su moneda nacional denominada sucre ecuatoriano, misma que estuvo en vigencia por 116 años. En lo que se refiere a monedas, en el Ecuador circulan cinco denominaciones distintas dependiendo las fracciones de dólar que representan. Se tienen:

- 1 centavo (penny)
- 5 centavos (nickel)
- 10 centavos (dime)
- 25 centavos (quarter)
- 50 centavos (half dollar)
- 1 dólar (dollar)

Como se mencionó anteriormente en el Ecuador también circulan legalmente los centavos de dólar ecuatorianos con las denominaciones de 1, 5, 10, 25 y 50 centavos. Todas estas monedas llevan en el reverso el valor numérico de la moneda junto con su valor escrito en idioma español y la leyenda del Banco Central del Ecuador, en el anverso de las monedas se encuentra el retrato de un personaje ilustre de la historia del país, el escudo nacional y la leyenda “República del Ecuador”, a excepción de la moneda de un centavo que en reemplazo de un retrato tiene grabado el mapa de América y las palabras “Ecuador, luz de América”.

En lo que se refiere a billetes en el Ecuador circulan en siete denominaciones













distintas con valores de 1 dólar, 2 dólares, 5 dólares, 10 dólares, 20 dólares, 50 dólares y 100 dólares todos estos controlados por la Reserva Federal de los Estados Unidos quien se encarga de acuñarlos y emitirlos.

Monedas oficiales del dólar estadounidense

Las monedas oficiales de dólar de los Estados Unidos producidas del 1972 hasta el 2020 son:

Tabla 5

Monedas oficiales de los Estados Unidos de Norteamérica.

Denominación	Anverso	Reverso	Retrato	Motivo del reverso	Peso	Diámetro	Material
Un centavo 1¢			Abraham Lincoln	Escudo de la Unión	2.50 gr.	19.05 mm	97.5% Zn 2.5% Cu
Cinco centavos 5¢			Thomas Jefferson	Monticello	5.00 gr.	21.21 mm	75% Cu 25% Ni
Diez centavos 10¢			Franklin D. Roosevelt	Rama de olivo, antorcha, rama de roble	2.27 gr.	17.91 mm	91.67% Cu 8.33% Ni
Cuarto de dólar 25¢			George Washington	Varios; cinco diseños por año	5.67 gr.	24.26 mm	91.67% Cu 8.33% Ni
Medio dólar 50¢			John F. Kennedy	Sello presidencial	11.34 gr.	30.61 mm	91.67% Cu 8.33% Ni
Un dólar \$1			Perfil de Sacagawea con su hijo.	Águila calva en vuelo (2000–2008), nuevo diseño cada año	8.10 g	26.50 mm	88.5% Cu 6% Zn 3.5% Mn 2% Ni

Nota. Tomado de la web oficial de la Reserva Federal USA

Centavos de dólar ecuatorianos

Los centavos de dólar ecuatorianos que circulan legalmente en el país son:

Tabla 6

Centavos de dólar ecuatorianos.

Denominación	Caras de la moneda	Retrato	Peso	Diámetro	Material
Un centavo 1¢		Mapa de América	2.52 gr.	19.05 mm	Latón depositado en acero
Cinco centavos 5¢		Juan Montalvo	5 gr.	21.21 mm	Níquel depositado en acero
Diez centavos 10¢		Eugenio Espejo	2.24 gr.	17.91 mm	Níquel depositado en acero
Cuarto de dólar 25¢		José Joaquín de Olmedo	5.65 gr.	24.26 mm	Níquel depositado en acero
Medio dólar 50¢		Eloy Alfaro	11.32 gr.	30.61 mm	Níquel depositado en acero

Nota. Tomado de la web oficial del Banco Central del Ecuador









Billetes oficiales del dólar estadounidense







La Reserva Federal de USA a partir del año 2003, puso en circulación una nueva serie de billetes en los cuales muestran imágenes de los símbolos nacionales de la libertad. Estos billetes se emitieron con las siguientes características:

- Billeto de veinte dólares \$20 emitido el 3 de octubre de 2003
- Billeto de cincuenta dólares \$50 emitido el 28 de septiembre de 2004.
- Billeto de diez dólares \$10 emitido el 2 de marzo del 2006.
- Billeto de \$5 dólares emitido el 13 de marzo de 2018.
- Billeto de \$100 dólares emitido el 8 de octubre de 2013.
- Billetes de uno y dos dólares \$1 y \$2 se han mantenido sin cambios desde sus emisiones 1928 - 1996.

Tabla 7

Billetes de dólar vigentes.

Valor	Anverso	Imagen	Reverso	Imagen
\$1	George Washington		Gran sello de los Estados Unidos	
\$2	Thomas Jefferson		Declaración de la independencia	
\$5	Abraham Lincoln		Monumento a Lincoln	
\$10	Alexander Hamilton		Departamento del Tesoro	







Valor	Anverso	Imagen	Reverso	Imagen
\$20	Andrew Jackson		Casa Blanca	
\$50	Ulysses S. Grant		Capitolio	
\$100	Benjamin Franklin		Independence Hall	





Nota. Tomado de la web oficial de la Reserva Federal USA

Es posible también encontrar billetes de la serie producida entre 1996 – 2006 mismos que fueron discontinuados, pero aún circulan algunos de sus ejemplare, estos billetes son:

Tabla 8

Billetes de dólar serie 1996-2006.

Valor	Anverso	Imagen	Reverso	Imagen
\$5	Abraham Lincoln		Monumento a Lincoln	
\$10	Alexander Hamilton		Departamento del Tesoro	
\$20	Andrew Jackson		Casa Blanca	

Valor	Anverso	Imagen	Reverso	Imagen
\$50	Ulysses S. Grant		Capitolio	
\$100	Benjamin Franklin		Independence Hall	

Nota. Tomado de la web oficial de la Reserva Federal USA

Capítulo III

Diseño de Hardware y Software

A fin de lograr los objetivos propuestos en este trabajo de investigación, y teniendo en cuenta toda la información detallada en el capítulo anterior el dispositivo a construir deberá cumplir con los siguientes parámetros de calidad:

1. Libre de botones, a fin de evitar que la manipulación del dispositivo sea una posible fuente de transmisión del virus por contacto.
2. Cumplir con las normativas establecidas para evitar que la luz UVC afecte a los usuario o medioambiente.
3. Cumplir normativas de equipos eléctricos de baja tensión para uso doméstico y comercial.
4. Cumplir normativas que rigen a máquinas de vending y máquinas tragamonedas.

Teniendo en cuenta todos estos parámetros se puede asegurar que el dispositivo es seguro y confiable, seguro porque no afecta a la salud del usuario y no expone o posibles riesgos, y confiable porque realiza correctamente las tareas para las cuales fue diseñado reduciendo al mínimo errores sobre todo cuando se trata de la manipulación e intercambio de dinero.

En este trabajo encontramos tres módulos a ser desarrollados estos son:

1. Sistema de desinfección.
2. Sistema electrónico.
3. Aplicación móvil.

Estos tres sistemas se desarrollan conjuntamente a fin de evitar contratiempos al unirlos y obtener el producto final. A continuación, se detalla cada uno a profundidad.

Sistema de desinfección

En el sistema de desinfección se encuentran los dispositivos necesarios para lograr una correcta desinfección de billetes y monedas que ingresen en el dispositivo. Forman parte de este sistema el conjunto de bombillas UVC, la fuente de alimentación para las bombillas UVC y la estructura del dispositivo, misma que será diseñada cuidadosamente para cumplir los parámetros de calidad expresados anteriormente.

Conjunto de bombillas UVC

En el mercado es posible encontrar una gran cantidad de bombillas capaces de irradiar luz UVC, cada tipo está diseñado para una actividad diferente, entre estas tenemos:

- Lámparas de baja presión
- Lámparas de media presión
- Tecnología LED

Las lámparas de baja presión son capaces de generar longitudes de onda de 253,7 nm, y es el tipo más común de lámparas germicidas, están hechas de cristal de cuarzo y generan luz gracias a un arco de mercurio. Este tipo de lámparas germicidas también producen una pequeña cantidad de luz visible esto se debe a que el mercurio también radia en pequeña cantidad en otras bandas. Por estas propiedades y por ser las más fáciles de conseguir en el mercado es que se utilizarán en el dispositivo para realizar la desinfección UVC.

Estas luces se aplicarán en ambas caras de toda moneda o billete que ingrese en el dispositivo por un periodo de 30 minutos a fin de asegurar una completa desinfección según la teoría ya expuesta en el capítulo segundo de este documento. La potencia a aplicar será de 3 Watts por bombilla, se instalará un conjunto de cuatro bombillas

esterilizantes UVC de las cuales dos estarán destinadas a da esterilización UVC de monedas y 2 estarán destinadas a la esterilización UVC de billetes.

A continuación, se detallan las características de las bombillas UVC a ser utilizadas en el dispositivo.

Tabla 9

Características de las bombillas UVC del dispositivo

Característica	Detalles
Marca	XBOCMY
Modelo	CM020
Longitud de onda	253.7 nm
Potencia	3 W
Voltaje	12 V DC
Base	E17 (tornillo intermedio)
Peso	0.81 oz
Dimensiones	2 x 0.7 x 0.7 in

Nota. Tomado de la tienda en línea de Baiwei Lighting, distribuidor oficial para América del Norte.

Como se observa en la tabla anterior, la longitud de onda producida por estas bombillas es de 253.7nm que se encuentra en los 200 y 280 nm, rango de luces UVC germicidas, longitud de onda adecuada para el trabajo de sanitización que se pretende realizar (Briones Cando Natali, 2020), además su bajo consumo de potencia las hace perfectas para el uso dentro de hogares y negocios pequeños. Estas bombillas se adaptan en bases de tornillo intermedio o E17 lo que hace muy simple su reemplazo ya que son de las más fáciles de conseguir en el mercado y finalmente sus dimensiones

pequeñas y poco peso facilitan su ubicación dentro del equipo de sanitización de manera que se pueda reducir el tamaño del mismo y hacerlo más eficiente. En la figura 6 se puede observar a mayor detalle estas bombillas de desinfección UVC.

Figura 6

Bombillas UVC XBOCMY modelo CM020



Fuente de alimentación para bombillas UVC

A fin de alimentar las bombillas de desinfección UVC se necesita incorporar un convertidor que sea capaz de tomar la energía de la red pública es decir 120 V AC a 60 Hz y convertirla en 12 V DC, construir un convertidor es bastante sencillo, pero actualmente en el mercado se encuentran convertidores muy baratos y que cuentan con certificaciones internacionales que avalan su correcto desempeño y seguridad. Un convertidor consta de 4 etapas y estas son:

- **Transformador:** es un elemento eléctrico cuya función es aumentar o disminuir el voltaje a la salida manteniendo la potencia de entrada, para

nuestro caso en nuestro caso particular requeriremos de un transformador de 120V AC a 12 V DC.

- **Rectificador:** es un dispositivo electrónico cuya finalidad es convertir la corriente alterna en corriente continua, esto se logra mediante diodos rectificadores.
- **Filtro:** luego de la rectificación la señal posee unos rizados generados tras el proceso de rectificación, por lo tanto, es necesario filtrarla a fin de eliminar estos rizados.
- **Regulador:** mediante el regulador se logra generar una señal de salida completamente estable.

Para elegir un convertidor no únicamente es necesario revisar el precio, también es importante conocer el fabricante y cerciorarse que el dispositivo cuente con elementos de seguridad como son envolturas protectoras y cinta aislante. En el Ecuador no hay un ente que certifique obligatoriamente este tipo de productos, pero la mayor parte de estos ya vienen certificados por organismos del extranjero mismos que avalan su desempeño y seguridad al momento de trabajar.

Estructura del dispositivo

La estructura del dispositivo es parte fundamental dentro del proceso de desinfección ya que será la encargada de evitar que la radiación UVC salga del dispositivo y pueda causar daños en los usuarios o el ecosistema y al mismo tiempo será la encargada de que todo el dinero en efectivo que ingrese al dispositivo sea irradiado por las luces UVC correctamente durante 30 minutos en la totalidad de su cuerpo.

El material seleccionado para este fin será el acrílico, ya que posee propiedades que ningún otro material puede proporcionar y que son inmensamente deseables en este

proyecto. Hay que tener en cuenta que El acrílico es un material bastante común por la cantidad de aplicaciones que tiene en el hogar, en la industria y en la construcción. Entre sus principales características se tiene su transparencia que puede modificarse según la necesidad, la alta resistencia a impactos y su capacidad de resistir altas temperaturas.

Entre las propiedades del acrílico encontramos:

- Rango de temperaturas: -100 °C hasta 87 °C
- Índice de transmisión lumínica: 88% ± 1%
- Coeficiente de fricción: 0.31

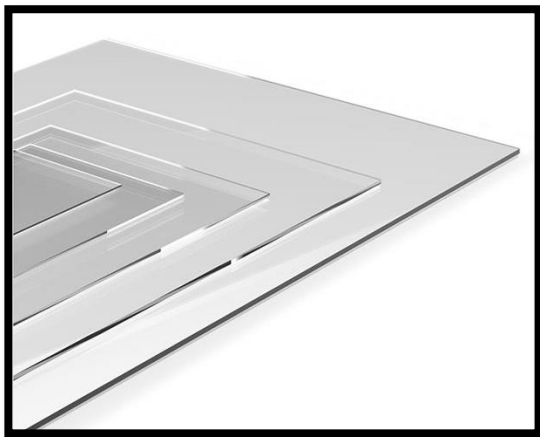
Entre las ventajas de usar el acrílico en este proyecto se tiene:

- **Alta resistencia al impacto:** bastante deseable al trabajar con monedas en movimiento
- **Gran transparencia:** permite el paso de los rayos UVC, no crea sombras.
- **Resistencia y rigidez elevada:** proporciona una base sólida para los componentes del dispositivo.
- **Elevada resistencia a la deformación térmica:** las temperaturas generadas por las luces UVC no dañan el material.
- **Buenas propiedades de aislamiento eléctrico:** proporciona seguridad en el dispositivo aislando los componentes eléctricos y electrónicos.
- **Elevada resistencia a la intemperie:** resistencia contra la prologada exposición a la luz ultravioleta.

Como se mencionó anteriormente, el acrílico transparente que se utilizará dentro de la estructura del dispositivo y se observa en la figura 7 permite el libre paso de la luz UVC, pero al mismo tiempo no se degrada por su contante exposición.

Figura 7

Láminas de acrílico transparente



Mientras que para el exterior se pueden aplicar acrílico opaco que se observa en la figura 8 no permite el paso de la luz incluidas las radiaciones UVC y que junto con películas de protección UV brindan la seguridad necesaria para el usuario y el medio ambiente.

Figura 8

Láminas de acrílico opaco



Sistema electrónico

El sistema electrónico incluye todos los dispositivos electrónicos que contribuirán al cobro de dinero en efectivo y entrega de cambio, así como los dispositivos de control y señalización del proceso y dispositivos para el transporte y correcto almacenaje del dinero en efectivo receptado por el dispositivo. Aquí tenemos:

- Aceptor de billetes
- Aceptor de monedas
- Microcontrolador
- Display LCD
- Stack de monedas
- Mecanismo de transporte de monedas

Aceptor de billetes

Un aceptor de billetes es un dispositivo capaz de recibir, validar e identificar billetes de distintas denominaciones de manera precisa y autónoma, en el mercado se encuentra una gran cantidad de aceptadores de billetes cada uno diseñado para un propósito específico, para este proyecto se necesita un validador que trabaje con billetes de dólar americano de las denominaciones que se encuentran en circulación. Además, debido a que el dispositivo va a ser utilizado siempre junto a la persona que cobra y la que paga, el aceptor de billetes no necesita los sistemas de seguridad más complejos mismos que encarecen su precio.

Luego de una investigación en el mercado de todo tipo de aceptadores de billetes se seleccionó el BV20 Bill Acceptor de Innovative Technology Ltd. Este aceptor de billetes solventa todas las necesidades que propone el proyecto de investigación

realizado adicionalmente tiene una relación calidad precio muy superior a todas las opciones encontradas en el mercado. El BV20 es un aceptador de billetes compacto, liviano e ideal para aplicaciones de vending con productos de bajo costo, en la figura 9 se puede observar el producto.

Figura 9

BV20 Bill Acceptor de Innovative Technology Ltd.



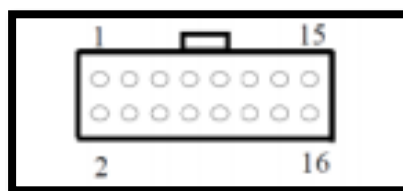
Entre las principales características de este dispositivo tenemos la cantidad de protocolos e interfaces de comunicación con las cuales se puede trabajar, esta característica lo vuelve un producto versátil ya que al tener protocolos variados se puede elegir uno que simplifique el trabajo y que aumente la eficacia del dispositivo a ser diseñado, así como la velocidad de procesamiento y trabajo. Entre los protocolos con los cuales trabaja este dispositivo tenemos:

Protocolo SSP y eSSP

El Protocolo Seguro Smiley SSP (Smiley® Secure Protocol) y el Protocolo Seguro Smiley Encriptado eSSP (Encrypted Smiley® Secure Protocol) son interfaces que han sido diseñadas por la empresa que fabrica el producto Innovative Technology Ltd. Estas interfases han sido probadas en el campo a fin de resolver problemas de la industria sobre todo los problemas más habituales en máquinas de juego. En la figura 10 se puede observar la asignación de pines y la descripción de cada uno.

Figura 10

Distribución de pines para el protocolo SSP y eSSP en el validador de billetes BV20.



Nota. Tomado de *User Manual BV20*, 2018, Innovative Techonology Ltd.

Tabla 10

Asignación de pines para el protocolo SSP y eSSP en el validador de billetes BV20.

Pin	Nombre	Tipo	Descripción
1	Vend 1	Salida	Salida serial de datos (Tx)
2	Vend 2	Salida	Acceso de datos DA3
3	Vend 3	Salida	No usado
4	Vend 4	Salida	No usado
5	Inhibit 1	Entrada	Entrada serial de datos (Rx)
6	Inhibit 2	Entrada	No usado

Pin	Nombre	Tipo	Descripción
7	Inhibit 3	Entrada	No usado
8	Inhibit 4	Entrada	No usado
9	Busy	Salida	No usado
10	Escrow	Entrada	No usado
11	Solo para uso del fabricante	n/a	Solo para uso del fabricante
12	Solo para uso del fabricante	n/a	Solo para uso del fabricante
13	Solo para uso del fabricante	n/a	Solo para uso del fabricante
14	Solo para uso del fabricante	n/a	Solo para uso del fabricante
15	+ Vin	Energía	Fuente + 12 VDC
16	0 V	Energía	Fuente 0V (GND)

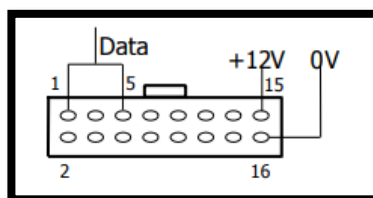
Nota. Tomado de *User Manual BV20*, 2018, Innovative Techonology Ltd.

Protocolo ccTalk

El protocolo ccTalk® es un protocolo de comunicación en serie diseñado por Money Controls para permitir la comunicación entre un host y un periférico mediante tres cables y hacer el manejo de este mucho más efectivo. En la figura 11 se puede observar la asignación de pines y la descripción de cada uno.

Figura 11

Distribución de pines para el protocolo ccTalk en el validador de billetes BV20.



Nota. Tomado de *User Manual BV20*, 2018, Innovative Techonology Ltd.

Tabla 11

Asignación de pines para el protocolo ccTalk en el validador de billetes BV20

Pin	Nombre	Tipo	Descripción
1	Vend 1	Salida	Datos seriales (unido al pin 5)
2	Vend 2	Salida	Acceso de datos DA3
3	Vend 3	Salida	No usado
4	Vend 4	Salida	No usado
5	Inhibit 1	Entrada	Datos seriales (unido al pin 1)
6	Inhibit 2	Entrada	No usado
7	Inhibit 3	Entrada	No usado
8	Inhibit 4	Entrada	No usado
9	Busy	Salida	No usado
10	Escrow	Entrada	No usado
11	Solo para uso del fabricante	n/a	No usado
12	Solo para uso del fabricante	n/a	No usado
13	Solo para uso del fabricante	n/a	No usado
14	Solo para uso del fabricante	n/a	No conectado
15	+ Vin	Energía	Fuente + 12 VDC
16	0 V	Energía	Fuente 0V (GND)

Nota. Tomado de User Manual BV20, 2018, Innovative Techonology Ltd.

Protocolo SIO y SI2

El protocolo serial Entrada/Salida (Input/Output), es un protocolo serial muy básico y de bajo nivel ya que en este protocolo no existe una repetición de mensajes en caso de ser necesaria. Existen 4 diferentes variantes de este protocolo disponibles y estas son:

- SIO 300 Baud
- SIO 300 Baud (Deshabilitado al inicio), para habilitarlo se debe enviar un mensaje por software.
- SIO 9600 Baud
- SIO 9600 Baud (Deshabilitado al inicio), para habilitarlo se debe enviar un mensaje por software.

El formato de los datos de acuerdo a la tasa de baudios se muestra en la tabla a continuación:

Tabla 12

Formato de datos de acuerdo a la tasa de baudios en el protocolo SIO del validador de billetes BV20.

Tasa de baudios	Bits de inicio	Bits de datos	Bits de parada
300	1	8	2
9600	1	8	1

Nota. Tomado de User Manual BV20, 2018, Innovative Techonology Ltd.

Al configurar el validador de billetes BV20 con este protocolo se tendrán una lista de códigos de eventos, mismos que se encuentran en las tablas que se muestra a continuación:

Tabla 13

Códigos conocidos para el receptor BV20.

Mensaje	Valor decimal
Inhibir C1	131

Mensaje	Valor decimal
Inhibir C2	132
Inhibir C3	133
Inhibir C4	134
Inhibir C5	135
Inhibir C6	136
Inhibir C7	137
Inhibir C8	138
Inhibir C9	139
Inhibir C10	140
Inhibir C11	141
Inhibir C12	142
Inhibir C13	143
Inhibir C14	144
Inhibir C15	145
Inhibir C16	146
Desinhibir C1	151
Desinhibir C2	152
Desinhibir C3	153
Desinhibir C4	154
Desinhibir C5	155
Desinhibir C6	156
Desinhibir C7	157
Desinhibir C8	158

Mensaje	Valor decimal
Desinhibir C9	159
Desinhibir C10	160
Desinhibir C11	161
Desinhibir C12	162
Desinhibir C13	163
Desinhibir C14	164
Desinhibir C15	165
Desinhibir C16	166
Habilitar el modo serial escrow	170
Deshabilitar el modo serial escrow	171
Aceptar escrow	172
Rechazar escrow	173
Estado	182
Habilitar todo	184
Deshabilitar todo	185
Deshabilitar escrow timeout	190
Habilitar escrow timeout	191

Nota. Tomado de User Manual BV20, 2018, Innovative Techonology Ltd.

Tabla 14

Códigos transmitidos por el BV20.

Mensaje	Valor decimal
Billete aceptado en C1	1

Mensaje	Valor decimal
Billete aceptado en C2	2
Billete aceptado en C3	3
Billete aceptado en C4	4
Billete aceptado en C5	5
Billete aceptado en C6	6
Billete aceptado en C7	7
Billete aceptado en C8	8
Billete aceptado en C9	9
Billete aceptado en C10	10
Billete aceptado en C11	11
Billete aceptado en C12	12
Billete aceptado en C13	13
Billete aceptado en C14	14
Billete aceptado en C15	15
Billete aceptado en C16	16
Billete no registrado	20
Mecanismo corriendo lento	30
Intento de entrada	40
Billete rechazado (canal de fraude)	50
Stacker Lleno o atascado	60
Abortar durante en Escrow	70
Es posible que se haya tomado billete para despejar un atasco	80

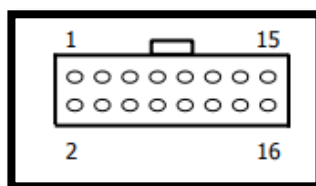
Mensaje	Valor decimal
Validador ocupado	120
Validador no ocupado	121
Error de comando	255

Nota. Tomado de User Manual BV20, 2018, Innovative Techonology Ltd.

En la figura 12 se puede observar la distribución de pines y la descripción de cada uno para este protocolo.

Figura 12

Distribución de pines para el protocolo SIO y SI2 en el validador de billetes BV20.



Nota. Tomado de User Manual BV20, 2018, Innovative Techonology Ltd.

Tabla 15

Asignación de pines para el protocolo SIO y SI2 en el validador de billetes BV20.

Pin	Nombre	Tipo	Descripción
1	Vend 1	Salida	Salida serial de datos (Tx)
2	Vend 2	Salida	No usado
3	Vend 3	Salida	No usado
4	Vend 4	Salida	No usado
5	Inhibit 1	Entrada	Entrada serial de datos (Rx)

Pin	Nombre	Tipo	Descripción
6	Inhibit 2	Entrada	No usado
7	Inhibit 3	Entrada	No usado
8	Inhibit 4	Entrada	No usado
9	Busy	Salida	No usado
10	Escrow	Entrada	No usado
11	Solo para uso del fabricante	n/a	No conectado
12	Solo para uso del fabricante	n/a	No conectado
13	Solo para uso del fabricante	n/a	No conectado
14	Solo para uso del fabricante	n/a	No conectado
15	+ Vin	Energía	Fuente + 12 VDC
16	0 V	Energía	Fuente 0V (GND)

Nota. Tomado de *User Manual BV20*, 2018, Innovative Technology Ltd.

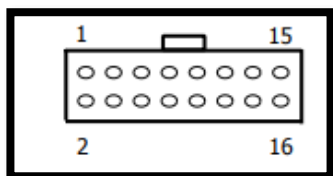
Protocolo MDB

El protocolo MDB (Multi-Drop Bus) es el protocolo que más se utiliza en la industria del vending y ahora es un estándar abierto en la NAMA (National Automatic Merchandising Association) creado con el fin de que todas las máquinas expendedoras y equipos periféricos se comuniquen de forma idéntica. MDB usa un modelo maestro-esclavo donde el VMC (Vending Mechanism Controller) es el maestro que puede comunicarse con hasta 32 esclavos

En la figura 13 se puede observar la distribución de pines y la descripción de cada uno para este protocolo.

Figura 13

Distribución de pines para el protocolo MDB en el validador de billetes BV20.



Nota. Tomado de *User Manual BV20*, 2018, Innovative Techonology Ltd.

Tabla 16

Asignación de pines para el protocolo MDB en el validador de billetes BV20.

Pin	Nombre	Tipo	Descripción
1	Vend 1	Salida	Salida serial de datos (Tx)
2	Vend 2	Salida	No usado
3	Vend 3	Salida	No usado
4	Vend 4	Salida	No usado
5	Inhibit 1	Entrada	Entrada serial de datos (Rx)
6	Inhibit 2	Entrada	No usado
7	Inhibit 3	Entrada	No usado
8	Inhibit 4	Entrada	No usado
9	Busy	Salida	No usado
10	Escrow	Entrada	No usado
11	Solo para uso	n/a	No conectado

Pin	Nombre	Tipo	Descripción
	del fabricante		
12	Solo para uso	n/a	No conectado
	del fabricante		
13	Solo para uso	n/a	No conectado
	del fabricante		
14	Solo para uso	n/a	No conectado
	del fabricante		
15	+ Vin	Energía	Fuente + 12 VDC
16	0 V	Energía	Fuente 0V (GND)

Nota. Tomado de *User Manual BV20*, 2018, Innovative Techonology Ltd.

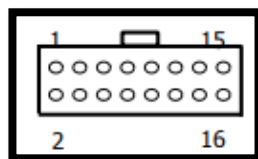
Protocolo Paralelo

El protocolo paralelo es una interfaz de salida de cuatro vías. Los cuatro primeros canales tienen su propia salida individual lo que significa que únicamente un máximo de cuatro canales puede ser usados. Si un billete es reconocido, la línea de venta relevante se pone en bajo por un periodo de 100 ± 3 ms. Cualquier pulso fuera de estos límites debe rechazarse como medida de precaución contra una falsa activación.

En la figura 14 se puede observar la distribución de pines y la descripción de cada uno para este protocolo.

Figura 14

Distribución de pines para el protocolo paralelo en el validador de billetes BV20.



Nota. Tomado de *User Manual BV20*, 2018, Innovative Techonology Ltd.

Tabla 17

Asignación de pines para el protocolo paralelo en el validador de billetes BV20.

Pin	Nombre	Tipo	Descripción
1	Vend 1	Salida	Canal de crédito de salida 1
2	Vend 2	Salida	Canal de crédito de salida 2
3	Vend 3	Salida	Canal de crédito de salida 3
4	Vend 4	Salida	Canal de crédito de salida 4
5	Inhibit 1	Entrada	Inhibir canal de entrada 1 mantener High, mantener en Low para habilitar
6	Inhibit 2	Entrada	Inhibir canal de entrada 2 mantener High, mantener en Low para habilitar
7	Inhibit 3	Entrada	Inhibir canal de entrada 3 mantener High, mantener en Low para habilitar
8	Inhibit 4	Entrada	Inhibir canal de entrada 4 mantener High, mantener en Low para habilitar
9	Busy	Salida	Señal de salida ocupada. Activa Low cuando en BV20 está transportando, leyendo o guardando un billete

Pin	Nombre	Tipo	Descripción
10	Escrow	Entrada	Control de entrada de Escrow. Activar la función de escrow manteniendo en Low
11	Solo para uso del fabricante		No conectado
12	Solo para uso del fabricante		No conectado
13	Solo para uso del fabricante		No conectado
14	Solo para uso del fabricante		No conectado
15	+ Vin	Energía	Fuente + 12 VDC
16	0 V	Energía	Fuente 0V (GND)

Nota. Tomado de User Manual BV20, 2018, Innovative Techonology Ltd.

Protocolo Binario

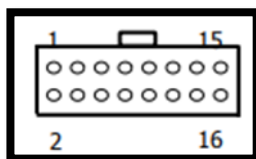
En el caso de que la máquina necesite reconocer más de cuatro denominaciones, pero la máquina host no puede tomar ventaja del método de comunicación serial entonces el BV20 se puede configurar de forma que transmita un patrón binario por medio de los cuatro pines paralelos.

Protocolo Pulso

El protocolo por pulsos se puede utilizar para aceptar hasta dieciséis canales. Cuando un billete se reconoce por el validador, este enviará el número de pulsos preestablecidos para dicho billete. Este número de pulsos se puede configurar a conveniencia.

Figura 15

15 Distribución de pines para el protocolo de pulsos en el validador de billetes BV20.



Nota. Tomado de *User Manual BV20*, 2018, Innovative Techonology Ltd.

Tabla 18

Asignación de pines para el protocolo de pulsos en el validador de billetes BV20.

Pin	Nombre	Tipo	Descripción
1	Vend 1	Salida	Stream de pulso de salida
2	Vend 2	Salida	No usado
3	Vend 3	Salida	No usado
4	Vend 4	Salida	No usado
5	Inhibit 1	Entrada	Inhibir entrada del canal 1
6	Inhibit 2	Entrada	Inhibir entrada del canal 2
7	Inhibit 3	Entrada	Inhibir entrada del canal 3
8	Inhibit 4	Entrada	Inhibir entrada del canal 4
9	Busy	Salida	Señal de salida de ocupado
10	Escrow	Entrada	No usado
11	Solo para uso del fabricante	n/a	No usado
12	Solo para uso del fabricante	n/a	No usado
13	Solo para uso del fabricante	n/a	No usado
14	Solo para uso del fabricante	n/a	No conectado
15	+ Vin	Energía	Fuente + 12 VDC

Pin	Nombre	Tipo	Descripción
16	0 V	Energía	Fuente 0V (GND)

Nota. Tomado de *User Manual BV20*, 2018, Innovative Techonology Ltd.

Aceptador de monedas

Para este proyecto se utiliza un aceptador validador de monedas de la marca Blee, este dispositivo es capaz de identificar cada tipo de moneda previamente guardada en base a sus propiedades físicas como son el peso, diámetro y espesor. Como se especificó en el capítulo anterior todas las monedas en curso legal dentro del Ecuador tienen propiedades físicas únicas que las hacen diferentes al resto de monedas, este tipo de validadores utilizan estas características para diferenciar entre cada tipo de moneda. Funciona con una entrada de 12 V de corriente directa y su salida es en base a protocolo serial.

Figura 16

Aceptador validador de monedas de la marca Blee



Microcontrolador

Para este proyecto se utilizó un Arduino Mega, Arduino es una compañía bastante conocida en el mercado electrónico ya que se dedica al desarrollo de hardware y software del tipo open source o de código abierta es decir su código fuente y otros derechos exclusivos de su producto han sido publicados bajo licencia a fin de que la comunidad que los utiliza e interactúa con ellos pueda manipularlos libremente y a su conveniencia.

El Arduino Mega es la placa desarrollada por la empresa Arduino que posee el microcontrolador más potente ATmega2560 de los que maneja esta empresa para sus placas, esta placa incluye 54 pines destinados a entradas o salidas digitales, 16 pines destinados a entradas analógicas, un cristal oscilador regulado a una frecuencia de 16 MHz, en la tabla se observan más especificaciones de esta placa:

Tabla 19

Principales características de la placa Arduino Mega.

Característica	Especificación
Microcontrolador	ATmega 2560
Voltaje de operación	5V
Voltaje de entrada	7V – 12V
Voltajes límites de entrada	6V – 20V
Pines E/S digitales	54
Pines E/S digitales con salida PWM	15
Pines de entrada analógica	16
Corriente DC pines E/S	40 mA
Corriente DC de salida en el pin de 3.3 V	50 mA
Memoria Flash	256 KB

Característica	Especificación
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Frecuencia del reloj	16 MHz

Nota. Tomado de la página web oficial de Arduino.

Stack de monedas

Se llama Stack de monedas al sistema diseñado para contener las monedas a ser entregadas como cambio luego de cualquier transacción realizada mediante el dispositivo de corbo y sanitización, este Stack de monedas también consta del sistema de servomotores capaz de empujar las monedas que serán entregadas como cambio. El Stack de monedas está diseñado para contener cuatro denominaciones distintas de monedas siendo estas:

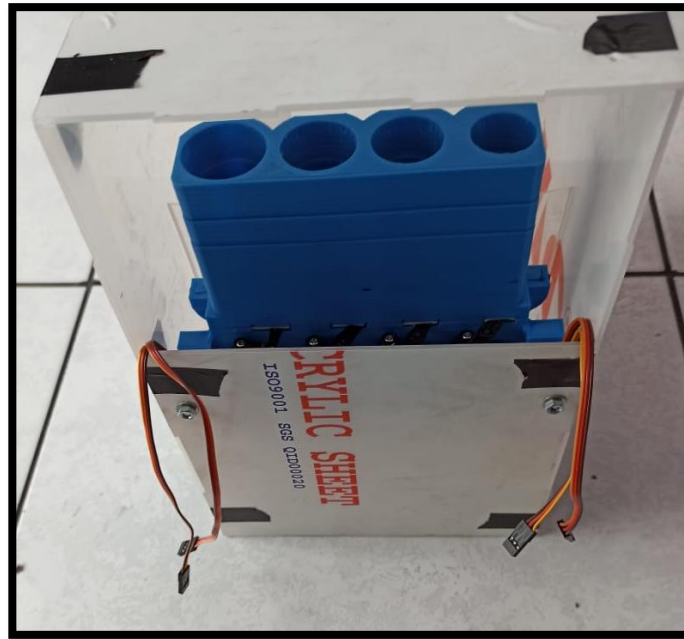
- 5 centavos
- 25 centavos
- 50 centavos
- 1 dólar

Estos valores se seleccionaron tomando en cuenta las recomendaciones que se tienen establecidas para máquinas de vending donde se señala que se evite utilizar monedas de tamaños muy pequeños como son las de un centavo y las de diez centavos en sistemas que no son de gama alta y cuyos costos son bastante elevados. Al ser el dispositivo diseñado de bajo presupuesto se acató esta normativa y no se entregan cambio con monedas de uno y diez centavos, las monedas de diez centavos se pueden sustituir por dos monedas de cinco centavos mientras que las de un centavo ya casi no se utilizan en transacciones comerciales salvo ciertos casos puntuales.

Para el diseño del Stack de monedas se tomaron las medidas de las cuatro diferentes denominaciones a ser consideradas y se diseñó un contenedor que posteriormente se lo imprimió mediante una máquina de impresión 3D, a esto se le adjuntaron cuatro servomotores que son los encargados de empujar las monedas fuera del dispositivo y que de esta forma en cliente reciba el cambio luego de pagar su compra, es sistema diseñado se puede apreciar a continuación en la figura 17.

Figura 17

Stack de monedas y conjunto de servomotores para entrega de cambio.



A fin de evitar errores en este sistema se tuvieron que desarrollar varios prototipos hasta encontrar uno que fuese seguro y que no fallara en la cantidad de monedas entregadas es decir que entregue justo la cantidad de monedas calculadas por el programa en cada una de las denominaciones ya que si entregase más monedas resultaría en un perjuicio para el vendedor y si entregase menos monedas sería un perjuicio para el comprador.

Se utilizó una estructura impresa en 3D debido a la facilidad de diseño que presta esta técnica así se logra un diseño más exacto y el costo es bastante bajo en comparación a otras alternativas en el mercado. También es importante resaltar que todas las monedas que se inserten en este sistema para luego ser entregadas como cambio deben estar previamente desinfectadas de otra forma no tendrá sentido en diseño del mismo. Se pueden utilizar las mismas monedas previamente sanitizadas para llenar el Stack de esa forma se tiene la seguridad de que no hay fallas en el proceso de aceptación, sanitización y entrega de monedas.

Mecanismo de transporte de monedas

El mecanismo de transporte de monedas es el encargado de que las monedas ingresadas a través del aceptador de monedas o coin acceptor pasen desde la salida del mismo hacia el depósito de monedas sanitizadas, este proceso como se explicó anteriormente es de suma importancia ya que es aquí donde se le aplicará luz UVC a cada una de las monedas por ambos lados de la misma a fin de eliminar cualquier posible carga de virus sobre la superficie de las monedas ingresadas en el sistema.

Este proceso consta de tres etapas y estas etapas son:

- Contenedor de espera
- Contenedor de sanitización
- Contenedor de salida

El contenedor de espera tiene como función recolectar un grupo de monedas durante un tiempo de diez minutos a partir del ingreso de la primera moneda, durante estos diez minutos toda moneda ingresada en el sistema se mantendrá a la espera de continuar con la siguiente etapa del proceso, pero para mejorar los resultados durante

esta etapa ya se iniciará a irradiarlas con luz UVC aumento el tiempo que las monedas se encuentran expuestas.

El contenedor de sanitización es el segundo paso del proceso y es aquí donde llegan las monedas una vez terminen su estancia en el contenedor de espera, su tiempo en este contenedor será de 30 minutos asegurando que las monedas sean sanitizadas correctamente, este contenedor no tendrá cubierta en la parte superior y en la base estará hecho con acrílico transparente a fin de que las monedas que se encuentran en el sean irradiadas por la luz UVC por ambos lados y toda la moneda sea correctamente sanitada.

Para finalizar se tiene el contenedor de salida que es donde se almacenan las monedas previamente sanitizadas este contenedor al igual que los dos anteriores también será irradiado por luz UVC, pero en una cantidad mucho menor ya que el proceso necesario para Sanitizar las monedas ya ha concluido. En la figura 18 y figura 19 se observa este sistema descrito:

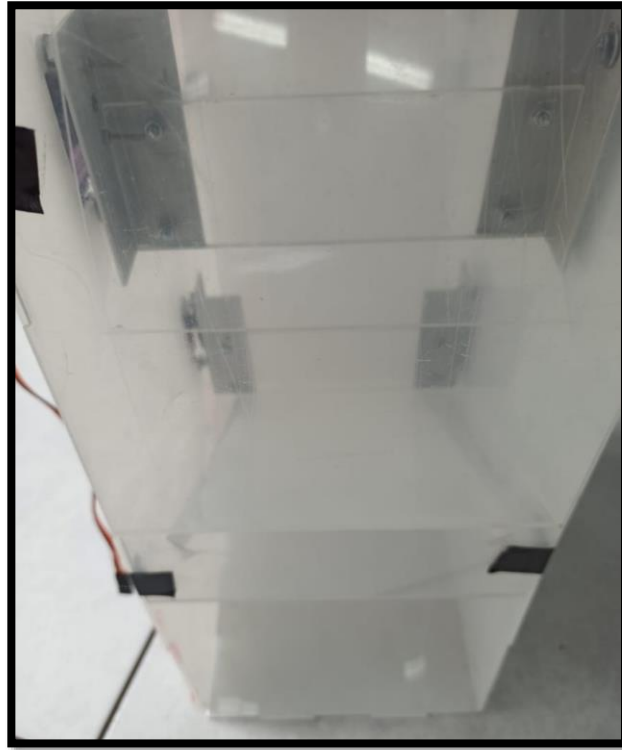
Figura 18

Mecanismo de transporte de monedas vista superior.



Figura 19

Mecanismo de transporte de monedas, vista posterior



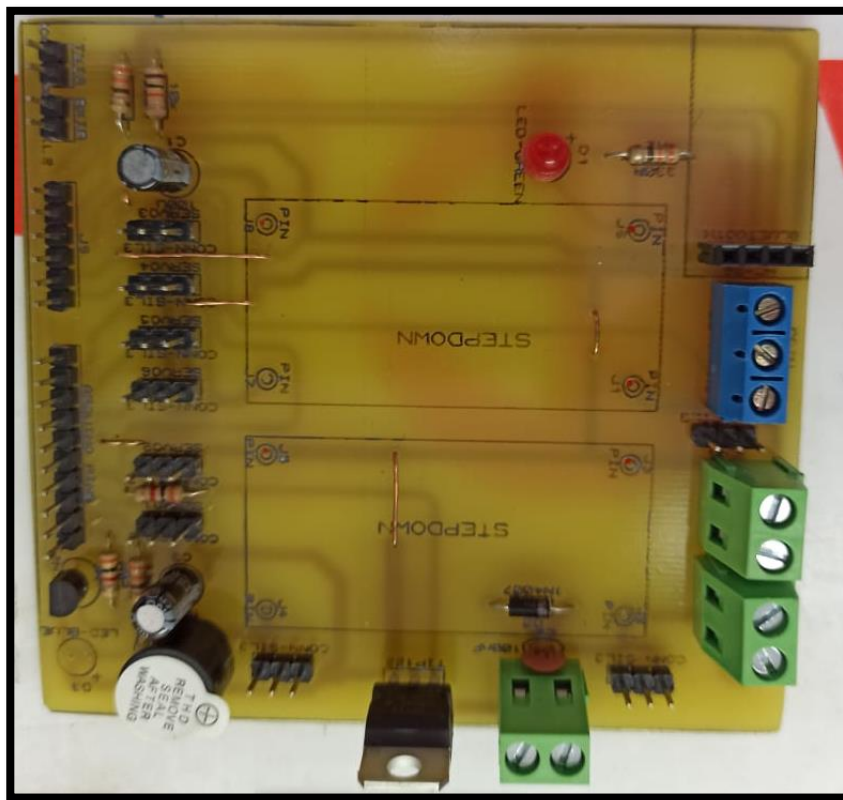
Los dos primeros contenedores el de espera y el de sanitización están contruidos con un desnivel de -45 grados y cada uno tiene una compuerta unida a un servomotor, esto a fin de que cuando el tiempo establecido llegue a su fin la compuerta se abra y gracias al desnivel las monedas caigan al siguiente contenedor y continúe su proceso de sanitización.

Placa del circuito

A fin de facilitar la interconexión de todas las partes que conforman el dispositivo se diseñó una placa PCB la misma que además simplificará las tareas de pruebas y de mantenimiento del dispositivo. En la figura 20 podemos observar esta placa del circuito:

Figura 20

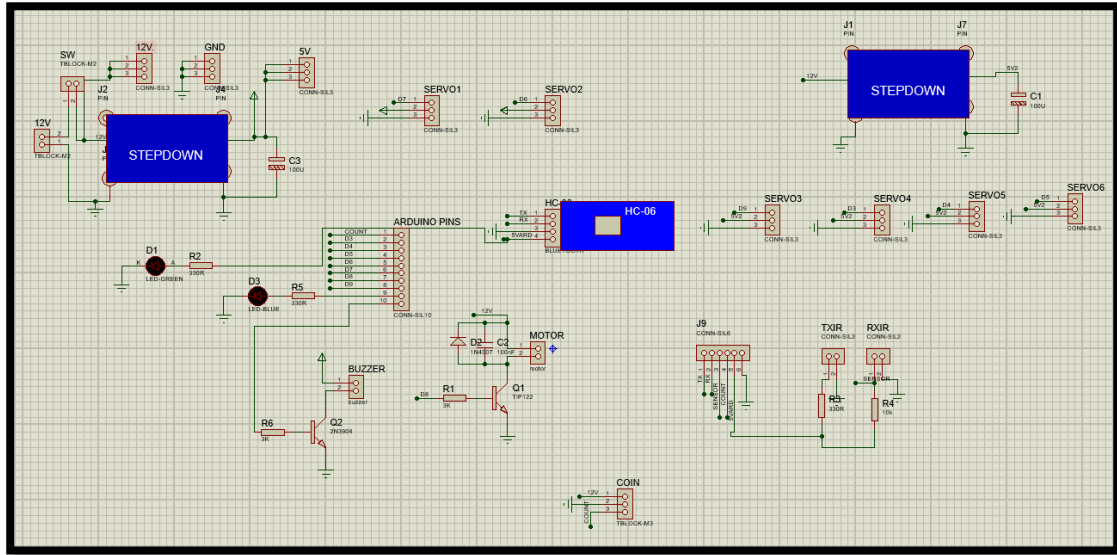
Placa del circuito utilizada en el dispositivo.



Para realizar esta placa se utilizó el software de automatización de diseño electrónico Proteus Design Suite, desarrollado por Labcenter Electronics Ltd. Es una herramienta que simplifica el trabajo de diseño y apoya a mejorar el mismo gracias a su función de análisis y optimización de distribución de pistas sobre la placa. En la figura 21 se muestra la simulación realizada sobre este programa con todos los elementos necesarios para su correcto funcionamiento:

Figura 21

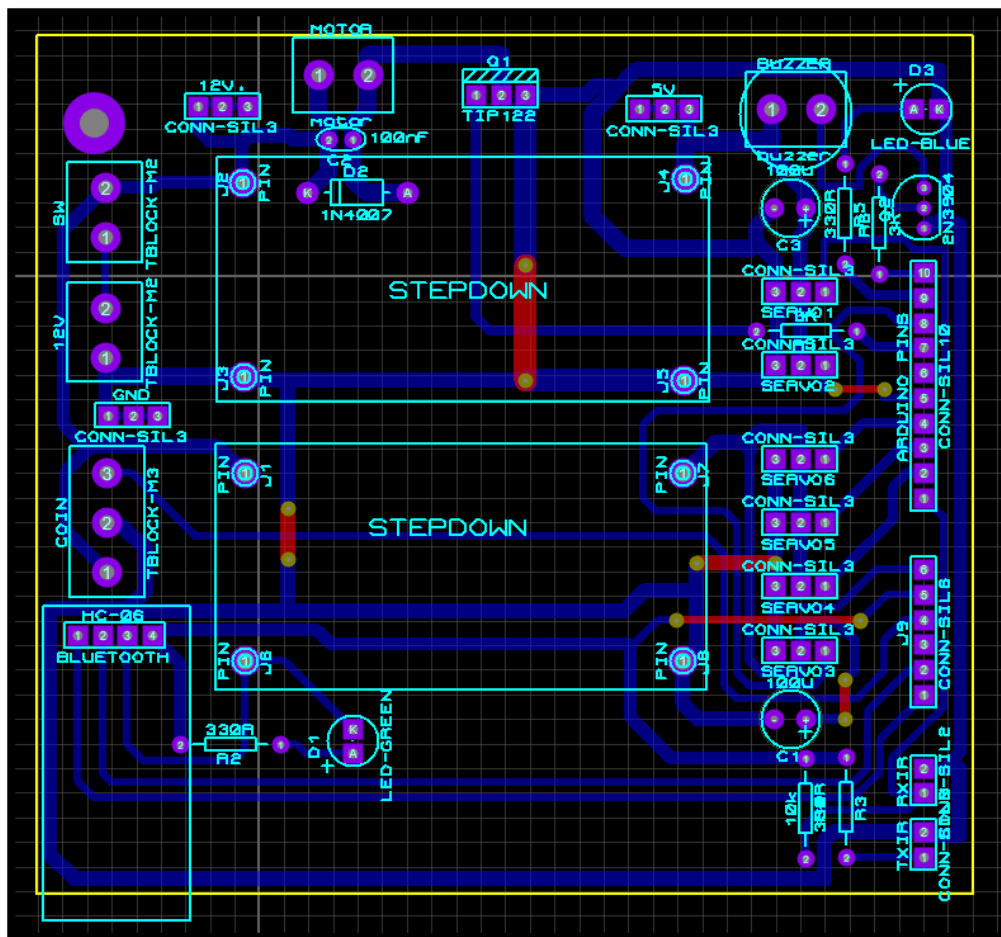
Circuito del dispositivo diseñado en el software Proteus



Una vez establecidos los elementos, borneras y conexiones necesarias se puede proceder a diseñar la placa PCB que se debe imprimir para materializar el diseño elegido en la simulación. En la figura 22 se observa la placa ya diseñada con el mismo software de simulación:

Figura 22

Placa del circuito del dispositivo diseñada en el software Proteus.



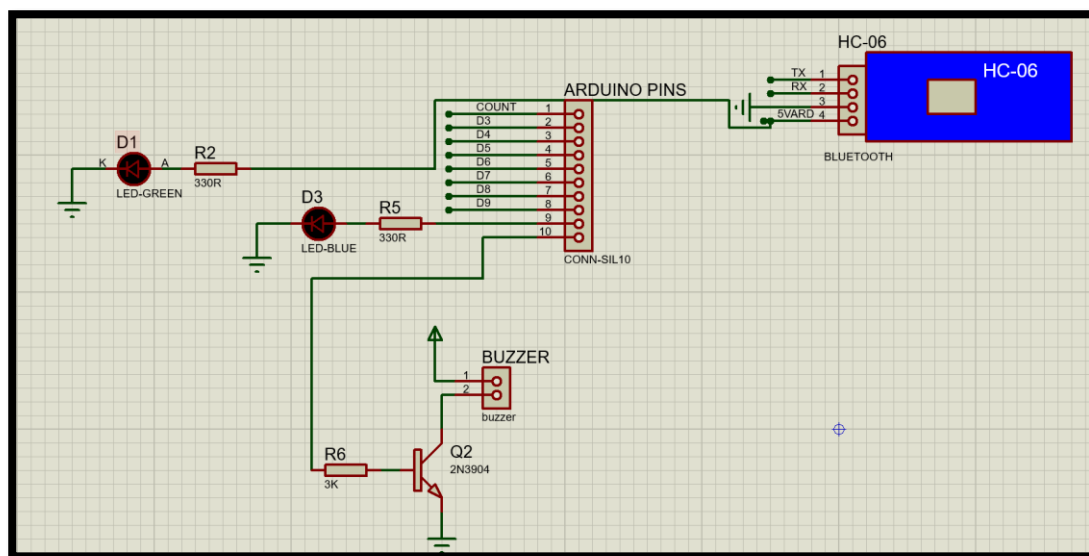
En esta placa de circuito se encuentran los componentes que permiten la interacción entre los distintos elementos que forman el circuito diseñado y también otros elementos que mejoran el rendimiento de los componentes del circuito e impiden que se produzcan fallas en el mismo.

Comunicación entre la placa y el microcontrolador

Para diseñar esta placa se inició el proceso con las borneras que conducen al Arduino que son las que se muestran en la figura 23:

Figura 23

Borneras de la placa del circuito que conducen hacia el Arduino



Como se observa en la placa del circuito serán necesarias 10 borneras para la comunicación entre la placa y el Arduino estas tendrán las siguientes funciones:

- Pin 1 estará destinado al contador, será el que se encargue de transmitir de los periféricos hacia el microcontrolador las señales de lectura y valor de especies monetarias.
- Pines del 2 al 8 se conectarán directamente con los pines digitales del Arduino Mega, llevarán las órdenes del microcontrolador hacia los servomotores, cuatro de estos servomotores estarán ubicados en la salida de cambio y controlarán el paso de las monedas en las denominaciones establecidas, otros dos estarán ubicados en las compuertas de desinfección permitiendo el paso de las monedas entre bandejas y un motor adicional que se encargará de asistir en el paso de billetes.
- Pin 9 se ha colocado un diodo led que indicará el estado del sistema de compuertas en el módulo de desinfección.
- Pin 10 aquí se ha colocado el circuito para el buzzer, este tiene como función

dar una alarma sonora cada vez que se ingrese correctamente una moneda o billete dentro del dispositivo con el fin de alertar al usuario, para este circuito fue necesario añadir un transistor NPN 2N3904 a fin de amplificar la corriente proveniente del arduino.

Adicionalmente se incluyeron cuatro borneras para el módulo bluetooth para este dispositivo se utilizó el módulo bluetooth HC-06, este dispositivo consta de 4 pines donde:

- Pin 1 está destinado a la transmisión serial de información entre el módulo y el microcontrolador.
- Pin 2 está destinado a la recepción serial de información desde el microcontrolador.
- Pin 3 este pin se une hacia la tierra del circuito.
- Pin 4 este pin se conecta con la salida de 5V del Arduino y adicionalmente se añadió un diodo led para indicar el estado de esta conexión, mientras el Arduino se encuentre prendido suministrará los 5 V al diodo y este permanecerá iluminado.

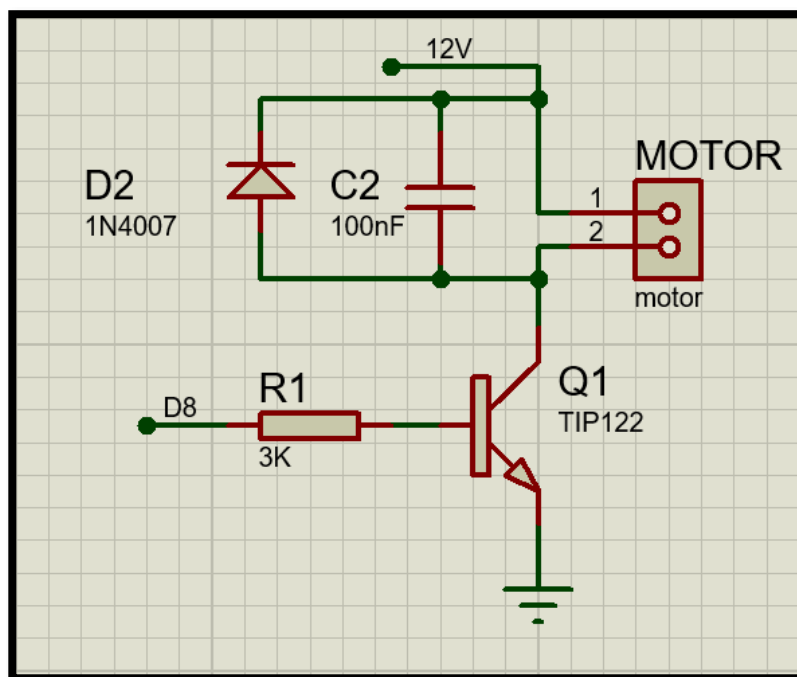
Control de velocidad de motor Darlington

Para un correcto control del funcionamiento del motor de corriente continua que será el encargado de transportar los billetes desde el exterior al interior del dispositivo se diseñó un control de velocidad utilizando el TIP 122 o transistor Darlington conectado por su colector al motor en paralelo a un diodo 1N4007 cuya función es proteger el transistor de corrientes inversas generadas por el motor y un capacitor de 100 nF esto a fin de disminuir picos y mejorar la respuesta al realizar conmutaciones de baja velocidad. La base del transistor Darlington se conectó a una resistencia de 3K esto a fin de desacoplar la salida PWM del Arduino con el control de velocidad diseñado. Adicionalmente de

conecta una fuente externa de 12V para el correcto funcionamiento del motor DC, este circuito se puede apreciar en la figura 24.

Figura 24

Control de velocidad del motor con transistor Darlington

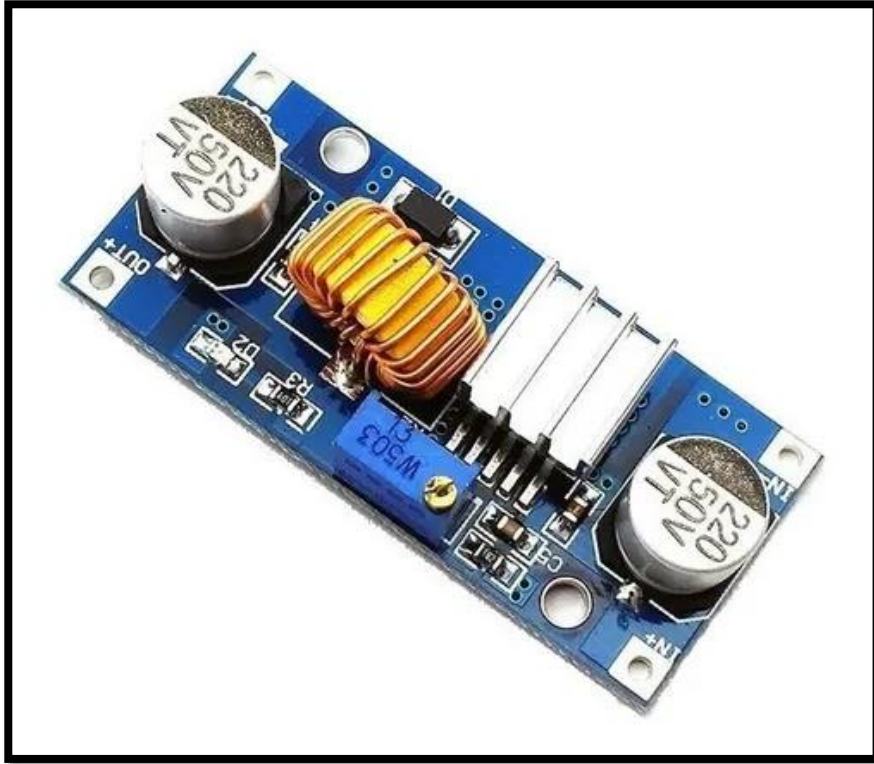


Módulo regulador Stepdown

Debido a que los servomotores elegidos para el dispositivo funcionan con 5V DC y la alimentación general del circuito es de 12V DC es necesario implementar un par de módulos reguladores Stepdown, estos módulos implementan un circuito Buck DC/DC que reduce el voltaje de entrada que en este caso son 12V DC a 5V DC a fin de alimentar los servomotores y eliminar la necesidad de implementar una fuente adicional al sistema. En la figura 25 se puede ver este módulo regulador Stepdown:

Figura 25

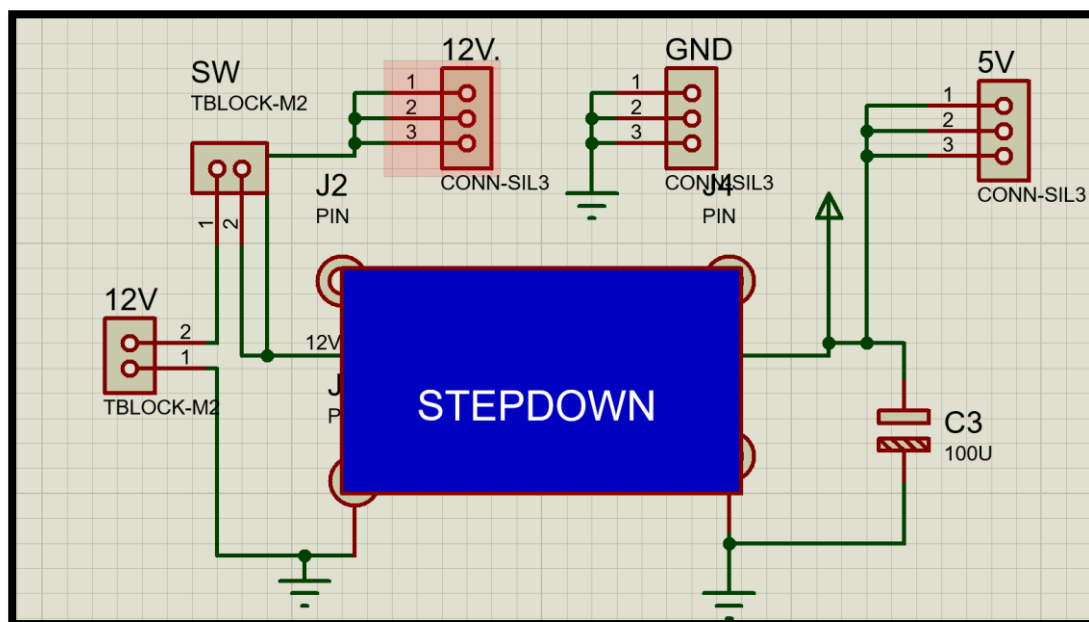
Módulo regulado Stepdown XL4015



A fin de facilitar su disposición dentro del circuito se lo incluyó dentro de la placa y así poder distribuir mejor los pines correspondientes a los servomotores que debe alimentar, como se puede ver en la figura 26 tenemos el diseño dentro de la placa del módulo que se conecta a los dos servomotores encargados de las compuertas de desinfección:

Figura 26

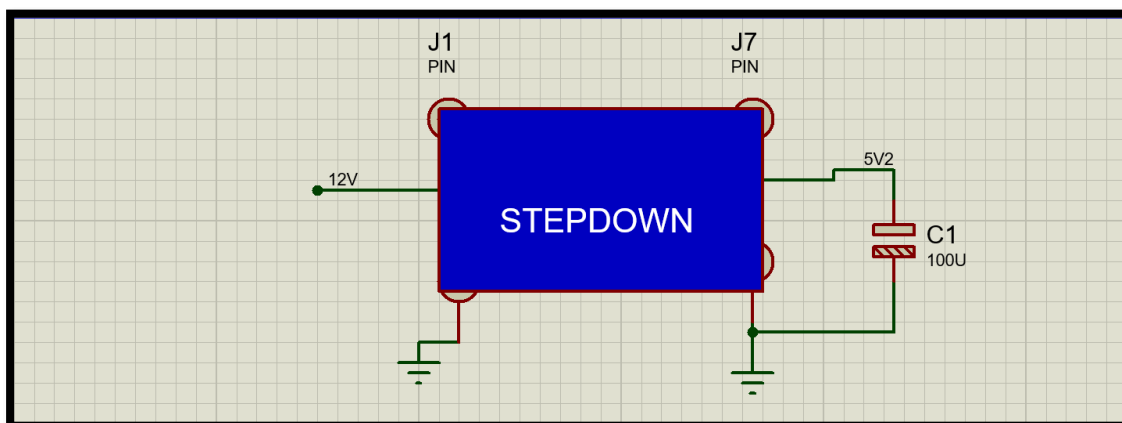
Diseño del módulo regulador Stepdown para servomotores de las compuertas



Mientras que en la figura 27 se puede observar el diseño de la placa para el módulo Stepdown encargado de los cuatro servomotores de la entrega de cambio:

Figura 27

Diseño del módulo regulador Stepdown para servos de sistema de entrega de cambio



Estos módulos Stepdown traen integrado un potenciómetro de precisión que permite controlar el voltaje deseado a la salida y son capaces de funcionar con niveles de

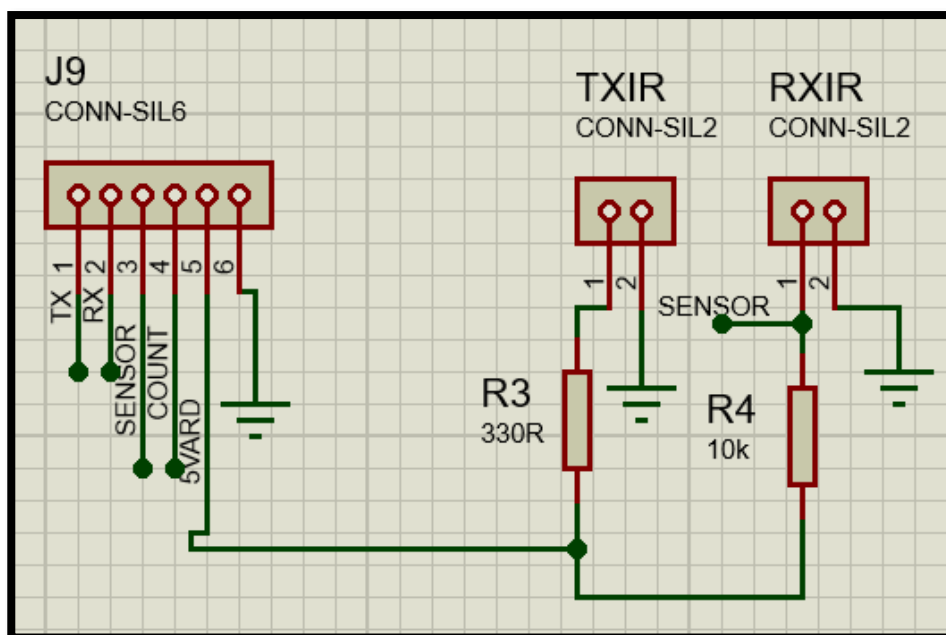
corriente de hasta 5 Amperios. Como se observa en los circuitos a su salida se les colocó un capacitor de 100 uF con el fin de estabilizar la señal de salida de 5V.

Sensor Infrarrojo y aceptador de billetes

Con el fin de mejorar el proceso de recepción de billetes se integró al aceptador un sensor receptor infrarrojo y un emisor infrarrojo, como se observa en la figura 28, para el transmisor se implementó un circuito común con una resistencia de 330 ohm y alimentado con 5V de corriente continua, mientras que para el receptor se implementó un divisor de voltaje que tiene la función de enviar 0 lógico al arduino mientras capte la señal infrarroja emitida por el transmisor, al momento que se ingresa un billete en el dispositivo esta señal se va a interrumpir y el circuito del receptor enviará un uno lógico es decir 5V de corriente continua al Arduino, el mismo que entenderá que un billete ha sido introducido en el sistema y procederá a su lectura. A continuación, el circuito diseñado.

Figura 28

Circuito del sensor infrarrojo y aceptador de billetes.



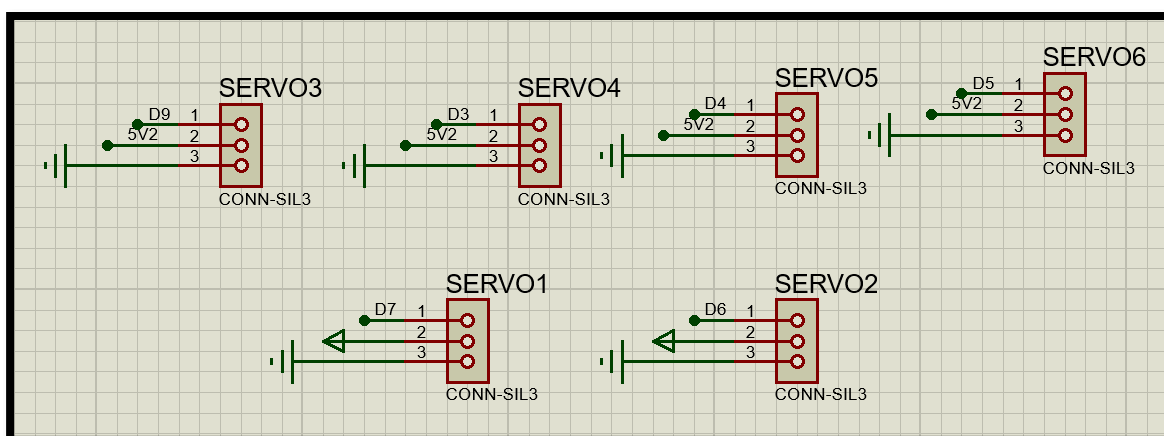
Los otros dos pines que se observa TX y RX son los destinados al módulo bluetooth para transmisión y recepción, mientras que el pin COUNT es el que llevará la información de confirmación o rechazo luego de la lectura del billete.

Circuito de control para los servomotores

Como se explicó con anterioridad el dispositivo cuenta con seis servomotores, cuatro están destinados al control de la salida de monedas de cambio mientras que otros dos están destinados a abrir y cerrar las compuertas durante el proceso de desinfección con luz UVC. En la figura 29 se pueden observar al SERVO 3, 4, 5 y 6 que son controlados por los pines digitales del Arduino D9, D3, D4 y D5 respectivamente y alimentados con los 5 V de corriente continua que sale del módulo Stepdown 2, estos son los servomotores que controlan la salida de monedas de 5 ctvs., 25 ctvs., 50 ctvs., y un dólar. Mientras que los servomotores 1 y 2 que controlan las compuertas de desinfección se conectan al Arduino en sus pines digitales D7 y D6 y son alimentados con los 5V de corriente continua emitidos por el módulo Stepdown 1.

Figura 29

Circuito de control para los servomotores

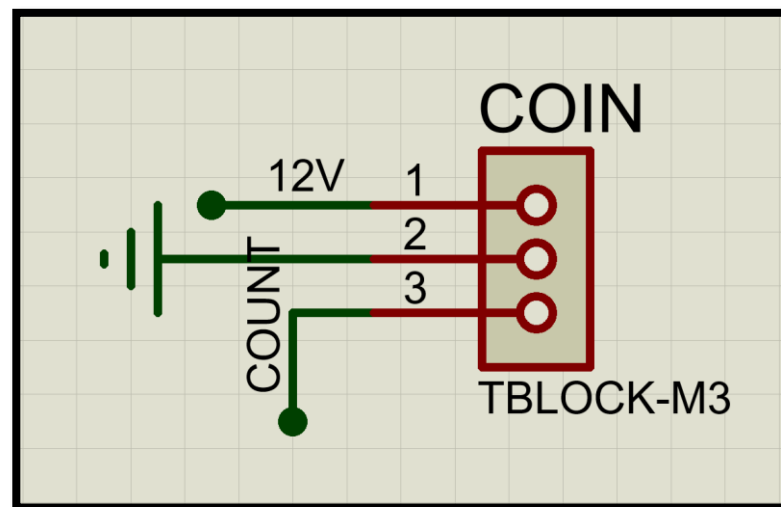


Circuito de comunicación con el aceptador de monedas

El aceptador de monedas que se utiliza en este proyecto únicamente necesita de un canal de transmisión por el cual comunica al microcontrolador mediante pulsos el valor de la moneda detectada, es por eso que para su circuito de comunicación únicamente hacen falta tres borneras dos borneras para proporcionar los 12 V de corriente continua y tierra que necesita para encenderse y una bornera adicional por la cual transmitirá los pulsos según corresponda a fin de que sean leídos e interpretados por el microcontrolador.

Figura 30

Circuito de comunicación con el aceptador de monedas



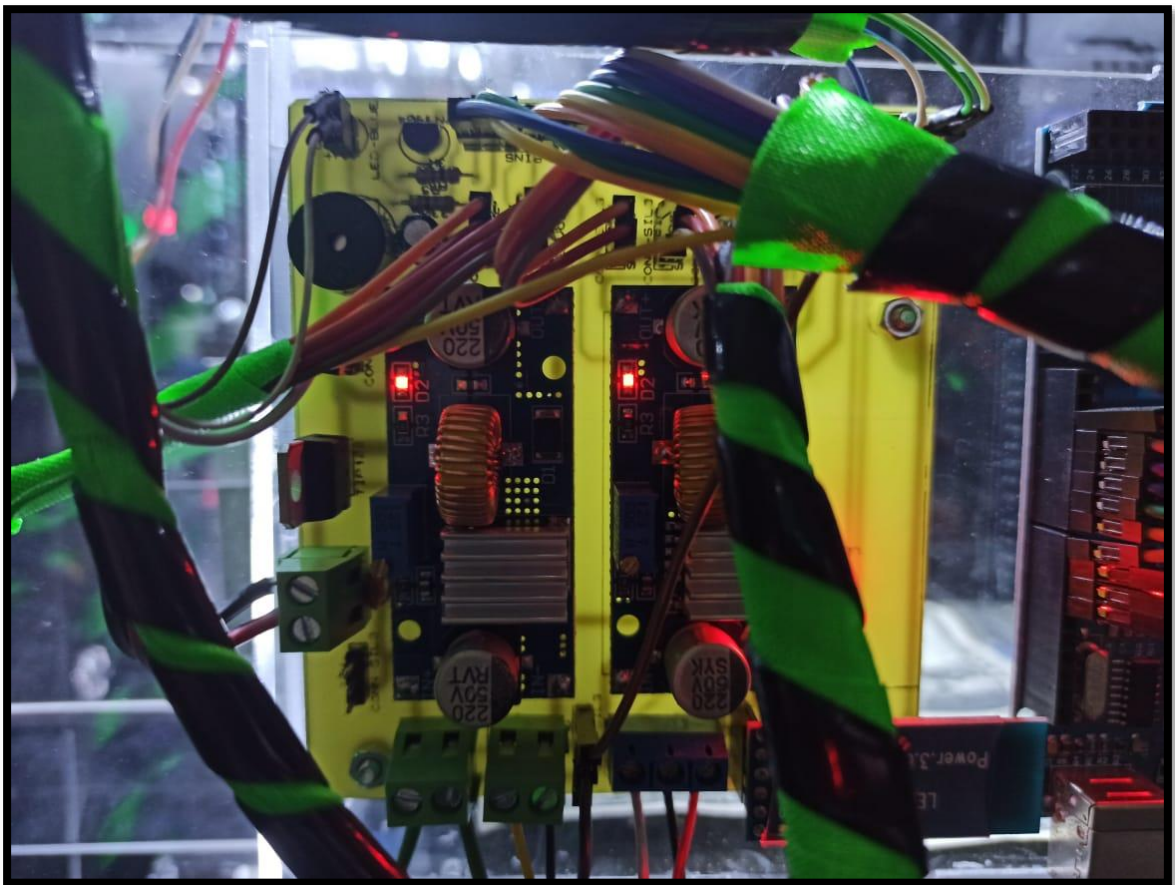
Adicionalmente a estos circuitos ya mencionados se añadieron otros circuitos cuya función es brindar seguridad al usuario y evitar daños en el dispositivo, estos circuitos se los describirá a mayor profundidad en el capítulo siguiente en el apartado de implementación.

Una vez se ha establecido el diseño que debe llevar la placa se procede a crearla físicamente a partir de una lámina de fibra de vidrio cubierta con cobre, luego se

modelaron las pistas y se soldaron todos estos elementos previamente descritos y posteriormente se realizaron todas las conexiones necesarias entre esta placa y el microcontrolador del Arduino y los periféricos para finalmente obtener como resultado la placa mostrada en la figura 31:

Figura 31

Placa del circuito finalizada y conectada



Programa de control mediante bluetooth para dispositivos Android

Este programa tiene como fin establecer la comunicación entre el dispositivo y el usuario, esto se logra mediante una conexión inalámbrica bluetooth y el control por parte del usuario se da mediante la interfaz gráfica de la aplicación previamente instalada en el

móvil del usuario. Para este fin fue necesario programar una aplicación capaz de enviar y recibir datos utilizando la conexión bluetooth del dispositivo móvil y que mostrara en pantalla toda la información que el usuario pudiese requerir, así como una opción en la cual el usuario pudiera digitar el valor que desea cancelar.

Para este fin se utilizó el entorno de desarrollo de software MIT App Inventor perteneciente a Google Labs, este IDE (entorno de desarrollo Integrado) está diseñado para facilitar el desarrollo de aplicaciones que se ejecutan sobre el sistema operativo Android. Este IDE es bastante práctico sobre todo porque permite realizar programación por bloques es decir que para programar en este IDE se deben entrelazar piezas o bloques, cada uno de estos bloques contiene códigos lógicos que al juntarse forman bloques más grandes y con algoritmos más complejos.

Diseño de la interfaz gráfica de la aplicación

Para el diseño de esta aplicación se deben tener en cuenta las necesidades que va a tener el usuario cuando haga uso de la misma. Entre estas necesidades tenemos:

- Conectarse al dispositivo de cobro mediante bluetooth
- Una opción para que el usuario introduzca el valor que se quiere cobrar.
- Un botón para enviar este valor una vez digitado.
- Botones para seleccionar la denominación de los billetes que se van a ingresar.
- Una pantalla que muestre el estado de la transacción es decir la cantidad de dinero ingresado al dispositivo de cobro y el cambio que se debe entregar.
- Un mensaje de confirmación de transacción exitosa o fallida
- Un botón para desconectarse de la sesión inalámbrica de bluetooth.

Conociendo todos estos requerimientos se procedió con el diseño de la misma obteniendo el siguiente resultado:

Figura 32

Interfaz gráfica de app móvil



Como se observa en la figura 23 en la parte superior de la pantalla se ha colocado un botón de bluetooth con el mismo se pasará a una pantalla en la cual se despliegan las redes bluetooth que el dispositivo es capaz de encontrar a su alrededor, aquí

deberemos seleccionar la dirección MAC y el nombre de identificación del módulo bluetooth colocado en la máquina de cobro, que para este caso es: 00:20:04:BC:F2:4D HC-06.

Figura 33

Pantalla de conexión bluetooth de la aplicación móvil



Una vez seleccionado el dispositivo bluetooth del equipo de desinfección el móvil iniciará la comunicación, en el caso de que exista algún error en la conexión se generará la siguiente pantalla con el anuncio del error:

Figura 34

Pantalla con error en la conexión bluetooth



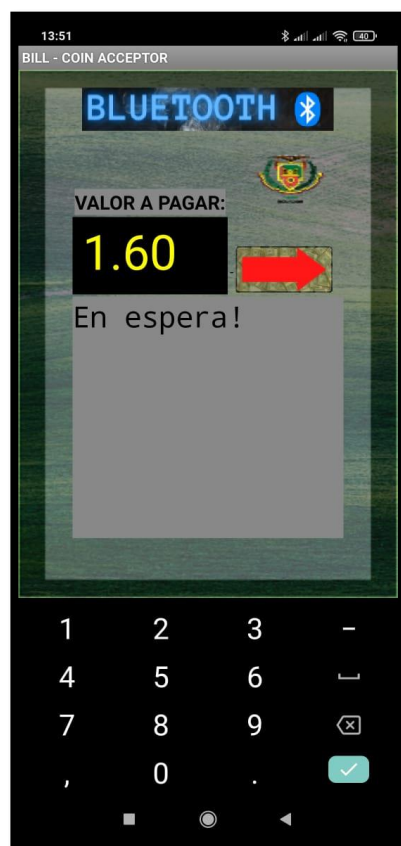
En este caso se debe revisar que el dispositivo de cobro se encuentre encendido y el módulo bluetooth correctamente conectado, a continuación, revisar si el bluetooth del móvil se encuentra encendido y finalmente verificar que ningún otro dispositivo se encuentre conectado con el módulo bluetooth del dispositivo de cobro previamente. En

caso de que no exista errores en la conexión se desplegará nuevamente la pantalla de inicio.

Una vez conectados se debe ingresar el valor que se quiere cobrar, para esto se debe presionar sobre el recuadro negro que en su interior tiene el valor preestablecido de 0.00, aquí es muy importante utilizar el punto para separar el valor entero del valor decimal y que el programa interprete correctamente los valores introducidos por el usuario, también es importante no enviar símbolos que no sean número o el punto decimal.

Figura 35

Pantalla de ingreso del valor a cobrar



En este caso de prueba se ingresó el valor de un dólar con sesenta centavos, una vez introducido el valor se procede a presionar sobre la flecha de color roja, misma que

tiene la función de enviar este valor vía bluetooth para que el dispositivo de cobro inicie con el proceso de recaudar el dinero en efectivo. Luego de presionar sobre el botón rojo de enviar se desplegarán en el recuadro inferior de color gris la siguiente información:

- Pagado
- Pendiente
- Vuelto

Figura 36

Pantalla de inicio del proceso de cobro



En pagado se muestra la cantidad de dinero ya introducido en el dispositivo de cobro, como el proceso de ejemplo acaba de iniciar se despliega el valor de 0.00, en pendiente se muestra el monto que aún se debe pagar es decir el valor a pagar menos el valor ya pagado. Y finalmente en vuelto se muestra el valor que se devolverá como cambio en el caso de que la cantidad de dinero ingresada en el dispositivo sea mayor a la cantidad que se quiere cobrar. Para este ejemplo se ingresó primero un billete de un dólar obteniendo el siguiente resultado en la interfaz gráfica:

Figura 37

Proceso de cobro pantalla 1



Como se puede observar, ya que se introdujo un billete de un dólar, en pagado se muestra la cantidad de 1.00, mientras que en pendiente ahora aparecen solo 0.60 ctvs. Y en vuelto 0.00 ya que la cantidad ingresada en el dispositivo de cobro no ha excedido el valor a pagar ingresado en la app por el usuario. A continuación, se ingresa una moneda de 0.50 ctvs. Lo que genera el siguiente resultado en la interfaz gráfica:

Figura 38

Proceso de cobro pantalla 2



Ahora ya se han ingresado un billete de un dólar y una moneda de 50 ctvs. Lo que suma 1.50 como se observa en pagado, aún quedan pendientes 10 ctvs. Y no hay vuelto porque no se excede el valor a pagar. Finalmente ingresamos otra moneda de 50 ctvs. Lo que genera los siguientes resultados en la interfaz gráfica de la aplicación móvil:

Figura 39

Proceso de cobro pantalla 3



Efectivamente se muestra en pagado los dos dólares que se han introducido en el dispositivo de cobro, en pendiente se muestra -0.40 es decir que se excedió el valor a pagar con 0.40 ctvs. Y en vuelto se muestran los 0.40 ctvs. Que se deben devolver. Una vez el dispositivo de cobro haya devuelto los 0.40 ctvs. Se mostrará un mensaje final que demuestra que la operación ha terminado

Figura 40

Proceso de cobro pantalla 4



Unos segundos después de este mensaje la aplicación regresará a su punto inicial para volver a repetir el proceso de cobro con un nuevo valor a pagar según la necesidad de usuario, la pantalla que nos muestra que el dispositivo está listo para una nueva operación es la siguiente:

Figura 41

Proceso de cobro, pantalla 5



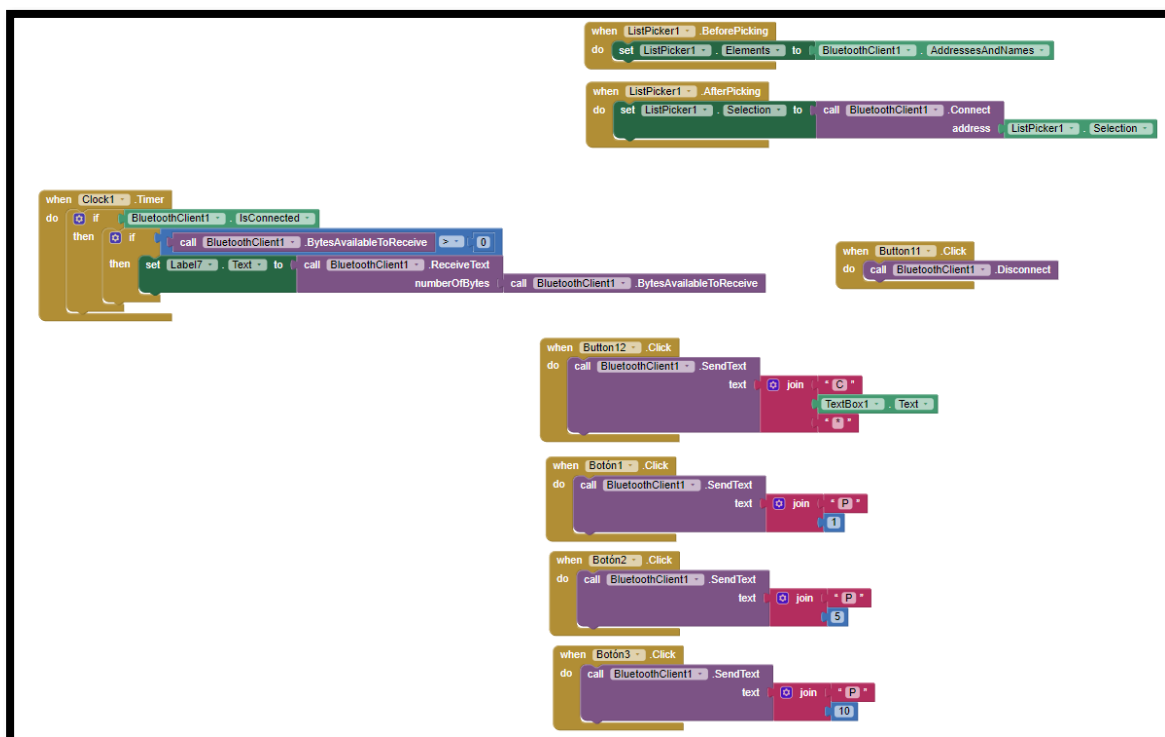
Aquí se deberá volver a ingresar el valor que se quiere pagar de ser el caso. Adicionalmente encontramos el botón para desconectar el teléfono móvil del módulo bluetooth que se encuentra en el dispositivo de cobro, este deberá ser usado siempre que no se necesite utilizar el dispositivo a fin de ahorrar energía en el móvil y en el dispositivo de cobro.

Código de la aplicación

Como se mencionó para esta aplicación se utilizó programación por bloques, para esta aplicación se utilizaron ocho grupos de bloques distintos, cada uno de ellos se detalla a continuación:

Figura 42

Código del programa en bloques

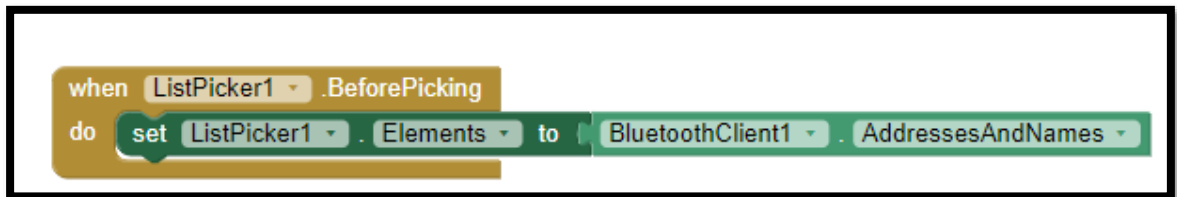


Bloque 1

Este bloque hace referencia al ListPicker1 o selector de lista 1, que para este programa será el botón de bluetooth dentro de la aplicación. El bloque se ejecutará cuando se presiona el botón de bluetooth pero antes de la sección (BeforePicking) en la lista que se despliega y lo que hace es mostrarme todos los dispositivos bluetooth con dirección y nombre como se mostró anteriormente en la figura 33.

Figura 43

Bloque programable 1 MIT App Inventor

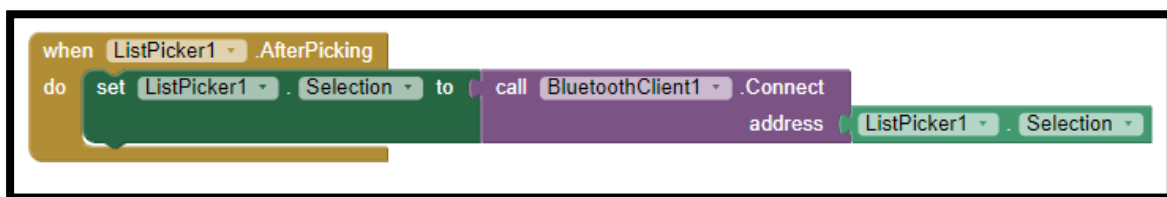


Bloque 2

Este bloque se ejecuta después de que se elija algún dispositivo de la lista desplegada por el bloque anterior (AfterPcking) y gestiona la conexión mediante bluetooth con el dispositivo que posee la dirección y nombre seleccionados. En el caso de que la conexión se realice exitosamente el programa continúa, caso contrario se mostrará un mensaje de error en la pantalla del móvil como se mostró en la figura 34.

Figura 44

Bloque programable 2 MIT App Inventor

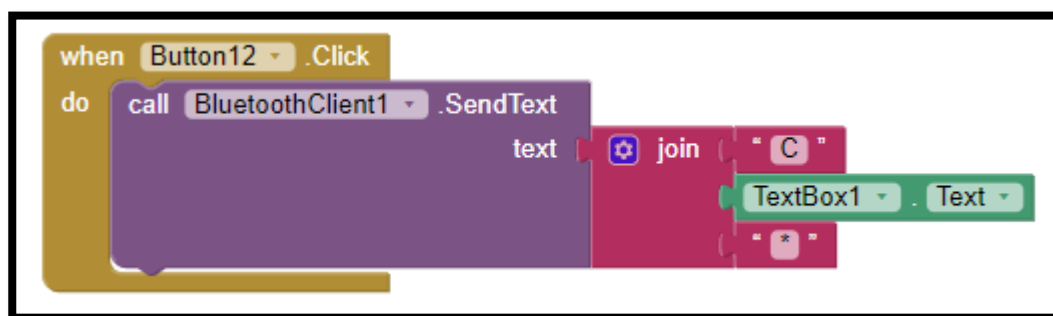


Bloque 3

Este bloque pertenece al botón de enviar, antes de usar este botón el usuario ya debe haber cargado el valor a cobrar en el recuadro de ingreso de valores. Al momento que el usuario presiona sobre enviar se enviará mediante bluetooth el valor ingresado por el usuario y adicionalmente se enviará un carácter de inicio que para este caso será la letra “C” y también un carácter de finalización que para este caso será “*”.

Figura 45

Bloque programable 3 MIT App Inventor

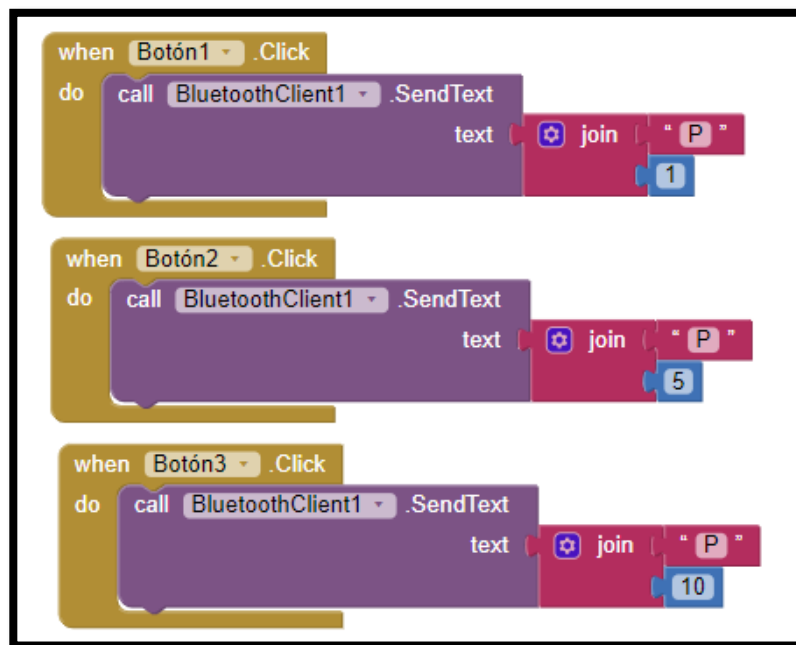


Bloque 4, 5 y 6

Estos tres bloques tienen como función alertar al dispositivo que se va a ingresar un billete, cada bloque representa una denominación distinta. Entonces cuando se selecciona el botón de un dólar el programa envía por bluetooth el uno antecedido de la letra “P” como carácter de inicio, lo mismo para el billete de 5 y de 10 dólares.

Figura 46

Bloque programable 4, 5 y 6 MIT App Inventor

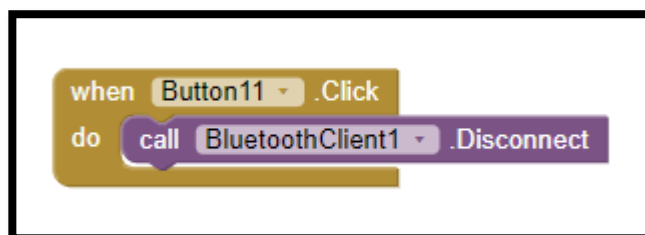


Bloque 7

Este bloque le pertenece al botón de desconectar, y lo que hace es que cuando el usuario le da clic se termina la conexión bluetooth entre el móvil y el dispositivo de cobro.

Figura 47

Bloque programable 7 MIT App Inventor



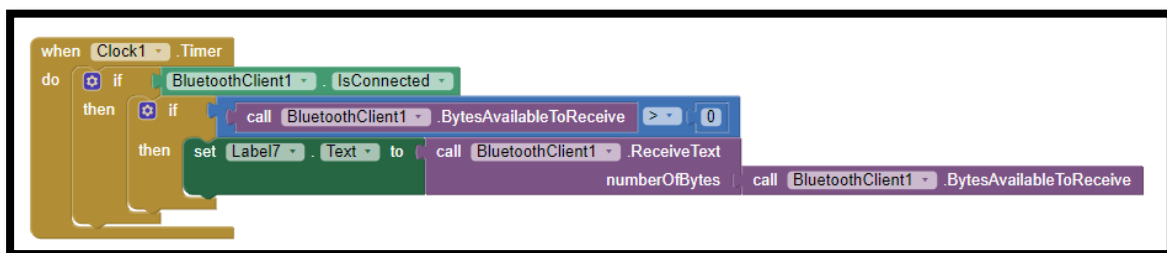
Bloque 8

Este bloque tiene un temporizador que hace que se ejecute una vez cada segundo

y lo que hace es que, si el móvil se encuentra conectado con un dispositivo bluetooth, pregunta al dispositivo si hay datos que leer, en caso de que si existan datos para leer los toma y los muestra en la pantalla del móvil. Estos datos son el estado de la transacción que se mostró anteriormente, el total de dinero pagada, el dinero restante por pagar y el cambio que se debe entregar, también incluye los mensajes de estado cuando se termina una transacción y cuando el dispositivo de cobro está listo para realizar una nueva transacción.

Figura 48

Bloque programable 7 MIT App Inventor



Esa es toda la programación en bloques con la cual se desarrolló la aplicación móvil, una vez que se ha terminado de programar se debe generar el archivo .APK mismo que se debe transferir al móvil en el cual se va a trabajar e instalarlo. Es importante mencionar que Android envía algunas advertencias al momento de instalar esta aplicación ya que el autor es desconocido para el sistema, cuando saltan estas advertencias basta con dar los permisos necesarios y se instalará correctamente.

Programación de Arduino

Para este programa es necesario incluir la librería Servo.h misma que es parte del IDE de Arduino por lo que solamente basta con llamarla al inicio del programa, luego se realiza la declaración de variables que utilizaremos a lo largo del programa estas se

pueden revisar en el código del programa que se encuentra anexo a este documento. También se posicionan los servomotores en su ángulo inicial, se indican los pines de entrada y salida y se inicia la configuración serial a 9600 baudios, el puerto 0 para el monitor serial del IDE y el puerto 2 para la comunicación bluetooth.

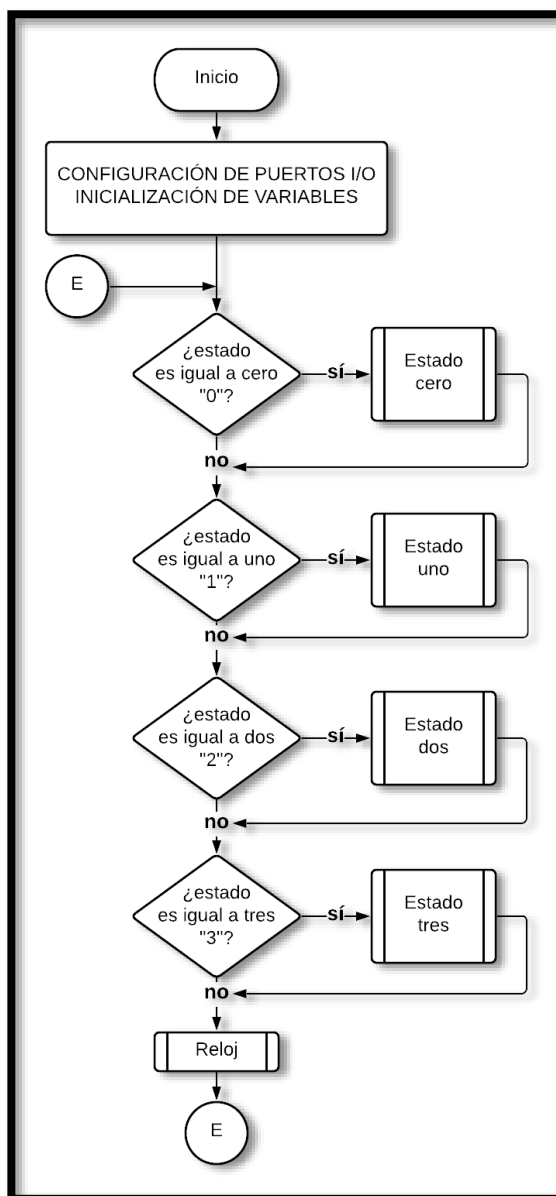
Programa principal

Luego se inicia el programa, para este programa se establecieron cuatro estados mismos que controlan partes distintas del proceso, estos estados son:

- Estado cero: Espera y lee el valor que se va a cobrar.
- Estado uno: Lee las monedas y billetes que se ingresan en el dispositivo y calcula el cambio a ser entregado.
- Estado dos: Se encarga de dar el vuelto.
- Estado tres: Da la alarma de que el proceso terminó exitosamente e imprime el mensaje de finalización, adicionalmente en este estado se enceran las variables para un nuevo ciclo.

Figura 49

Diagrama de flujo del programa principal

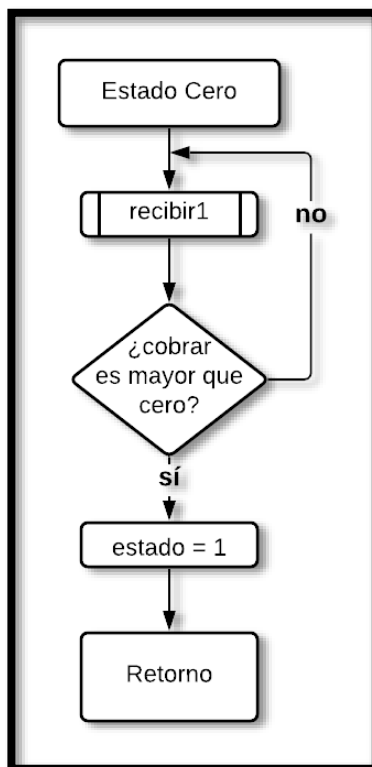


Estado cero

En el estado cero el programa entra en espera de que el usuario ingrese el valor que se desea cobrar para esto se recurre a una función de nombre recibir1(), mientras no se detecte un valor ingresado, el programa continúa en bucle esperando que el usuario ingrese alguna cantidad.

Figura 50

Diagrama de flujo del estado cero

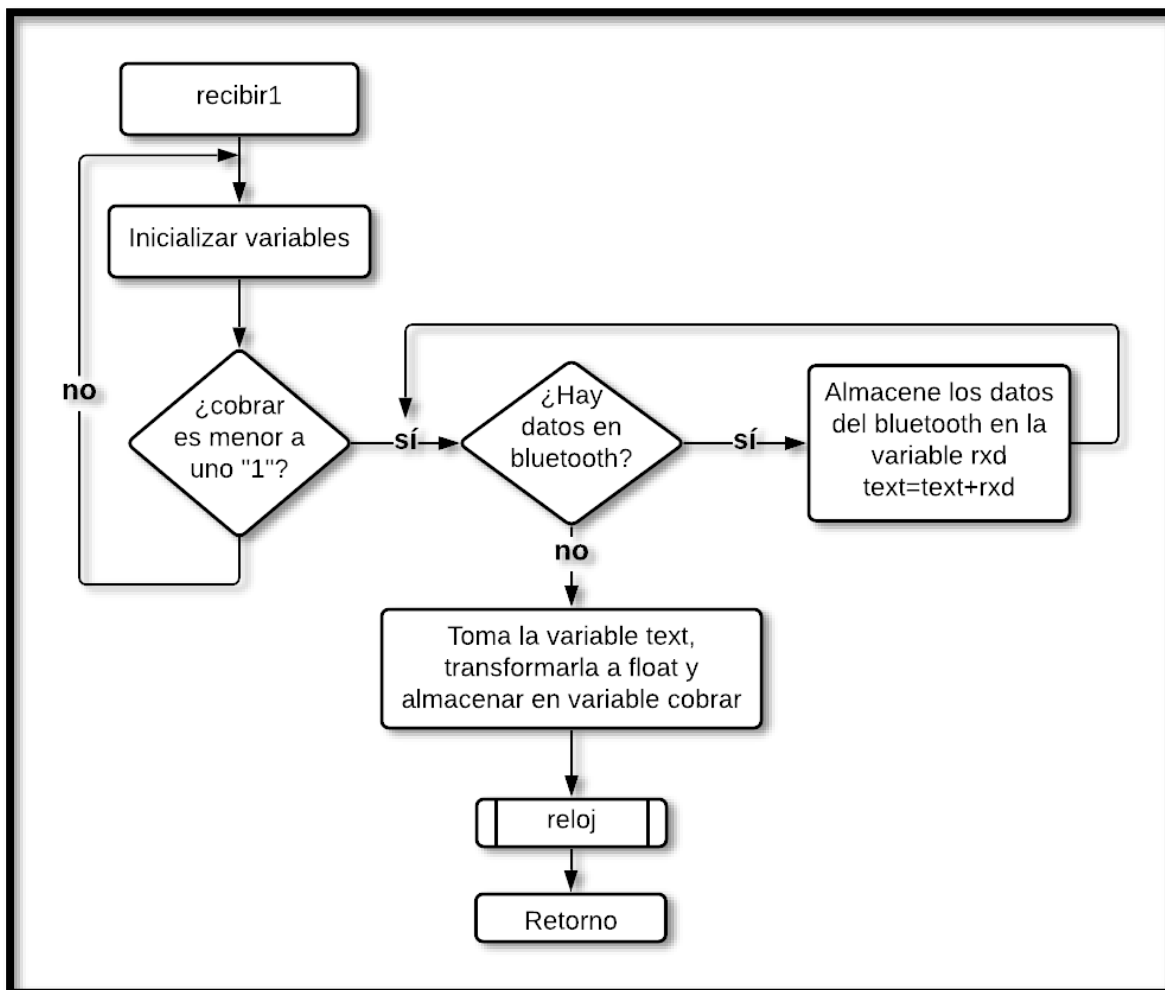


Función recibir1

Esta función se encarga de recibir por bluetooth la cantidad ingresada por el usuario y transformarla a variable tipo flotante para que el programa trabaje con ella.

Figura 51

Diagrama de flujo función recibir1

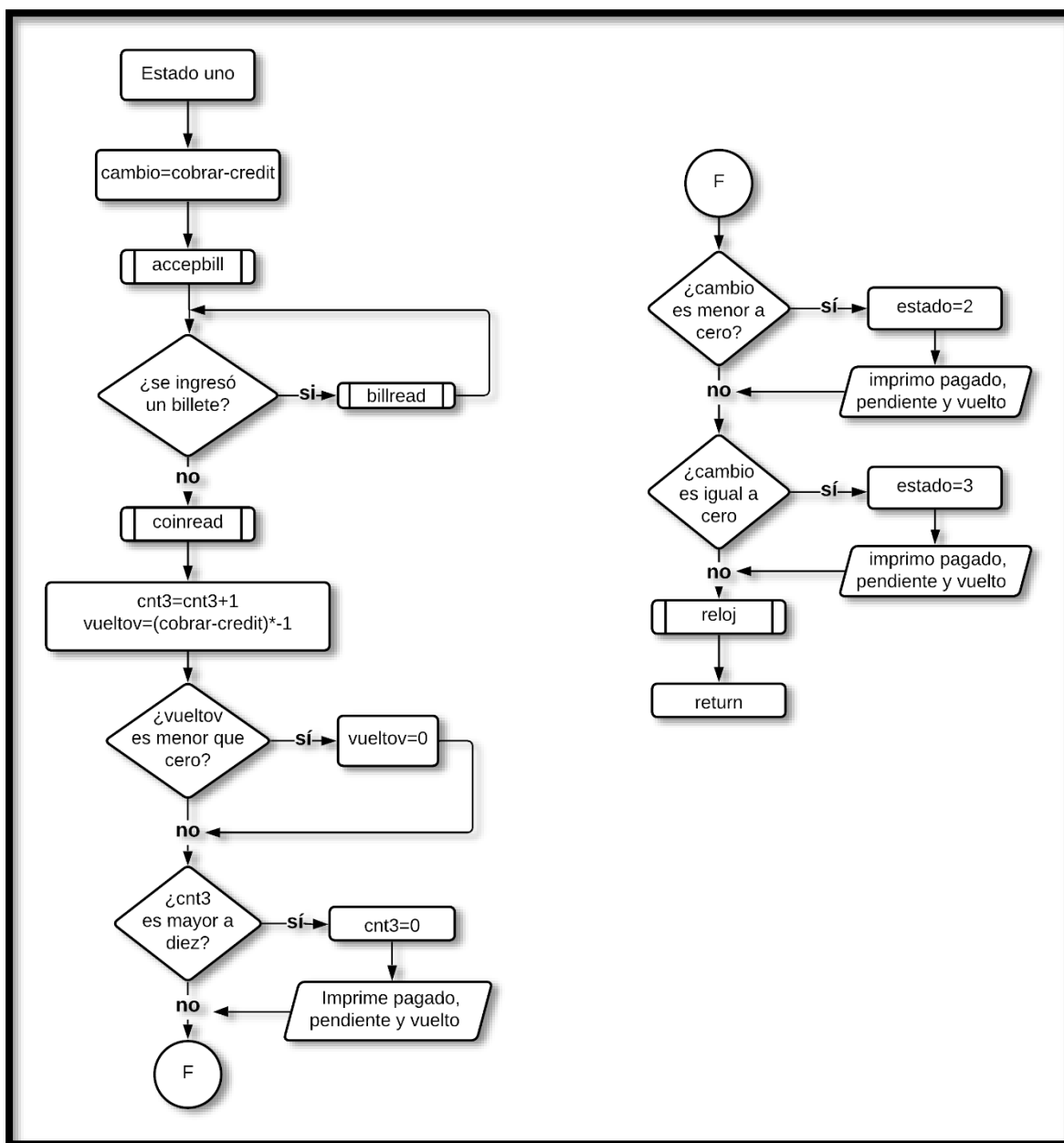


Estado uno

En el estado se hace la lectura de los periféricos ya sea el aceptador de billetes o el aceptador de monedas, también se cuenta y se guarda la cantidad de efectivo ingresado,

Figura 52

Diagrama de flujo estado uno



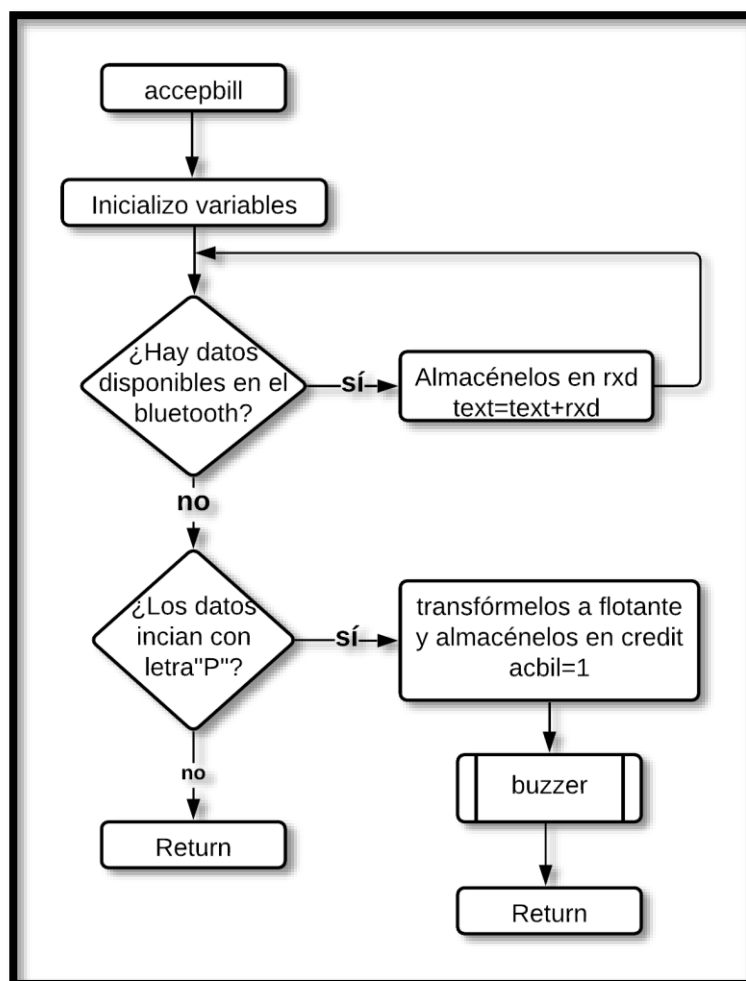
Como se observa la función estado uno hace uso de otras funciones como `accepbill()`, `billread()`, `coinread()` y `reloj()`, mismas que se detallarán a continuación:

Función `accepbill`

Esta función lee la denominación del billete que se ingresará en el dispositivo y lo transforma a tipo flotante para su posterior utilización.

Figura 53

Diagrama de flujo función *accepbill*

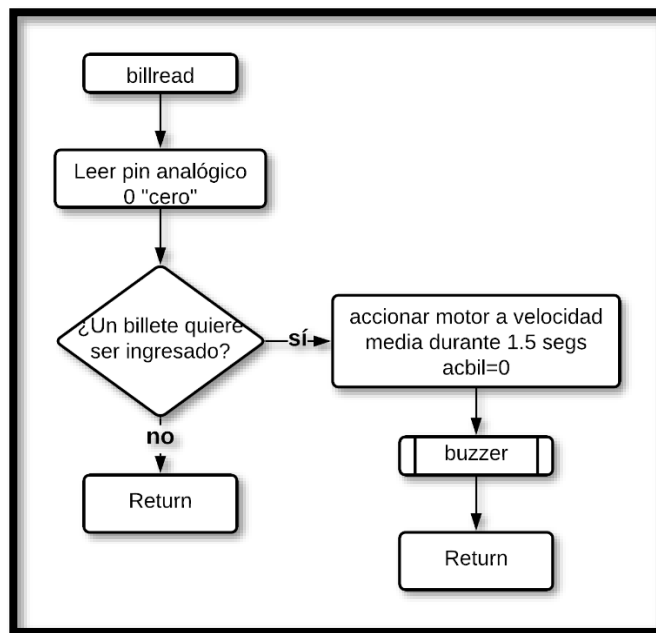


Función billread

Esta función controla el motor del aceptador de billetes para que jale el billete una vez el sensor detecta su presencia.

Figura 54

Diagrama de flujo función *billread*

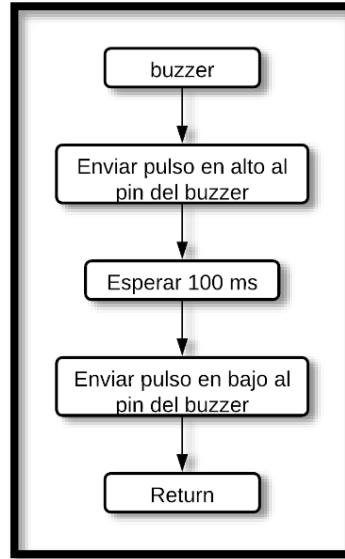


Función buzzer

Esta función controla el buzzer o zumbador que se encuentra en la placa del circuito, mismo que se activa para indicar que el dispositivo ha leído un billete o moneda y también cada vez que una transacción se ha finalizado correctamente.

Figura 55

Diagrama de flujo función buzzer

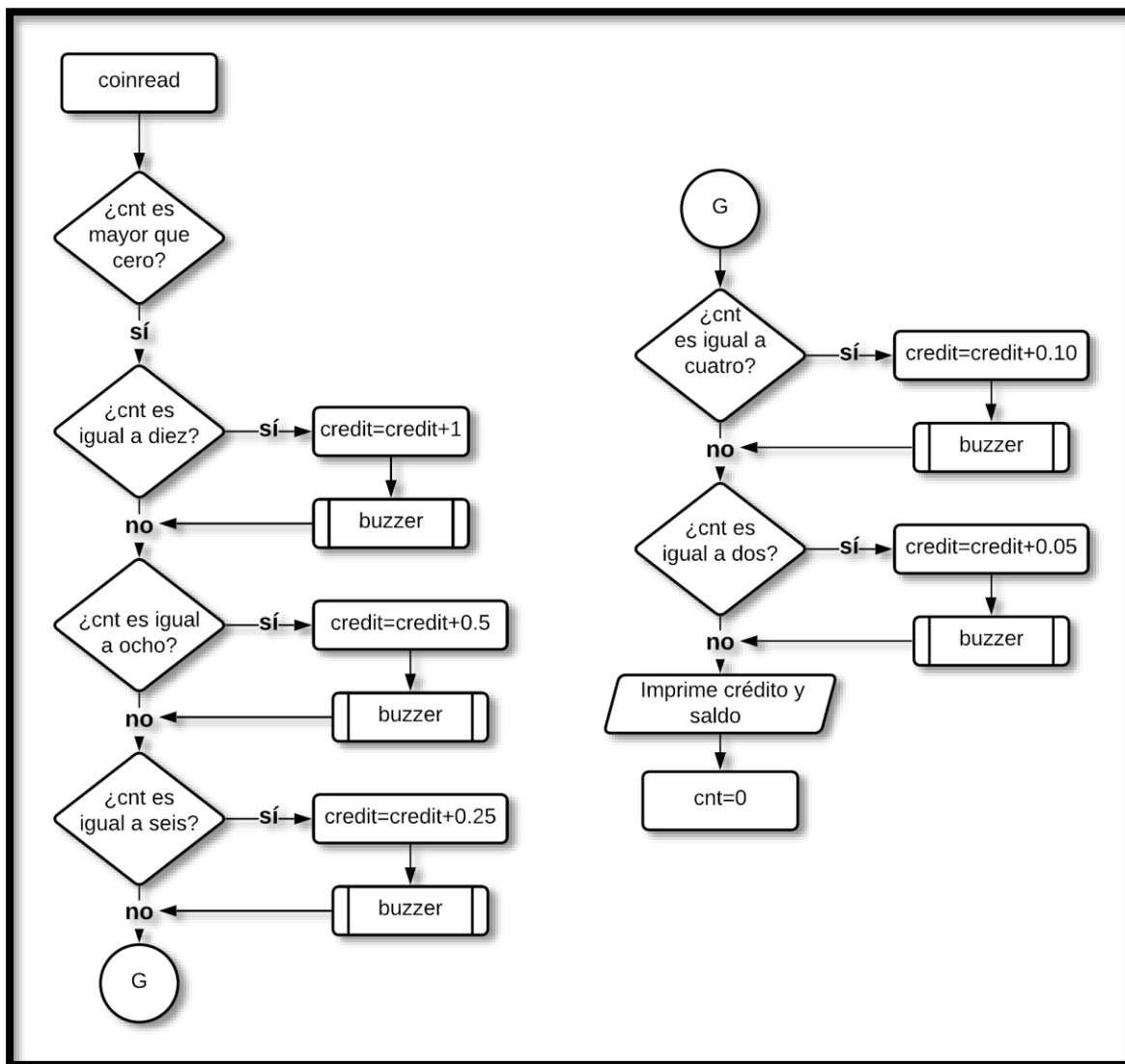


Función coinread

Esta función se encarga de leer las monedas ingresadas en el dispositivo, de identificarlas y sumar sus valores al crédito ingresado.

Figura 56

Diagrama de flujo función coinread



Estado dos

En este estado se controlan los servomotores encargados de entregar el vuelto.

Figura 57

Diagrama de flujo estado dos

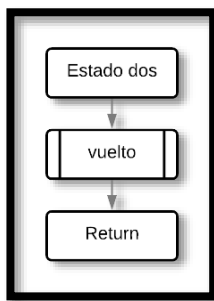
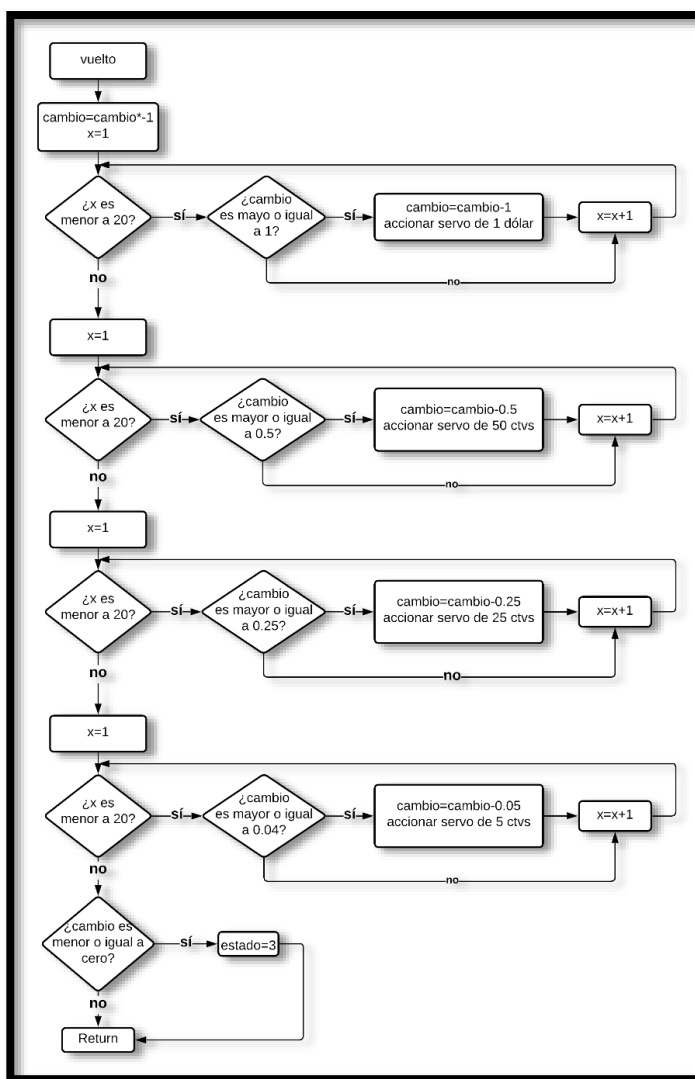


Figura 58

Diagrama de flujo función vuelto

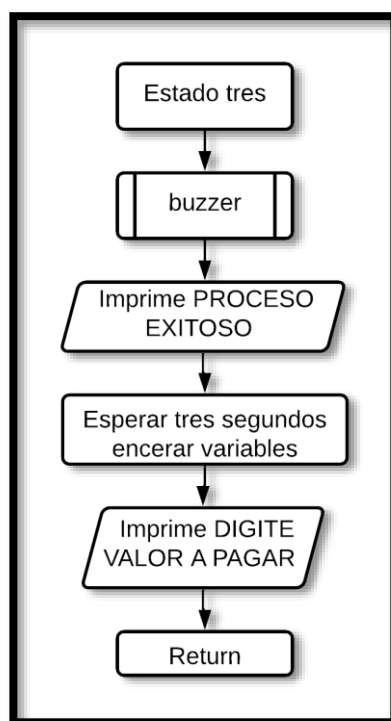


Estado tres

En este estado se da una alarma sonora y se imprime el mensaje de que el proceso ha finalizado, también se enceran las variables y se envía el mensaje de que puede iniciar una nueva transacción.

Figura 59

Diagrama de flujo estado tres



Con esto termina el proceso del programa que controla el circuito mediante la placa Arduino, adicionalmente encontramos la función reloj, esta función lleva la cuenta del tiempo transcurrido a fin de controlar las compuertas del proceso de sanitización.

Costo del dispositivo

A continuación, se muestran los materiales y el costo de mano de obra para construir el dispositivo diseñado:

Tabla 20*Costo del dispositivo diseñado*

Cantidad	Producto	Unidad	Total
4	Servos MG90	6,90	27,60
2	Servos MG995	12,50	25,00
4	Boquillas 3D	3,00	12,00
1	Fuente 12V 3.8A	9,50	9,50
1	Jack DC bornera	1,00	1,00
1	Impresión 3D Stack monedas	9,50	9,50
1	Case acrílico interior 2mm	45,00	45,00
1	Case acrílico exterior 3mm	55,00	55,00
1	Sensor magnético	2,50	2,50
1	Módulo relé 2 canales	2,50	2,50
1	Switch on/off	2,10	2,10
1	Porta fusible y fusible	0,65	0,65
1	Cable de poder	3,90	3,90
1	Jack cable de poder	0,95	0,95
1	Cables y terminales	4,50	4,50
1	Circuito impreso fibra de vidrio	7,50	7,50
1	Arduino MEGA 2560	16,50	16,50
1	Módulo bluetooth	6,90	6,90
2	Módulos Stepdown XL4015	3,55	7,10
3	Borneras 2 pines	0,25	0,75

Cantidad	Producto	Unidad	Total
2	Capacitores electrolíticos	0,20	0,40
1	Sensor QRD1114	1,75	1,75
1	Tip 122	0,65	0,65
2	Led	0,10	0,20
4	Resistencias 1/4 W	0,04	0,16
1	Capacitor 104	0,10	0,10
1	Buzzer	0,75	0,75
1	Transistor 2N3904	0,10	0,10
1	Regleta de pines macho	0,50	0,50
2	Módulos led 12V	0,85	1,70
4	Bombillas UVC	2,00	8,00
1	Aceptador de monedas	20,00	20,00
1	Aceptador de billetes	160,00	160,00
1	Mano de obra	150,00	150,00
Costo total			584,76

Consumo energético

La fuente que utiliza el dispositivo es capaz de generar un máximo de 45.6 Watts a toda su capacidad, ya que entrega 12 V DC con una corriente máxima de 3.8 A. Por ende, en un local comercial de doble turno donde se trabajan 16 horas diarias los 7 días de la semana se tendría un máximo consumo de 21.88 kwh al mes. En Ecuador el costo del kwh depende del segmento al que pertenezca el usuario del dispositivo, se tiene que en promedio el costo del kwh es de 0.0926 centavos, lo que significa un gasto mensual de 2.02 dólares.

Capítulo IV

Implementación y Pruebas de Funcionamiento

Una vez terminado el diseño del dispositivo y la programación de la aplicación y la placa Arduino, se procedió a unir todos los componentes y realizar pruebas a fin de mejorar el equipo y hacerlo más cómodo y seguro para el usuario. A continuación, se describe este proceso y se justifican cada una de las modificaciones que se realizaron al diseño inicial.

Distribución de periféricos en el exterior del equipo

En el diseño inicial se tenía pensado distribuir los periféricos en la cara frontal del equipo de forma vertical, uno debajo de otro como normalmente se puede ver en máquinas de vending, es recomendable que los periféricos de máquinas de cobro se posicionen a una altura cómoda para cualquier tipo de usuario, es decir a una altura máxima de 1.60 metros y mínima de 40 cm, de forma que si lo utilizan personas de baja estatura lleguen cómodamente a cualquiera de los periféricos en la parte superior y por otro lado tampoco se quiere que los periféricos se ubiquen muy bajo y esto cause incomodidades en el usuario al tener que agacharse para utilizarlo. El problema encontrado fue que normalmente estas máquinas de vending tienden a ser altas y muy anchas a fin de contener los equipos para refrigeración y adicionalmente guardar los productos que distribuyen, en el caso de nuestro equipo de sanitización el tamaño requerido por el equipo no es tan amplio, es por eso que se generó la necesidad de plantear un diseño diferente al común. A continuación, se incluye una figura donde se aprecia la distribución habitual de los periféricos de máquinas de vending.

Figura 60

Diseño exterior de una máquina de vending

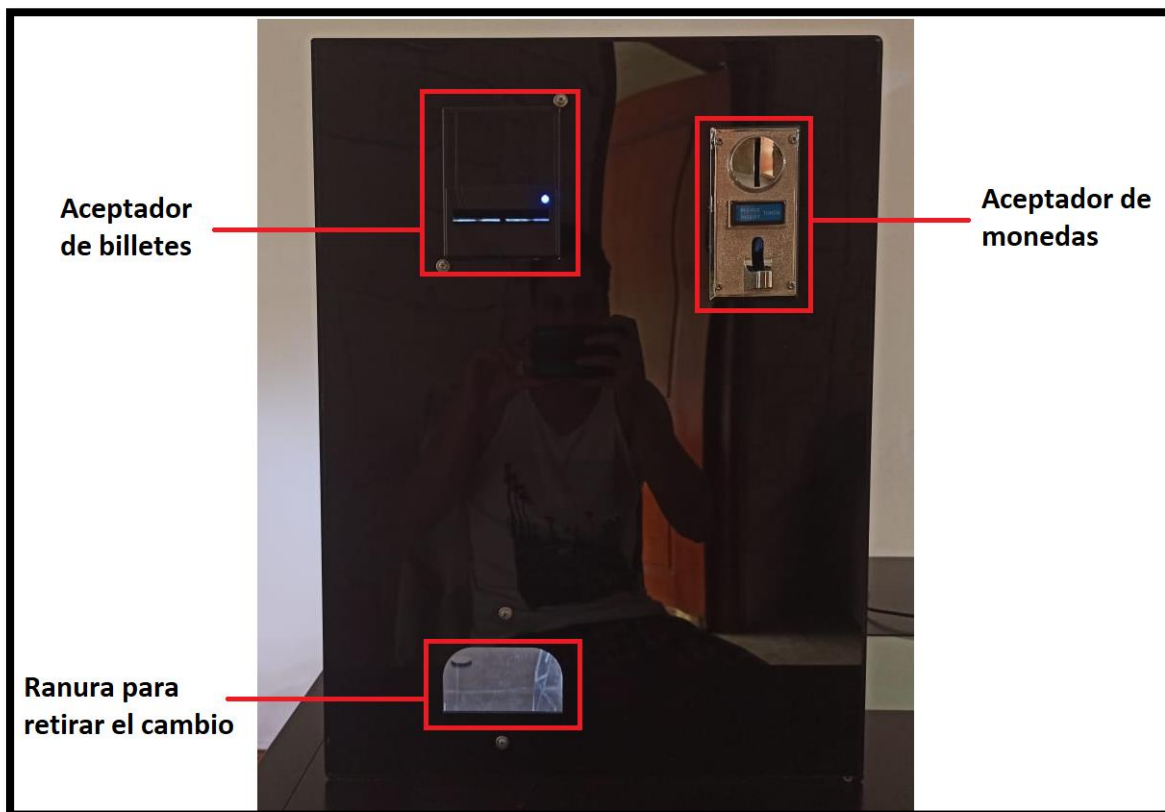


Nota. Tomado de Vending machines in the cafeteria at Charlotte Regional Medical Center, Punta Gorda - Florida, PCHS-NJROTC, 2010.

Una vez planteado el problema se decidió colocar los periféricos en la cara frontal del equipo, pero uno junto al otro es decir en forma horizontal y en la parte superior del dispositivo esto debido a que por sus características el equipo tendrá una altura de 55 cm y tendrá que ser instalado sobre una mesa, sabiendo que la altura promedio de una mesa es de 75 cm, la altura final será 1.30 m, altura dentro del rango recomendado. A continuación, en la figura se muestra la distribución final de los periféricos en el equipo diseñado.

Figura 61

Distribución de periféricos en la cara frontal del dispositivo



Adicionalmente en la cara frontal se colocó una ranura la cual permite introducir la mano para retirar el cambio, esta ranura está ubicada en la parte inferior izquierda a fin de hacer más cómodo el acceso de la mano a las monedas que caen como cambio. También es importante mencionar que durante el proceso de construcción del dispositivo se trabajaron las placas de acrílico con un forro de protección, esto para evitar rayarlo con las herramientas o golpes fuertes.

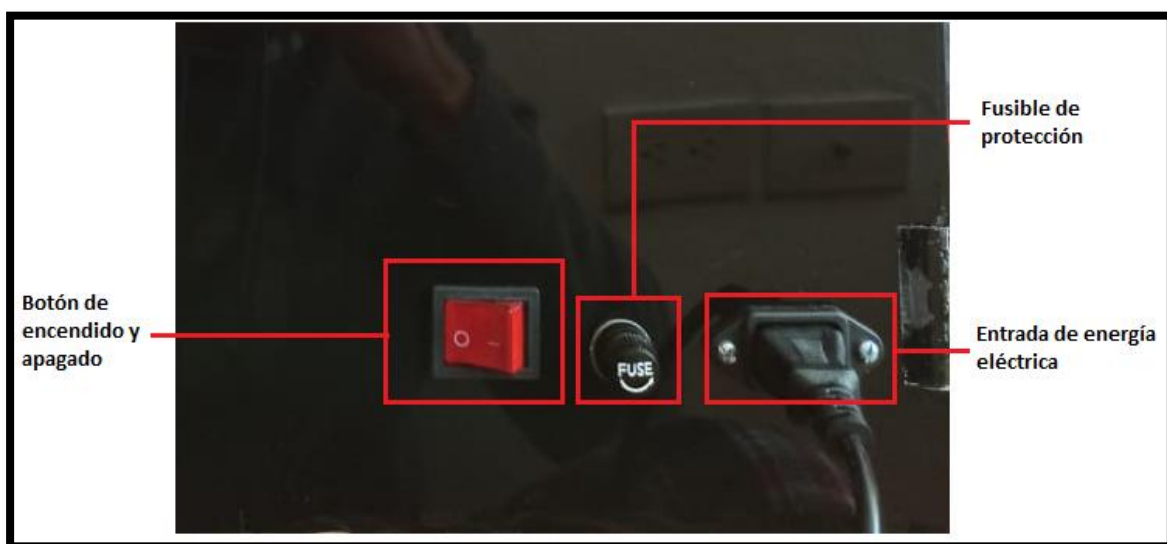
Salida de conexión eléctrica y switch de encendido

Como se mencionó en el apartado de diseño, para alimentar el dispositivo se decidió utilizar una fuente de 12V DC. Una vez implementada se vio la necesidad de incluir una ranura en el exterior del dispositivo para la salida del cable de alimentación, también se encontró la necesidad de colocar el switch de encendido en la parte exterior

del dispositivo. Teniendo estas observaciones en cuenta se tomó la decisión de colocar las ranuras para estos componentes en la cara lateral en la parte inferior trasera a fin de que sea más fácil llegar a ellos para el vendedor que hace uso del dispositivo. Adicionalmente como se trata de un equipo que se conectará a la red eléctrica de 120V AC a 60 Hz se decidió incluir en el diseño un fusible que proteja al circuito del dispositivo, este fusible será de 2 Amperios, que es inferior a la corriente máxima que puede recibir el transformador AC/DC instalado, mismo que funciona con un máximo de 3.5 Amperios.

Figura 62

Ranuras en la cara lateral del dispositivo



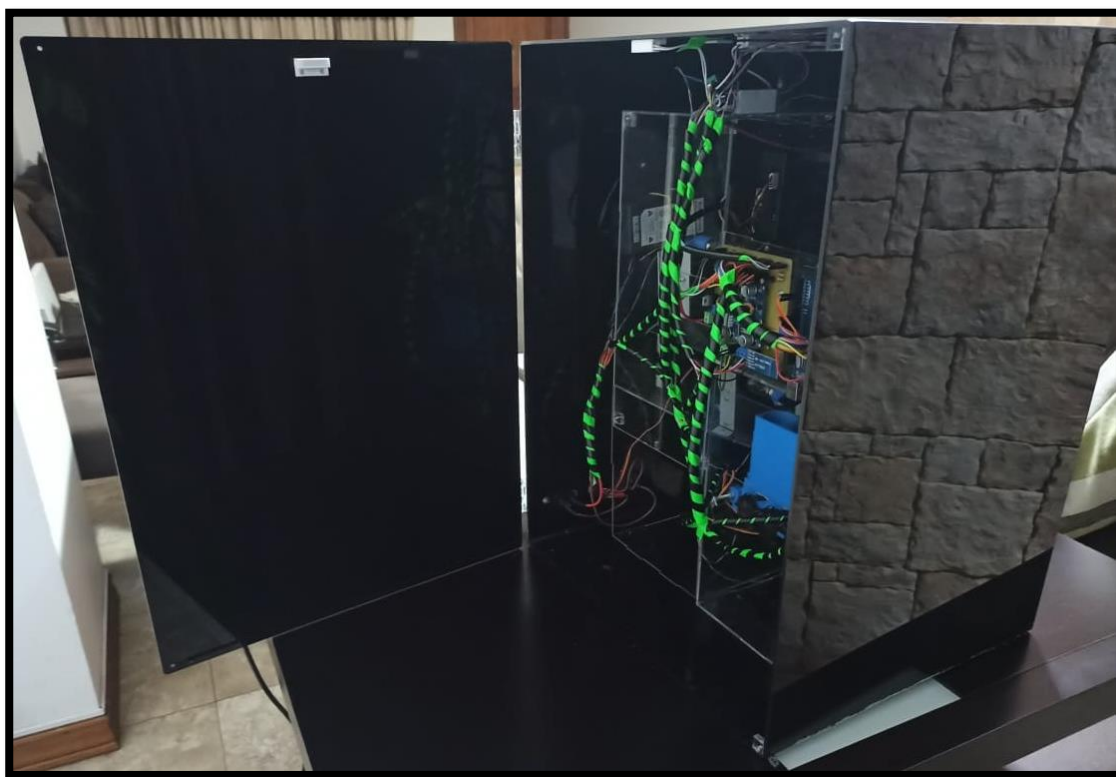
Puerta de acceso al circuito

El usuario en su trabajo con el dispositivo puede tener la necesidad de retirar billetes o monedas ya desinfectadas del dispositivo, o también si se da el caso puede tener la necesidad de sustraer las bombillas desinfección para cambiarlas por unas nuevas, también será necesario que periódicamente se llenen los stacks de monedas,

conociendo esto se resolvió añadir una puerta que permita el acceso rápido, fácil y seguro al interior del dispositivo. Se colocó esta puerta en la cara trasera unida con bisagras a una de las caras laterales como se puede observar en la siguiente figura.

Figura 63

Puerta de acceso al interior del dispositivo



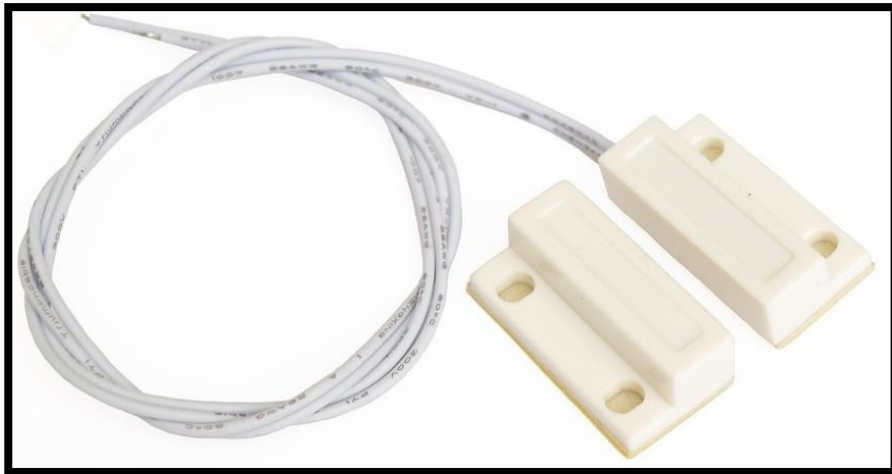
Sistema de protección al abrir el dispositivo

Ya que existe la necesidad de abrir y cerrar la puerta del dispositivo regularmente se decidió añadir al diseño un sistema que permita que se apaguen automáticamente la luces UVC si se detecta que se abrió la puerta, y al momento que el sistema detecte que se cerraron las puertas se continúe con el proceso de desinfección de monedas y billetes en el interior del dispositivo. La importancia de este sistema es que como se mencionó anteriormente en el documento, las luces UVC son muy peligrosas para el ser humano

por lo que hay que evitar su exposición a como dé lugar. Con este sistema se elimina el riesgo de que las luces UVC se enciendan mientras el usuario tiene la puerta del dispositivo abierta. Este sistema se lo logró diseñar gracias un sensor magnético mismo que se lo colocó en la parte superior de la puerta, cuando se juntan ambas partes del mecanismo el circuito se cierra y las luces UVC se encienden, mientras que si la puerta se abre igualmente el circuito se abre y las luces UVC se apagan instantáneamente.

Figura 64

Sensor magnético



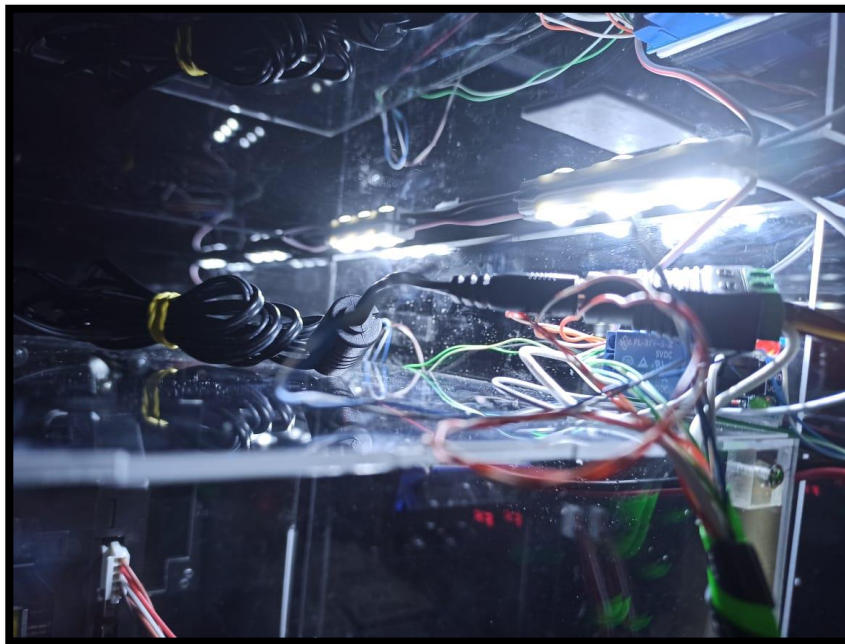
Juego de luces led en el interior del dispositivo

Mientras se realizaban las pruebas de funcionamiento también se encontró el problema de que debido a que las paredes del dispositivo son de color negro en el interior del mismo la visibilidad es casi nula a pesar de que existe luz en el exterior, por este motivo se decidió incorporar un juego de luces led en el interior del dispositivo. Este juego de luces led únicamente deberá prenderse cuando se abra la puerta, entonces sabiendo que las luces UVC deben realizar el proceso inverso y se añadió un relé eléctrico de 12V, este relé será disparado por el sensor magnético, cuando el sensor abra el circuito el relé

se encontrará en su estado normalmente abierto lo que encenderá el juego de luces led, mientras que cuando el sensor magnético cierre el circuito, el relé cambiará a su estado normalmente cerrado y encenderá las luces UVC.

Figura 65

Juego de luces led



Nota. En la imagen se puede observar en la parte superior los dos juegos de tres leds encendidos mientras que una de las bombillas UVC apagada.

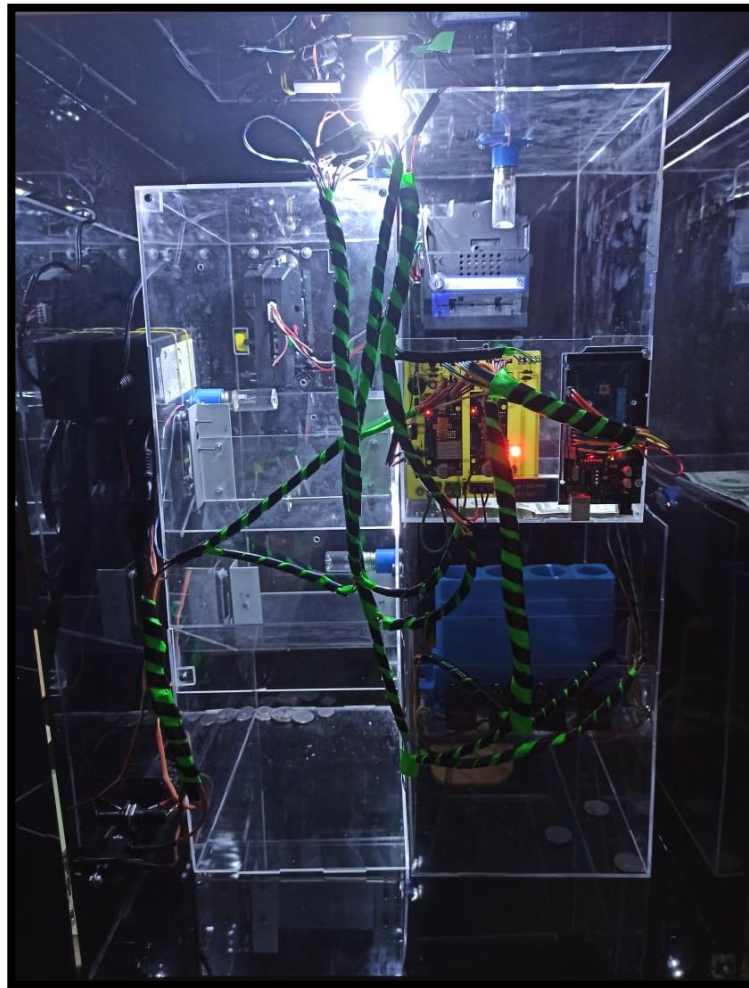
Disposición interna de los elementos del dispositivo

El dispositivo consta de tres módulos el primer módulo lleva el aceptador de monedas, el sistema de compuertas para la desinfección de monedas, dos luces UVC y el depósito de monedas ya desinfectadas. El segundo módulo consta del aceptador de billetes, dos luces UVC y el depósito de billetes. El tercer módulo consta del Sistema de entrega de cambio con su Stack de monedas y la rampa de salida. Estos tres sistemas

se los colocó de tal forma que los periféricos coincidan en la parte externa con el modelo previamente seleccionado, la placa de circuito y el módulo arduino se colocaron con tornillos en la parte trasera del módulo dos, para evitar que sean irradiados permanentemente por la luz UVC y aumentar su tiempo de vida. La disposición final de todos estos elementos se puede apreciar en la siguiente figura.

Figura 66

Disposición final de los elementos en el interior del dispositivo.



Pruebas de funcionamiento

Una vez construido el dispositivo con todas las características anteriormente mencionadas se procedió a realizar las pruebas de funcionamiento. A fin de cumplir con los objetivos del proyecto se deben realiza las siguientes pruebas:

- Prueba del sistema de cobro de dinero y entrega de cambio.
- Prueba del sistema de desinfección y luces UVC.
- Prueba de seguridad para el usuario.
- Prueba de aceptación por parte del usuario.

Prueba de entrega de cambio

Para esta prueba se activaron cada uno de los cuatro servomotores encargados de empujar las monedas que se entregarán como cambio, cada servomotor se activó durante 20 ocasiones con intervalos de 5 segundos entre moneda empujada, no se tuvieron resultados negativos en esta prueba, aunque se pudo evidenciar que el orificio para retirar monedas tenía un tamaño muy estrecho por lo que se procedió a ampliarlo.

Prueba del sistema de cobro de dinero

Para esta prueba se realizaron transacciones con 15 muestras de cada tipo de moneda aceptado por el dispositivo, estos son en monedas:

- Cinco centavos
- Diez centavos
- Veinticinco centavos
- Cincuenta centavos
- Un dólar

Para los billetes se probarán con las tres denominaciones programadas, mismas que serán escogidas por el usuario, estas son:

- Un dólar
- Cinco dólares
- Diez dólares.

Resultados de prueba con monedas

Para estas pruebas se introdujeron en el dispositivo cantidades altas de dinero a cobrar, posteriormente se procedió a introducir una a una las monedas logrando que al menos se repitiera quince veces ese proceso con cada denominación. En cada paso de moneda se evaluó:

- Nacionalidad de la moneda (dólar ecuatoriano o americano).
- Año en el que fue acuñada la moneda.
- Número de intentos para que el aceptador de monedas la reconozca.
- Número de veces que la moneda se atoró en el aceptador de monedas.
- ¿El programa contó la moneda?

Moneda de cinco centavos

Tabla 21

Prueba con monedas de cinco centavos

No.	País	Año	Intentos para ser reconocida	Veces que se atoró	¿Contó la moneda?
1	Ecuador	2000	1	0	SI
2	Ecuador	2000	1	0	SI
3	Ecuador	2000	6	0	SI
4	USA	1973	1	0	SI
5	USA	1980	1	0	SI

No.	País	Año	Intentos para ser reconocida	Veces que se atoró	¿Contó la moneda?
6	USA	1987	1	0	SI
7	USA	1989	1	0	SI
8	USA	2003	2	0	SI
9	USA	2013	1	0	SI
10	USA	2015	1	0	SI
11	USA	2016	1	0	SI
12	USA	2017	1	0	SI
13	USA	2017	1	0	SI
14	USA	2018	1	0	SI
15	USA	2019	1	0	SI

Para la prueba se utilizaron 15 monedas distintas, 3 de estas monedas fueron ecuatorianas mientras que 12 fueron americanas. Como resultado de estas pruebas tenemos que:

- Promedio de intentos para que una moneda de 5 centavos sea reconocida por el dispositivo es de 1.4
- El promedio de veces que una moneda de 5 centavos se atoró es de 0
- El 100% de monedas de 5 centavos ingresadas fueron contadas por el programa.

Moneda de diez centavos

Tabla 22

Prueba con monedas de diez centavos

No.	País	Año	Intentos para ser reconocida	Veces que se atoró	¿Contó la moneda?
1	Ecuador	2000	6	1	SI
2	Ecuador	2000	1	0	SI
3	Ecuador	2000	4	0	SI
4	Ecuador	2000	1	0	SI
5	USA	1971	1	0	SI
6	USA	1971	1	0	SI
7	USA	1991	1	0	SI
8	USA	2002	1	0	SI
9	USA	2012	1	0	SI
10	USA	2012	1	0	SI
11	USA	2016	1	0	SI
12	USA	2017	1	0	SI
13	USA	2018	1	0	SI
14	USA	2020	1	0	SI
15	USA	2020	1	0	SI

Para la prueba se utilizaron 15 monedas distintas, 4 de estas monedas fueron ecuatorianas mientras que 11 fueron americanas. Como resultado de estas pruebas tenemos que:

- Promedio de intentos para que una moneda de 10 centavos sea reconocida por el dispositivo es de 1.53
- Únicamente una moneda se 10 centavos, se atoró durante la prueba.

- El 100% de monedas de 10 centavos ingresadas fueron contadas por el programa.

Moneda de veinticinco centavos

Tabla 23

Prueba con monedas de veinticinco centavos

No.	País	Año	Intentos para ser reconocida	Veces que se atoró	¿Contó la moneda?
1	Ecuador	2000	2	0	SI
2	Ecuador	2000	1	0	SI
3	Ecuador	2000	1	0	SI
4	Ecuador	2000	1	0	SI
5	Ecuador	2000	1	0	SI
6	Ecuador	2000	1	0	SI
7	Ecuador	2000	1	0	SI
8	USA	1987	1	0	SI
9	USA	1992	2	0	SI
10	USA	1999	1	0	SI
11	USA	2013	1	0	SI
12	USA	2016	1	0	SI
13	USA	2016	1	0	SI
14	USA	2017	3	0	SI
15	USA	2017	1	0	SI

Para la prueba se utilizaron 15 monedas distintas, 7 de estas monedas fueron

ecuatorianas mientras que 8 fueron americanas. Como resultado de estas pruebas tenemos que:

- Promedio de intentos para que una moneda de 25 centavos sea reconocida por el dispositivo es de 1.26
- Ninguna moneda de 25 centavos se atoró en el dispositivo.
- El 100% de monedas de 25 centavos ingresadas fueron contadas por el programa.

Moneda de cincuenta centavos

Tabla 24

Prueba con monedas de cincuenta centavos

No.	País	Año	Intentos para ser reconocida	Veces que se atoró	¿Contó la moneda?
1	USA	1974	1	0	SI
2	USA	1986	1	0	SI
3	USA	1986	1	0	SI
4	USA	1996	1	0	SI
5	Ecuador	2000	1	0	SI
6	Ecuador	2000	4	0	SI
7	Ecuador	2000	1	0	SI
8	Ecuador	2000	1	0	SI
9	Ecuador	2000	4	1	SI
10	Ecuador	2000	3	0	SI

No.	País	Año	Intentos para ser reconocida	Veces que se atoró	¿Contó la moneda?
11	Ecuador	2000	3	0	SI
12	Ecuador	2000	2	1	SI
13	Ecuador	2000	5	3	SI
14	Ecuador	2000	1	0	SI
15	Ecuador	2000	1	0	SI

Para la prueba se utilizaron 15 monedas distintas, 11 de estas monedas fueron ecuatorianas mientras que 4 fueron americanas. Como resultado de estas pruebas tenemos que:

- Promedio de intentos para que una moneda de 50 centavos sea reconocida por el dispositivo es de 2.
- El promedio de veces que una moneda de 50 centavos se atoró es de 0.33.
- El 100% de monedas de 5 centavos ingresadas fueron contadas por el programa.

Moneda de un dólar

Tabla 25

Prueba con monedas de un dólar

No.	País	Año	Intentos para ser reconocida	Veces que se atoró	¿Contó la moneda?
1	USA	2000	1	0	SI
2	USA	2000	1	0	SI

No.	País	Año	Intentos para ser reconocida	Veces que se atoró	¿Contó la moneda?
3	USA	2000	1	0	SI
4	USA	2000	2	0	SI
5	USA	2000	3	0	SI
6	USA	2000	1	0	SI
7	USA	2000	1	0	SI
8	USA	2000	1	0	SI
9	USA	2000	1	0	SI
10	USA	2000	2	0	SI
11	USA	2000	1	0	SI
12	USA	2001	1	0	SI
13	USA	2001	1	0	SI
14	USA	2001	1	0	SI
15	USA	2008	1	0	SI

Para la prueba se utilizaron 15 monedas distintas, todas fueron americanas. Como resultado de estas pruebas tenemos que:

- Promedio de intentos para que una moneda de 1 dólar sea reconocida por el dispositivo es de 1.26.
- Ninguna moneda de un dólar se atoró.
- El 100% de monedas de un dólar ingresadas fueron contadas por el programa.

Luego de terminada la prueba se transfirieron los datos a la siguiente tabla a fin

de analizar los resultados con mayor facilidad, esta tabla incluye los promedios en cada una de las pruebas para las distintas denominaciones de monedas evaluadas:

Tabla 26

Resultado de las pruebas de cobro de monedas

Denominación	Promedio de intentos para ser reconocida	Promedio de monedas atoradas	Porcentaje de monedas contadas
5 ctvs.	1.4	0	100%
10 ctvs.	1.53	0.06	100%
25 ctvs.	1.26	0	100%
50 ctvs.	2	0.33	100%
1 dólar	1.26	0	100%

Con estos datos sabemos que las monedas de 50 centavos son las que causan más problemas ya que en promedio hace falta introducirlas dos ocasiones para que puedan ser leídas por el dispositivo, adicionalmente también son las que más se atorán con un promedio de una de cada tres monedas atoradas. A estas le siguen las monedas de 10 centavos, luego las de 5 centavos y finalmente las de 1 dólar y 25 centavos.

Resultado de prueba con billetes

Para esta prueba se tomaron tres billetes en buen estado, tres billetes en estado medio y tres billetes deteriorados de cada una de las denominaciones admitidas, estas son:

- Un dólar
- Cinco dólares

- Diez dólares

Se ingresaron en el dispositivo los nueve billetes de cada denominación y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 27

Resultado prueba con billetes

Denominación	Estado	Leído por el dispositivo	Contado por el programa
1	Nuevo	Sí	Sí
1	Intermedio	Sí	Sí
1	Deteriorado	No	n/a
5	Nuevo	Sí	Sí
5	Intermedio	Sí	Sí
5	Deteriorado	n/a	n/a
10	Nuevo	Sí	Sí
10	Intermedio	Sí	Sí
10	Deteriorado	n/a	n/a

Como resultado de esta prueba se tiene que, al ser billetes en estado nuevo, el dispositivo los lee con bastante facilidad y el programa no tiene problemas en contarlos, para billetes en estado intermedio hay que aplanar un poco el billete antes de ingresarlo a fin de evitar problemas con las partes mecánicas del aceptador de billetes, teniendo esta recomendación en cuenta todos los billetes son leídos sin problema. Finalmente, para billetes deteriorados se probó con los de un dólar, pero el primer billete en ser ingresado se atoró en el aceptador de billetes por lo que se decidió ya no realizar más pruebas con billetes en ese estado y se recomienda no ingresarlos en el dispositivo.

Prueba del sistema de desinfección y luces UVC.

Para comprobar el sistema de desinfección se deben revisar que las compuertas de los depósitos de monedas se encuentren funcionando correctamente y se abran y cierren cada diez y treinta minutos según corresponda, para probarlo se decidió realizar cinco operaciones de cobro, con una separación de una hora entre cada operación de esta forma se puede tomar el tiempo en el cual se abre cada una de las compuertas y si todas las monedas del depósito avanzaron al siguiente nivel de desinfección.

Tabla 28

Prueba sistema de desinfección

No.	Monedas ingresadas	Tiempo 1era compuerta	Monedas atoradas 1era compuerta	Tiempo 2da compuerta	Monedas atoradas 2da compuerta
1	10	10 min 17 s	0	40 min 22 s	0
2	10	10 min 12 s	0	40 min 20 s	0
3	10	10 min 15 s	0	40 min 23s	0
4	10	10 min 15 s	0	40min 21 s	0
5	10	10 min 13 s	0	40 min 20 s	0

Como resultado se tiene que efectivamente las compuertas se abren en los tiempos previstos, estos aumentan unos pocos segundos debido a la ejecución del programa principal del arduino mientras se ingresan monedas o billetes.

Para realizar la prueba de luces UVC, se midieron las resistencias de todas las bombillas antes de ser instaladas a fin de comprobar que no se encuentren quemadas,

estas bombillas funcionan con 12V DC y tienen una resistencia de 48 ohm lo que les permite generar una potencia de 3W cada una. Como se estableció con anterioridad dentro del dispositivo se tendrán cuatro bombillas lo que genera 12W de potencia conjunta dentro de una caja de 34cm x 40.5cm x 54cm.

Figura 67

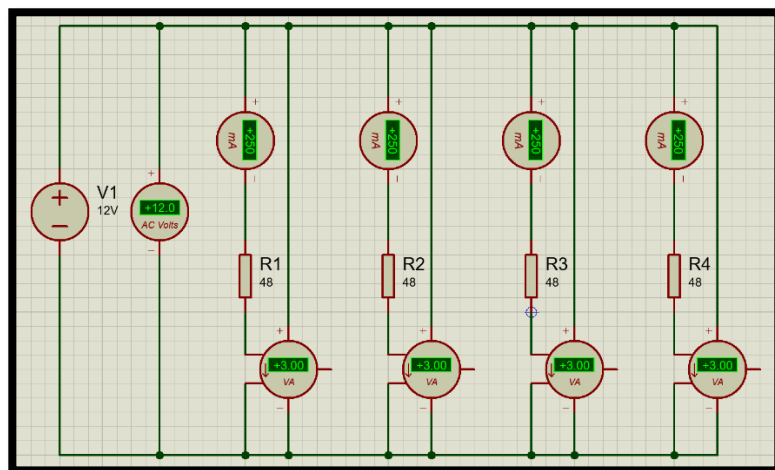
Superficie irradiada por cada bombilla

No.	Descripción	Ancho	Largo	Altura	Dosis
1	Monedas 1	15 cm	20 cm	8 cm	10 mJ/cm ²
2	Monedas 2	15 cm	20 cm	8 cm	10 mJ/cm ²
3	Billetes 1	17 cm	20 cm	16 cm	8.8 mJ/cm ²
4	Billetes 2	17 cm	20 cm	2 cm	8.8 mJ/cm ²

Cada una de las bombillas desinfectará superficies menores a los 30cm x 30cm y a una altura menor a los 20 cm que son las medidas del dispositivo original para el cual fueron diseñadas. Esto nos da la seguridad que se aprovecharán correctamente las características de desinfección de cada una de las bombillas. A continuación, un esquema del circuito de conexión de las cuatro bombillas.

Figura 68

Circuito de conexión de las bombillas UVC



Nota. En este esquema las bombillas se han reemplazado por resistencias de 48 ohm, para poder apreciar la potencia generada en cada una, potencia que es de 3W.

Prueba de seguridad para el usuario.

A fin de cumplir con las normativas vigentes para productos que desinfectan superficies a partir de UVC, se revisaron normativas existentes en el Ecuador, y al no encontrar la existencia de una normativa clara para la regulación del producto de este trabajo de investigación, se recurrió a normativas de otros países para tomarlas como base. Luego de realizada esta investigación se determinó que las especificaciones UNE 0068 expedidas en junio del 2020 por las Asociación Española de Normalización UNE es la normativa más completa y actual, además que se desarrolló con el afán de normar dispositivos dedicados a desinfección del SARS-CoV-2.

En esta normativa existen algunos requisitos sobre todo de seguridad eléctrica para equipos que manejan altas cargas de tensión, en nuestro caso estos no se aplican ya que se maneja una tensión máxima de 12V DC en el circuito interior. Entre los requisitos de seguridad que si se aplican a el dispositivo desarrollado tenemos:

- El material eléctrico debe utilizarse de manera segura y estar explicado en el

documento que acompañe al producto.

- El material Eléctrico y sus componentes debe estar fabricado de manera que permitan un montaje y conexión seguros y adecuados.
- Las personas y animales domésticos deben quedar adecuadamente protegidos contra el peligro de lesiones físicas u otros daños que pueda provocar el contacto directo o indirecto.
- No se produzcan temperaturas peligrosas.
- El sistema de aislamiento eléctrico sea el adecuado.
- Responda a los requisitos mecánicos esperados de manera que no se ponga en peligro personas animales o bienes.
- Responda a influencias no mecánicas en condiciones esperadas de manera que no ponga en peligro personas, animales o bienes.

Sobre el cuidado con rayos UVC esta norma indica que:

- No se permiten que en dispositivos germicidas UVC algún tipo de radiación sea emitida al exterior.
- No se debe utilizar radiación UVC para desinfectar manos o cualquier otra área de la piel.
- Debe darse mantenimiento a estos dispositivos al menos una vez cada seis meses a fin de verificar su seguridad.

A fin de cumplir con las normativas de seguridad eléctricas se verifico que todos los cables del dispositivo cuenten con aislante correctamente adherido y además se aplicó una capa extra de aislante adicional a los cables mayormente expuestos para protegerlos.

También se colocaron paredes de protección transparentes para evitar que las

manos o dedos del usuario puedan llegar a las partes mecánicas del dispositivo principalmente a los servomotores.

Se selló cualquier ranura que permitiera la salida de radiación UVC al exterior y adicionalmente se diseñaron boquillas para cada una de las luces UVC a fin de facilitar su implantación o extracción del dispositivo.

Se instaló un sensor en la puerta del dispositivo para impedir que las bombillas UVC funcionen con la puerta abierta y puedan radiar sobre la piel u ojos del usuario cuando este necesite manipular algún elemento en el interior.

Se cambiaron las paredes del exterior del dispositivo que estaban unidas con pegamento por una pared curva con termoformado a fin de que la estructura se vuelva más resistente a agentes y condiciones externas.

Se diseñó una placa a fin de que la conexión y desconexión de elementos del circuito sea más fácil y segura para el usuario.

Se incluyó una advertencia del peligro de la radiación UVC en el dispositivo para alertar al usuario y prevenir accidente y un teléfono de contacto para realizar el respectivo mantenimiento del dispositivo cuando sea necesario.

Se añadió un fusible a la entrada del circuito y evitar accidentes por el ingreso de cargas elevadas.

Con todas estas correcciones en el diseño se cumplen todas las consideraciones establecidas en la normativa previamente mencionada y se tiene la seguridad de que el usuario no se verá afectado de ninguna forma por el dispositivo diseñado.

Prueba de aceptación por parte del usuario

Debido a las restricciones por la pandemia se presentaron muchos problemas para trasladar el dispositivo hasta cada una de las personas que se tenía previsto encuestar, por lo que se tomó la decisión de realizar un video explicando el

funcionamiento del dispositivo y posteriormente enviar la encuesta a los sujetos seleccionados como muestra.

Los sujetos de esta encuesta fueron personas que son dueñas o trabajan en negocios en los cuales se podría implementar el dispositivo, es decir negocios en los cuales se intercambia dinero en efectivo a lo largo de todo el día. También se decidió preguntar a clientes es decir compradores que harían uso de este dispositivo al momento de pagar una compra, se obtuvieron los siguientes resultados:

Encuesta destinada a vendedores:

Se realizaron diez encuestas a vendedores de distintos tipos de negocios con las siguientes preguntas y resultados:

Pregunta 1. ¿Cuántas transacciones de dinero en efectivo se realizan en promedio durante un día en su negocio?

En promedio los negocios de los encuestados realizan 35 transacciones con dinero en efectivo al día

Pregunta 2. ¿Qué porcentaje del dinero que usted entrega como cambio a sus clientes es desinfectado?

En promedio los encuestados entregan el 95% de su dinero desinfectado.

Pregunta 3. ¿Qué método de desinfección utiliza para el dinero en efectivo?

El 100% de los encuestados coincidieron en que utilizan alcohol antiséptico para la desinfección de dinero en efectivo.

Pregunta 4. ¿Sabía usted que se puede utilizar luz UVC para desinfectar billetes y monedas?

El 93% de los encuestados conocían que se puede utilizar luz UVC para desinfectas billetes y monedas.

Pregunta 5. Una vez visto el video adjunto, ¿Estaría dispuesto a adquirir un dispositivo de sanitización mediante luz UVC para realizar el cobro de dinero en efectivo en su negocio?

El 73% de los encuestados estarían dispuestos a adquirir un dispositivo de sanitización mediante luz UVC para realizar el cobro de dinero en efectivo.

Pregunta 6. Desde el inicio de la pandemia hasta hoy, ¿Cuánto dinero ha gastado en métodos de desinfección de billetes y monedas?

En promedio los encuestados han gastado \$35 dólares al mes en métodos de desinfección para billetes y monedas.

Pregunta 7. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por el dispositivo de sanitización mostrado en el video adjunto?

Los encuestados estarían dispuestos a pagar entre \$50 a \$300 dólares por un dispositivo de sanitización como el mostrado en el video.

Encuesta destinada a compradores

Se realizaron 20 encuestas a compradores con las siguientes preguntas y resultados:

Pregunta 1. En un día promedio ¿Cuántas transacciones de dinero en efectivo realiza?

Los encuestados en promedio realizan cuatro transacciones de dinero en efectivo en un día normal.

Pregunta 2. ¿Desinfecta el dinero antes de realizar un pago en efectivo?

El 50% de los encuestados si desinfecta el dinero antes de realizar un pago en efectivo, el 30% lo hace algunas veces y un 20% no lo hace.

Pregunta 3. ¿Desinfecta el dinero luego de recibir el vuelto de una transacción en efectivo?

Un 50% de los encuestados si desinfecta el vuelto de una transacción en efectivo, un 25% lo hace algunas veces y un 25% no lo hace nunca.

Pregunta 4. ¿Desde el inicio de la pandemia, cuánto dinero ha gastado en productos para desinfectar dinero en efectivo?

En promedio los encuestados han gastado \$20 dólares al mes en productos para desinfectar dinero en efectivo.

Pregunta 5. ¿Sabía usted que se puede utilizar luz UVC para desinfectar billetes y monedas?

El 50% de los encuestados conocía que se puede desinfectar monedas y billetes mediante luz UVC mientras que el otro 50% lo desconocía

Pregunta 6. Una vez visto el video adjunto, ¿Cree usted que es útil el dispositivo desarrollado?

El 100% de los encuestados cree que el dispositivo desarrollado es útil.

Pregunta 7. ¿Preferiría usted comprar en un negocio que desinfecte el dinero en efectivo con luz UVC como se mostró en el video?

El 100% de los encuestados preferiría comprar en un negocio que desinfecte el dinero en efectivo con luz UVC

Capítulo V

Conclusiones, recomendaciones y trabajos a futuro

Conclusiones

- Al finalizar el trabajo, se pudo diseñar e implementar un dispositivo capaz de cobrar dinero en efectivo y entregar cambio, aplicando sobre monedas y billetes luz UVC germicida en una dosis mínima de 1000 mJ/cm^2 , durante 30 minutos, para eliminar al SARS-CoV 2 de su superficie, valores que han sido obtenidos acorde a las recomendaciones de la IUVA.
- Para este proyecto se consideró utilizar la técnica de sanitización mediante luz UVC, se concluyó que la técnica de irradiación directa de superficies es la más adecuada, en concordancia con el estudio expuesto por Martin Heßling (2020), quien concluyó que la aplicación de luz UVC es eficaz para eliminar el SARS-CoV 2 y detener la transmisión por contacto del Covid-19 en las superficies irradiadas.
- Los protocolos de seguridad implantados en el dispositivo como uso de fusible, aislamiento de conductores, paredes de protección en componentes mecánicos, sellos para impedir salida de radiación UVC, sensor para impedir trabajo de luces UVC con la puerta abierta, carcasa termoformada y advertencias de alto voltaje y radiación UVC, son eficaces y garantizan la seguridad del usuario ya que este dispositivo guarda de exponer al usuario a la luz UVC y al alto voltaje.
- De las encuestas de opinión aplicadas a los dueños de negocios y a sus clientes se evidenció la preferencia de los primeros por contar con un dispositivo que preste este servicio, y de los otros a comprar en un lugar

donde se cuenta con un dispositivo de desinfección de efectivo mediante luz UVC. Además, los dueños de negocios creen que el precio del dispositivo está por debajo del valor real, lo que supondría un problema al momento de comercializar el dispositivo.

- También, en las encuestas se determinó, como ventaja del dispositivo diseñado, que el 100% de dueños de negocios y sus clientes utilizan alcohol antiséptico para desinfectar el dinero, cuyo costo es alto en comparación con el costo de operación del equipo de desinfección diseñado. Además, el uso de alcohol y otros desinfectantes generan residuos dañinos que afectan a la piel, lo que no ocurre con la aplicación del dispositivo diseñado.
- Se determinó que el aceptador de monedas es capaz de reconocer cualquier tipo de moneda que se encuentra en circulación en el país, aunque en promedio las monedas de 50 centavos se deben introducir en dos ocasiones para que sean leídas correctamente por el dispositivo. Además, se encontró que estas monedas en promedio se atorán una de cada tres veces que son insertadas, con el resto de monedas el problema existe, pero en una menor proporción.
- En las pruebas realizadas sobre el dispositivo, se determinó que el aceptador de billetes es capaz de captar todo tipo de billete mientras se encuentre en buenas condiciones ya que, si se ingresan billetes rotos, demasiado gastados o con cintas adhesivas en su superficie estos se atorán en el dispositivo.
- El sistema de entrega de cambio diseñado con servomotores y un stack de monedas impreso en 3D funciona correctamente y es capaz de entregar

el cambio conforme a las necesidades de usuario.

- El sistema de compuertas para la desinfección UVC diseñado, necesitó la incorporación de módulos Stepdown para cambiar la cantidad de voltaje en los servomotores, estas compuertas funcionan correctamente y permiten el paso de monedas en los tiempos requeridos.

Recomendaciones

- Durante el trabajo se evidencio que en el Ecuador no existen normativas que regulen productos que trabajan con luz UVC para la desinfección de superficies, es por eso que sería recomendable se inicie con una normativa de regulación a fin de evitar accidentes o daños en los usuarios y darle seguridad a los mismos al comprar este tipo de productos.
- Siempre es importante advertir al usuario sobre el proceso de sanitización mediante luz UVC, ya que muchos por desconocimiento pueden hacer un mal uso del dispositivo y causarse daños a ellos mismos o a quienes se encuentran a su alrededor.
- Conseguir auspicios o inversores y desarrollar este diseño con un mayor presupuesto a fin de mejorar los periféricos y hacerlo más atractivo para los usuarios.
- Si se busca financiar la construcción en masa de este dispositivo se pueden vender las superficies visibles del mismo para el anuncio de productos, ya que por sus características y funciones este dispositivo estará las tiendas y atraerá inevitablemente la atención de los usuarios.
- Esperar que organismos internacionales se pronuncien sobre el uso de luz UVC para eliminar el SARS-CoV-2 de superficies y dependiendo de ese

pronunciamiento hacer mejoras o rediseños necesarios al dispositivo de sanitización.

Trabajos a futuro

- Se propone integrar el dispositivo diseñado con una estructura exterior que garantice la seguridad del contenido, aunque se intente abrirlo por la fuerza.
- Se propone integrar el dispositivo diseñado en dispensadores automáticos de productos como una máquina de vending que desinfeste el dinero y los productos a ser entregados.
- Se propone añadir al dispositivo diseñado métodos de pago electrónicos para contribuir al cambio hacia el dinero electrónico y métodos de pago sin contacto físico.
- Se propone añadir al dispositivo un módulo de auto reposición entre las monedas ya desinfectadas y las monedas que se entregan de cambio, así se mejorará su autonomía y se reducirá la necesidad de control por parte de un usuario humano.
- Se propone añadir una memoria que tome los datos de cada transacción que se realice mediante el dispositivo a fin de utilizar estos datos para mejorarlo, hacerlo más eficiente y contar con información para la toma de decisiones.
- Se propone determinar la capacidad germicida del dispositivo diseñado, tanto en monedas como en billetes, comparando antes y después de ser sometidos a la desinfección.

Referencias Bibliográficas

- Asociación Española de Normalización. (2020). *Requisitos de seguridad para aparatos UV-C utilizados*. Génova - España: Especificación UNE 0068.
- BBC. (12 de mayo de 2020). *Coronavirus: qué es la luz UVC que se utiliza para desinfectar superficies (y qué riesgos conlleva)*. Obtenido de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-52626354>
- Briones Cando Natali, Z. T. (Septiembre - Diciembre de 2020). Luz ultravioleta para desinfección en áreas de salud, frente al covid-19. Revisión de literatura. *Revista OACTIVA UC Cuenca*, 107-114.
- Cadena, C. A. (2011). *Determinacion de la fotoproteccion de lentes de sol fotocromáticos, polarizados y de policarbonato*.
- CDC. (20 de septiembre de 2019). *Radiación UV*. Obtenido de <https://www.cdc.gov/spanish/especialescdc/radiacionuv/index.html>
- Chavez, Valeria. (13 de marzo de 2020). *infobae*. Obtenido de *Cómo limpiar y desinfectar las superficies en casa para prevenir el coronavirus*: <https://www.infobae.com/america/tendencias-america/2020/03/13/como-limpiar-y-desinfectar-las-superficies-en-casa-para-prevenir-el-coronavirus/>
- Downes, A. B. (1877). The Influence of Light upon the Development of Bacteria. *Nature*, 218.
- El Comercio. (16 de julio de 2020). *Cuánto tiempo en realidad permanece el covid-19 en la manija de una puerta, un vaso de vidrio, el asiento de un bus...?* Obtenido de <https://www.elcomercio.com/tendencias/objetos-coronavirus-cientificos-covid.html>
- El Espectador, P. (2020). *¿ Acabará el COVID-19 con el dinero en efectivo?*.

- El Telegrafo. (9 de enero de 2020). *BCE emitió \$78,7 millones en moneda fraccionaria desde el 2000.* Obtenido de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/4/bce-emision-moneda>
- Emmanouil Angelakis, E. I.-G. (2014). Paper money and coins as potential vectors of transmissible disease. *Future Medicine*, VOL9, NO. 2.
- Fischer, R. J. (2020). Assessment of N95 respirator decontamination and re-use for SARS-CoV-2. *MedRxiv*.
- Gea, M. S. (2005). Colector solar plano de policarbonato alveolar. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 9.
- Gobierno de España. (2020). *Nota sobre el uso de productos que utilizan radiaciones Ultravioletas-C para desinfección del SARS-CoV-2.* Ministerio de Sanidad.
- Guapacha, J. B. (2013). *Metodologías para el aprendizaje de convertidores AC-DC* . Doctoral dissertation.
- Hamzavi, I. H.-M. (2020). Ultraviolet germicidal irradiation: possible method for respirator disinfection to facilitate reuse during COVID-19 pandemic. *Journal of the American Academy of Dermatology*.
- Heßling, M. H. (2020). Ultraviolet irradiation doses for coronavirus inactivation - review and analysis of coronavirus photoinactivation studies. *GMS hygiene and infection control*, 15.
- Hidaka, Y. &. (2006). Study on the sterilization of grain surface using UV radiation. *apan Agricultural Research Quarterly: JARQ*., 157-161.
- Ikehata, H. &. (2011). The mechanisms of UV mutagenesis. *ournal of radiation research*, 115-125.
- Jagger, J. (1967). *Introduction to research in ultraviolet photobiology*. New Jersey: Prentice-Hall Inc.

- Labas, M. D. (2009). Water disinfection with UVC radiation and H₂O₂. A comparative study. *Photochemical & Photobiological Sciences*, 670-676.
- Lindenauer, K. a. (1994). Ultraviolet disinfection of wastewater: effect of. *Water Research*, 805-817.
- Llorens López, D. (2018). *Diseño de un convertidor AC-DC tipo Flyback para la carga de equipos electrónicos mediante USB*. Doctoral dissertation.
- McLeay, M. R. (2015). El dinero en la economía moderna: una introducción. *Revista de Economía Institucional*, 17(33), 333-353.
- Méndez, F. S. (2002). *Desinfección del agua*. Lima: Organización Panamericana de la Salud.
- Míguez, H. &. (2012). *Flexible laminar material with ultraviolet absorbing filter*.
- Ministerio de Salud Pública. (20 de octubre de 2020). *Salud.gob.ec*. Obtenido de <https://www.salud.gob.ec/>
- Miriam E.R. Darnell, D. T. (2006). Evaluation of inactivation methods for severe acute respiratory syndrome coronavirus in noncellular blood products. *Transfusion*.
- Narla, S. L.-M. (2020). The importance of the minimum dosage necessary for UVC decontamination of N95 respirators during the COVID-19 pandemic. *Photodermatology, photoimmunology & photomedicine*.
- Newton, I. (1704). Opticks. En s. I. Newton, *Opticks: or, a treatise of the reflexions, refractions, inflexions and colours of light. Also two treatises of the species and magnitude of curvilinear figures*.
- OMS. (2020). *Preguntas y respuestas sobre la enfermedad por coronavirus (COVID-19)*. Obtenido de <https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public/q-a-coronaviruses#:~:text=La%20enfermedad%20se%20propaga%20principalmente>

,y%20caen%20r%C3%A1pidamente%20al%20suelo.

- Penalver-Andres, J. (2020). *Desactivación de actividad viral de Covid-19 por radiación UV-C lejana*.
- Peña, J. M. (2004). Comparación de cambios dimensionales en bases protésicas de acrílicos curados por calor y microondas. *Revista Odontológica Mexicana*, 8(1-2), 10-16.
- RedacciónMédica. (21 de marzo de 2020). *Coronavirus: cuánto tiempo 'sobrevive' la enfermedad en cada superficie*. Obtenido de <https://www.redaccionmedica.com/secciones/sanidad-hoy/coronavirus-donde-esta-tiempo-sobrevive-enfermedad-superficie-4136>
- Sakar A, A. &. (1990). Técnica para la polimerización de resina acrílica para dentaduras con irradiación de microondas. . *Rev. ADM*, 275-7.
- Sarmiento, F. H. (2003). *Técnicas de conversión AC/DC en sistemas monofásicos con factor de potencia unitario*. Tecnura.
- Soto, O. L. (2001). *El dinero: la teoría, la política y las instituciones*. Unam.
- USS. (13 de mayo de 2020). *Coronavirus: qué es la luz UVC que se utiliza para desinfectar superficies (y qué riesgos conlleva)*. Obtenido de <https://www.uss.cl/medicina/coronavirus-luz-uvc/>
- Vera, W. (2007). Medición del Circulante en Dolarización: Ecuador 2000-2007. *Cuestiones Económicas*, 133-161.
- Wright, H. B. (1998). *Taller de calidad de agua, aspectos de salud, planificación del muestreo, control y vigilancia de la calidad del agua en Trinidad*. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/e/fulltext/simposio/ponen10.pdf>].
- Zelizer, V. &. (2013). El significado social del dinero. *Estudios sociológicos*, 31, 191-197.

Anexos

- **Anexo 1:** Manual de usuario del aceptador de billetes BV20 de Innovative Technology.
- **Anexo 2.** Programa Arduino para el control del dispositivo de sanitización y cobro de dinero en efectivo.