



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE TABLERO DIDÁCTICO
MODULAR PARA EL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA 3, FACULTAD DE
INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Ronald Estuardo Alvarez González

Asesorado por la Inga. Ingrid Salomé Rodríguez de Loukota

Guatemala, septiembre 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE TABLERO DIDÁCTICO
MODULAR PARA EL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA 3, FACULTAD DE
INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

RONALD ESTUARDO ALVAREZ GONZÁLEZ
ASESORADO POR INGA. INGRID SALOMÉ RODRIGUEZ DE LOUKOTA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRÓNICO

GUATEMALA, SEPTIEMBRE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO a.i.	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a. i.)
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton De León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIA	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
EXAMINADOR	Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
EXAMINADOR	Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE TABLERO DIDÁCTICO MODULAR
PARA EL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA 3, FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 19 de junio del 2022.



Ronald Estuardo Alvarez González

Guatemala 15 de febrero de 2023

Ingeniero
Armando Alonso Rivera Carrillo
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Apreciable Ingeniero Rivera.

Me permito dar aprobación al trabajo de graduación titulado "**Diseño e implementación de un prototipo de tablero didáctico modular para el Laboratorio de Electrónica 3, Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala**", del señor **Ronald Estuardo Alvarez González**, por considerar que cumple con los requisitos establecidos.

Por tanto, el autor de este trabajo de graduación y, yo, como su asesora, nos hacemos responsables por el contenido y conclusiones de este.

Sin otro particular, me es grato saludarle.

Atentamente,



Ingrid Rodríguez de Loukota
Ingeniera en Electrónica
colegiada 5356

MSc. Ingrid Rodríguez de Loukota
Ingeniera en Electrónica
Colegiada 5,356
Asesora



Guatemala, 25 de noviembre del 2022.
Ref.EPS.KIER.25.11.22

Nombre del estudiante: Ronald Estuardo Álvarez González

CUI: 3024 44580 0102

Registro Académico: 201504357

Carrera: Ingeniería electrónica

Por este medio se le informa que el día **25 de noviembre de 2022** se clausura de forma oficial el programa de EPS, iniciado el **24 de mayo de 2022** y que realizó en la **Coordinación de Laboratorio de Electrónica Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica**

Se le recuerda, que de acuerdo al normativo vigente:

- a. Artículo 15° literal a, se fija como tiempo máximo para la entrega del informe final de EPS, sesenta (60) días calendario a partir de la fecha de clausura oficial del proyecto.
- b. Artículo 28°. Se establece como tiempo máximo para obtener las cartas de aprobación del informe final del EPS, un año calendario, a partir de la fecha de clausura oficial del programa de EPS, de lo contrario se procederá a invalidar a dicho programa y tendrá que buscar otra alternativa de graduación y/o someterse a un nuevo programa de EPS.

"ID Y ENSEÑANZA PARA TODOS"
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería
Asesor-supervisor

Original: Control Académico
Copia 1: Estudiante
Copia 2: Asesor-supervisor



Guatemala 24 de mayo de 2023.
REF.EPS.D.178.05.2023.

Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Rivera Carrillo.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN PROTOTIPO DE TABLERO DIDÁCTICO MODULAR PARA EL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA 3, FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Ronald Estuardo Alvarez González**, quien fue debidamente asesorado por la Inga. Ingrid Salomé Rodríguez de Loukota y supervisado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora y Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

/ra

REF. EIME 37.2023.

El director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del director de EPS, del asesor, con el Visto Bueno del coordinador de área, al Informe final de EPS del estudiante Ronald Estuardo Álvarez González: **"DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN PROTOTIPO DE TABLERO DIDÁCTICO MODULAR PARA EL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA 3, FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA "**, procede a la autorización correspondiente.



Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo


Guatemala, 8 de agosto de 2023.


Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.622.2023

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE TABLERO DIDÁCTICO MODULAR PARA EL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA 3, FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por: **Ronald Estuardo Alvarez González**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. José Francisco Gómez Rivera
Decano a.i.



Guatemala, septiembre de 2023

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por regalarme sabiduría, fortaleza, guiarme en todo el proceso educativo y laboral para poder servirles a mis semejantes con los conocimientos adquiridos.
- Mis padres** Rafael Alvarez Montezuna y María Teresa González de Alvarez, por regalarme la vida y esperanza por cumplir una meta académica y su amor incondicional en los momentos complicados.
- Mis hermanos** Nery y Diego Alvarez por sus palabras de aliento y su motivación diaria al demostrarme que la hermandad nos hace fuertes a pesar de las adversidades.
- Mis abuelos maternos** Cecilio González y Dominga Boror (q. e. p. d.), por llenarme de cariño y tras su ausencia recordar los actos de amor de mi infancia que me motivan cada día.

Mi abuelo paterno

Ciriaco Alvarez Osoy (q. e. p. d.), por demostrarme que todo es posible no importando las circunstancias o limitantes y que siempre existirá una solución a cada situación si se posee ingenio y por supuesto una sonrisa. Gracias por enseñarme que la oración es primordial en nuestra vida cristiana.

Mi familia en general

Por regalarme motivación, amor sincero y muestras de alegría tras un logro cumplido.

Mis compañeros

Frank Morales, Gabriel Hernández, Joel Pérez, Wilson Arévalo, Ángel Ramírez por apoyarme en diferentes etapas durante mi formación académica.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por haberme albergado durante mi formación académica y profesional al brindarme educación superior de calidad.
Facultad de Ingeniería	Por formarme académica y laboralmente a través de los conocimientos impartidos.
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica	Por formarme en toda el área técnica y profesional.
Estudiantes de Ingeniería	Por permitirme brindarles mis servicios y trabajo al adquirir un componente electrónico en SIGMA y deseamos mutua suerte en la entrega de proyectos y prácticas de laboratorios de Electricidad y Electrónica.
Ing. Susan Gudiel	Por brindarme su compañerismo y amistad y hacerme sentir incluido en el Centro de Cálculo e Investigación Educativa y compartir todos sus conocimientos sin egoísmo.
Ing. Ingrid Rodríguez de Lukota	Por guiarme, orientarme, brindarme su confianza y motivarme al ser un ejemplo como excelente catedrática en toda la formación académica.

Ing. Miguel Ventura	Por motivarme, apoyarme y compartir experiencias en el laboratorio de Electrónica 3.
Ing. Kenneth Estrada	Por la asesoría en todo el proceso de la realización de EPS.
Ing. Cristhian Orellana	Por el voto de confianza en la elaboración del prototipo.
Docentes en general de la Escuela de Mecánica Eléctrica	Por compartir sus conocimientos, experiencias laborales, anécdotas y formar no solo conocimiento si no carácter para afrontar el mundo laboral.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN	XXV
OBJETIVOS.....	XXVII
INTRODUCCIÓN	XXIX
1. ANTECEDENTES GENERALES DE LA INSTITUCIÓN	1
1.1. Universidad de San Carlos de Guatemala.....	1
1.1.1. Historia	2
1.1.2. Visión.....	4
1.1.3. Misión	4
1.2. Facultad de Ingeniería	5
1.2.1. Historia	5
1.2.2. Visión.....	9
1.2.3. Misión	9
1.2.4. Organización	9
1.3. Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica	10
1.3.1. Historia	10
1.3.2. Visión.....	12
1.3.3. Misión	13
1.3.4. Objetivos estratégicos	13
1.3.5. Organigrama	14

2.	MARCO TEÓRICO	15
2.1.	Perfil de ingeniero electrónico	15
2.1.1.	Campo cognoscitivo área de formación general	15
2.1.2.	Área fundamental de la ingeniería	15
2.1.3.	Área fundamental de la electrónica.....	16
2.1.4.	Campo de habilidades	16
2.1.5.	Campo de actitudes	16
2.2.	Conceptos teóricos para el prototipado del tablero didáctico.....	17
2.2.1.	Tablero didáctico.....	17
2.2.2.	Electrónica analógica.....	19
2.2.3.	Electrónica digital.....	20
2.2.4.	Componentes electrónicos.....	21
2.2.5.	Electrónica modular	22
2.2.6.	Prototipado.....	22
2.2.7.	Herramientas de prototipado en electrónica	23
2.2.7.1.	Modelado e impresión en 3D.....	24
2.2.7.2.	Modelado en 2D y corte láser.....	25
2.3.	Microcontrolador	27
2.3.1.	Aplicaciones de un microcontrolador	27
2.3.2.	Construcción de un microcontrolador.....	27
3.	DISEÑO DE CIRCUITOS Y COMPONENTES UTILIZADOS PARA EL TABLERO DIDÁCTICO.....	29
3.1.	Microcontroladores utilizados en el tablero	29
3.1.1.	FPGA Spartan 3A	29
3.1.2.	TIVA C 123GX	31
3.1.3.	Módulo ESP32	33
3.1.4.	Raspberry Pi Pico	34

3.2.	Software de diseño de circuitos esquemáticos y PCB.....	36
3.3.	Diseño de módulos para el tablero didáctico	39
3.3.1.	Módulo de LED.....	39
3.4.	Vista 3D del módulo LED.....	45
3.4.1.	Módulo de matriz y display LED	45
3.4.2.	Módulo <i>Pull Up – Pull Down</i>	50
3.4.3.	Módulo controlador de motores DC.....	55
3.4.4.	Shield para pantalla LCD e interfaz I2C	60
3.4.5.	<i>Shield</i> para módulo ESP32	65
3.4.6.	<i>Shield</i> para Raspberry PI Pico	68
3.4.7.	Módulo de voltajes DC	71
3.4.8.	Módulo de potencia	78
3.4.9.	Módulo de carga AC.....	83
3.5.	Diseño de complementos en 2D Y 3D.....	85
3.5.1.	Base para servomotor en 3D.....	88
3.5.2.	Base para microcontrolador Tiva C en 3D.....	90
3.5.3.	Tablero en 2D para corte láser	91
4.	CONSTRUCCIÓN EL PROTOTIPO.....	93
4.1.	Fabricación de circuitos PCB.....	93
4.1.1.	Técnica de termo transferencia	96
4.1.2.	Revelado del circuito y perforación.....	104
4.1.3.	Ensamblaje y soldadura de componentes.....	107
4.2.	Fabricación de módulos para el tablero didáctico.....	112
4.2.1.	Módulo LED.....	112
4.2.2.	Módulo de matriz y display LED	114
4.2.3.	Módulo <i>Pull Up – Pull Down</i>	116
4.2.4.	Módulo controlador de motores DC.....	117
4.2.5.	<i>Shield</i> para pantalla LCD e interfaz I2C	119

4.2.6.	<i>Shield</i> para módulo ESP32	121
4.2.7.	<i>Shield</i> para Raspberry pi Pico.....	122
4.2.8.	Módulo de voltajes DC	123
4.2.9.	Módulo de potencia.....	125
4.2.10.	Módulo de carga AC	127
4.3.	Fabricación de complementos en 2D y 3D.....	128
4.3.1.	Fabricación de base para servomotor con impresión 3D.....	128
4.3.2.	Fabricación de base para microcontrolador TIVA C con impresión 3D.....	130
4.3.3.	Fabricación de tablero en 2D usando corte láser	131
4.4.	Ensamblaje de elementos e instalación del tablero didáctico en el laboratorio	133
5.	PLANIFICACIÓN DE UNA PRÁCTICA DE LABORATORIO DE ELECTRÓNICA 3 UTILIANDO EL TABLERO DIDÁCTO	137
5.1.	Práctica: Construcción de un semáforo utilizando un microcontrolador Raspberry Pi Pico.....	137
6.	RESULTADOS CON LA INSTALACIÓN DEL TABLERO DIDÁCTICO EN EL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA	147
6.1.	Equipamiento del laboratorio con la instalación del tablero didáctico.....	147
6.2.	Resultados del proyecto en base a los requerimientos iniciales	150
6.3.	Participación en LAEDC 2022.....	151
6.4.	Evaluación de mejoras del tablero didáctico	152

CONCLUSIONES	155
RECOMENDACIONES	157
REFERENCIAS	159
APÉNDICES	161
ANEXO	163

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama, EIME.....	14
2.	Ejemplo de un tablero didáctico	18
3.	Señal analógica.....	19
4.	Señal digital.....	20
5.	Impresora 3D.....	25
6.	Corte láser con CNC	26
7.	Partes de un microcontrolador	28
8.	Placa de desarrollo FPGA Spartan 3 ^a	30
9.	Bloques que conforman una FPGA Spartan 3 ^a	31
10.	Tiva C 123GLX.....	32
11.	Módulo Bluetooth – Wifi ESP32	34
12.	Microcontrolador Raspberry Pi Pico	35
13.	Circuito esquemático en Proteus.....	37
14.	Diseño PCB en Proteus.....	38
15.	Visor 3D en Proteus	38
16.	Circuito de conexión de LED	41
17.	Cálculo de resistencia limitadora para LED de 5mm difuso	42
18.	Esquema electrónico de módulo LED	43
19.	Diseño PCB del módulo LED	45
20.	Diagrama de conexiones de matriz LED cátodo común.....	46
21.	Diagrama de conexiones del display cátodo común	47
22.	Esquema electrónico de la Matriz LED	47
23.	Esquema electrónico de la conexión de los Display de 7 segmentos	48

24.	Diseño PCB del módulo de matriz y display LED	49
25.	Vista 3D del módulo de matriz y display LED	50
26.	Conexión Pull - Up y Pull - Down	51
27.	Esquema electrónico <i>Pull - Up</i>	52
28.	Esquema electrónico <i>Pull - Down</i>	52
29.	Diseño PCB del módulo <i>Pull Up- Pull Down</i>	54
30.	Vista 3D del módulo <i>Pull Up – Pull Down</i>	54
31.	Circuito integrado L293D	56
32.	Esquema interno del circuito L293D	57
33.	Esquema electrónico del módulo controlador de motores DC	58
34.	Diseño PCB del módulo controlador de motores DC	59
35.	Vista 3D del módulo controlador de motores DC	60
36.	Pines de conexión pantalla LCD1602	61
37.	Módulo I2C para LCD1602	63
38.	Diseño PCB, Shield para pantalla LCD e I2C	64
39.	Vista 3D, Shield para pantalla LCD e I2C	65
40.	ESP32 DEVKIT V1 30 Pines Wifi + Bluetooth.....	66
41.	Diseño PCB Shield para módulo ESP32.....	67
42.	Vista 3D Shield para módulo ESP32	68
43.	Pines de conexión, Raspberry Pi Pico	69
44.	Diseño PCB Shield para Raspberry Pi Pico.....	70
45.	Diseño PCB Shield para Raspberry Pi Pico (vista 3D).....	70
46.	Diseño de módulo de voltajes DC en base a reguladores	72
47.	Módulo Step Down LM2596.....	73
48.	Diseño de esquema electrónico del módulo de voltajes DC	74
49.	Diseño PCB del módulo de voltajes DC.....	76
50.	Vista 3D del módulo de voltajes DC.....	77
51.	Circuito de relay de estado sólido	79
52.	Esquema electrónico, módulo de potencia	80

53.	Diseño PCB del módulo de potencia.....	82
54.	Vista 3D del módulo de potencia.....	82
55.	Diseño PCB del módulo de carga AC	84
56.	Vista 3D del módulo de carga AC	84
57.	Etapas del prototipado	85
58.	Proyección del diseño final del tablero didáctico	86
59.	Proyección del tablero didáctico en el laboratorio de Electrónica.....	87
60.	Servomotor SG90.....	88
61.	Base para servomotor SG90	89
62.	Base para Tiva C en 3D	90
63.	Tablero en 2D para corte láser.....	91
64.	Exportar diseño como PDF en Proteus 8 Profesional	97
65.	Características de exportación PDF de diseño en Proteus 8 Profesional	97
66.	Configuración de impresión del circuito en papel termotransferible	98
67.	Impresión láser de circuito en papel propalcote	99
68.	Dimensionar placa de cobre e impresión del circuito	100
69.	Posicionar la impresión sobre la placa de cobre y fibra de vidrio	101
70.	Termo transferencia del circuito	102
71.	Uso de laminadora para termo transferencia	102
72.	Retirar el papel excedente.....	103
73.	Resultado final del método de termo transferencia	104
74.	Revelado de PCB con cloruro férrico	105
75.	Resultado final del revelado de PCB.....	106
76.	Utilización de taladro para perforar PCBs	106
77.	Resultado final del perforado.....	107
78.	Sujeción de PCB	108
79.	Componente electrónico colocado correctamente	109
80.	Ángulo correcto de inclinación del cautín	109

81.	Soldadura circular correcta	110
82.	Errores de soldadura.....	111
83.	Anverso, módulo LED	112
84.	Reverso, módulo LED	113
85.	Anverso, módulo matriz y display LED.....	114
86.	Reverso, módulo matriz y display LED	115
87.	Anverso, módulo <i>Pull Up – Pull Down</i>	116
88.	Reverso, módulo <i>Pull Up – Pull Down</i>	116
89.	Anverso, módulo controlador de motores DC	117
90.	Reverso, módulo controlador de motores DC	118
91.	Anverso, <i>Shield</i> para pantalla LCD e interfaz I2C.....	119
92.	Reverso, <i>Shield</i> para pantalla LCD e interfaz I2C.....	120
93.	Montaje de <i>Shield</i> para pantalla LCD e interfaz I2C	120
94.	Anverso, <i>Shield</i> para módulo ESP32.....	121
95.	Reverso, <i>Shield</i> para módulo ESP32.....	122
96.	Anverso, <i>Shield</i> para Raspberry Pi Pico	123
97.	Reverso, <i>Shield</i> para Raspberry Pi Pico.....	123
98.	Anverso, módulo de voltajes DC.....	124
99.	Reverso, Módulo de voltajes DC.....	124
100.	Anverso, Módulo de potencia.....	126
101.	Reverso, Módulo de potencia	126
102.	Anverso, Módulo de carga AC	127
103.	Software Ultimaker Cura	129
104.	Impresión 3D de base para servomotor	130
105.	Impresión 3D de base para Tiva C	131
106.	Envío de diseño a la CNC de corte láser	132
107.	Proceso de corte láser en CNC	132
108.	Tablero fabricado en acrílico con corte láser en CNC.....	133
109.	Ensamblaje de elementos en el tablero didáctico	134





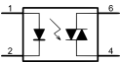
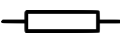
110.	Resultado final, tablero didáctico modular.....	135
111.	Software Tonny para la programación de Raspberry Pi Pico.....	138
112.	Selección de intérprete en Software Tonny.....	139
113.	Instalación de Firmware a Raspberry Pi Pico.....	140
114.	Instalación de Firmware a Raspberry Pi Pico.....	141
115.	Laboratorio antes de la instalación del tablero didáctico.....	148
116.	Tablero didáctico instalado en el laboratorio de electrónica.....	149
117.	Comparativa de requerimientos y resultados al instalar el tablero didáctico.....	151


TABLAS

I.	Valores de voltaje y corriente de trabajo, Diodos LED 5mm.....	41
II.	Componentes y conectores, módulo LED.....	44
III.	Componentes y conectores, módulo de matriz.....	48
IV.	Componentes y conectores, módulo de display LED.....	49
V.	Componentes y conectores, módulo <i>Pull Up - Pull Down</i>	53
VI.	Mapa de pines del circuito L293D.....	56
VII.	Componentes y conectores, módulo controlador de motores DC.....	58
VIII.	Componentes y conectores, Shield para pantalla LCD e I2C.....	64
IX.	Pines de conexión, ESP32 DEVKIT V1.....	67
X.	Componentes y conectores, módulo de voltajes DC.....	75
XI.	Componentes y conectores, módulo de potencia.....	81
XII.	Componentes y conectores, módulo de carga AC.....	83
XIII.	Métodos para la fabricación de PCB.....	95
XIV.	Conectores del módulo LED.....	113
XV.	Conectores del módulo matriz y display LED.....	115
XVI.	Conectores del módulo Pull Up – Pull Down.....	117
XVII.	Conectores del módulo <i>Pull Up – Pull Down</i>	118

XVIII.	Conectores de <i>Shield</i> para pantalla LCD e interfaz I2C.....	120
XIX.	Conectores del módulo de voltajes DC.....	125
XX.	Conectores del módulo de potencia	126
XXI.	Conexiones realizadas del tablero didáctico a la Raspberry Pi Pico	145

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amperios
cm	Centímetros
	Conector de 1 pin
	Diodo LED
In -	Entrada de voltaje negativo
In +	Entrada de voltaje positivo
	Fuente de voltaje alterno AC
	Fuente de voltaje directo
GND	Ground, Conexión a tierra
Hz	Henrios – Hertz
KΩ	Kilo Ohmios
kB	Kilobyte
MHz	Mega Hertz
uA	Micro Amperios
mA	Mili Amperios
mV	Mili Voltios
mm	Milímetros
Ω	Ohmios
	Optoacoplador
	Resistencia

VSS	Tensión conectada a tierra o negativa de alimentación
VDD	Tensión positiva de alimentación
	Triac
1/4W	Un cuarto de Watt
Out -	Voltaje de salida negativo
Out +	Voltaje de salida positivo
VDC	Voltaje directo
-	Terminal negativa
+	Terminal positiva
V	Voltios
W	Watts

GLOSARIO

AC	Se denomina corriente alterna por sus siglas en inglés <i>Alternating Current</i> a la corriente eléctrica que se alterna en ciclos positivos y negativos al transcurrir el tiempo.
ADC	<i>Analog to Digital Converter</i> , circuito electrónico o dispositivo que realiza la conversión de una señal analógica, generalmente un voltaje en una serie de representaciones digitales.
Ánodo	En un LED, Diodo emisor de luz, es el terminal con longitud mayor por donde se debe alimentar positivamente con voltaje DC.
Archivo Gerber	Documento vectorial que contiene descripciones de las conexiones eléctricas, pistas, vías y orificios de una PCB junto con todas las instrucciones para su fabricación.
Bluetooth	Protocolo de comunicación que sirve para la transmisión inalámbrica de datos entre diferentes dispositivos que se encuentran a una distancia no mayor a los diez metros a través de una radiofrecuencia segura de 2,4GHz.

Capacitor	Un capacitor o condensador eléctrico es un dispositivo que se utiliza para almacenar energía (carga eléctrica) en un campo eléctrico interno.
Cátodo	En un LED, Diodo emisor de luz, es el terminal con longitud menor por donde se debe alimentar negativamente con voltaje DC.
Circuito	Conjunto de elementos eléctricos conectados entre sí para transportar, manipular y utilizar la energía eléctrica y transformarla en otro tipo de energía.
CNC	Control numérico computarizado, sistema que permite en todo momento posición de un elemento físico, por ejemplo, un torno o fresadora.
Corriente eléctrica	Se define como el flujo de electrones de forma ordenada a través de un medio.
C++	Lenguaje de programación estructurada y orientada a objetos. Es una mejora del lenguaje C.
DAC	<i>Digital Analog Converter</i> , es un dispositivo o circuito capaz de convertir señales digitales en señales analógicas de corriente o tensión.
DC	<i>Direct Current</i> , corriente que circula en un solo sentido, también llamada corriente continua.

Display	Visualizador, display en inglés, a un dispositivo electrónico que se utiliza para mostrar información a un usuario de manera visual.
GCode	Fichero que contiene instrucciones que una impresora 3D debe seguir para imprimir una pieza correctamente.
GPIO	GPIO (General Purpose Input/Output, Entrada/Salida de Propósito General), pin de un circuito integrado o microcontrolador que por medio de programación puede asignarse como entrada o salida de estados lógicos.
I2C	El protocolo Circuito inter-integrado que se utiliza para la transmisión de datos a través de 2 buses, SDA y SCL.
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos es una asociación mundial de ingenieros dedicada a la normalización y el desarrollo en áreas técnicas.
Inductor	Componente electrónico pasivo el cual se opone a cambios bruscos de corriente y en este se almacena energía en forma de campo magnético cuando una corriente fluye a través de sus terminales.

IOT	El internet de las cosas, describe una red de objetos físicos conectados entre sí a través de internet para intercambiar datos.
LAEDC	<i>Latin American Electron Devices Conference</i> , patrocinada por la sociedad de dispositivos electrónicos EDS del instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos IEEE.
LCD	<i>Liquid-Crystal Display</i> , pantalla que se utiliza en muchas aplicaciones de electrónica para mostrar datos o gráficos y así crear una interacción con los usuarios.
LED	<i>Light-Emitting Diode</i> , dispositivo electrónico que en el interior contiene un material semiconductor que al ser atravesado por una corriente eléctrica emite luz.
Micro Python	Es un intérprete de lenguaje de programación Python, lenguaje de alto nivel que permite experimentar de forma interactiva mientras se programa.
Motor DC	Motor de corriente continua o directa, que convierte la energía eléctrica en energía mecánica basándose en fuerzas magnéticas en el rotor y el estator.
Ohmios	Unidad de medida de la resistencia eléctrica en el sistema Internacional de Unidades.

PAD	Zona de una tarjeta electrónica en la cual se colocan las terminales de los componentes electrónicos para soldarlos. Éstos pueden tener diferentes formas dependiendo del tipo de componente a colocar o las dimensiones.
PCB	<i>Printed Circuit Board</i> , tarjeta o placa de circuito impreso que contiene componentes electrónicos y vías de cobre que interconectan los dispositivos. Actualmente la mayoría de los dispositivos electrónicos funcionan gracias a estos dispositivos ya que permiten construir circuitos complejos en pequeñas dimensiones.
PLA	Ácido poliláctico, polímero biodegradable derivado del ácido láctico que tiene muchas aplicaciones como la industria textil, médica o el empaquetado. Actualmente es el material de impresión 3D más popular y utilizado ya que es sostenible, a bajo costo y seguro.
Polímero	Termoplásticos que pueden ser fundidos o solidificados en repetidas ocasiones.
Protoboard	Placa de pruebas en la que se pueden insertar componentes electrónicos o cables y crear conexiones entre sus terminales.

PWM	<i>Pulse Width Modulation</i> , modulación por ancho de pulso es un tipo de señal de voltaje utilizada para enviar información o para modificar la cantidad de energía que se envía a una carga.
Raspberry Pi	Familia de placas de microcomputadoras la cual puede ser programada para propósitos específicos y ser utilizada como una computadora para ejecutar un sistema operativo.
Relay	Dispositivo electromagnético que funciona como un interruptor controlado por una corriente eléctrica que por medio de una bobina y un electroimán acciona contactos que permiten abrir o cerrar un circuito.
Resistencia eléctrica	Oposición al paso de corriente a través de un conductor.
RGB	<i>Red, Green, Blue</i> . Sistema de composición de colores que permite por la combinación de los colores primarios mostrar millones de tonos de luz.
SCL	<i>System Clock</i> , Línea por donde se transmite la señal de reloj de un sistema electrónico. Se utiliza para sincronizar la transferencia de datos a través de un bus.

Script	Término que se utiliza para hacer referencia a fragmentos de código utilizados para un propósito en específico.
SDA	<i>System Data</i> , línea por la que se transmite una señal de datos.
Señal eléctrica	Magnitud eléctrica cuyo valor o intensidad depende del tiempo.
Servo Motor	Actuador rotativo que permite un control preciso del movimiento angular, aceleración y velocidad a diferencia de un motor convencional.
Shield	Placa de circuito impreso que se coloca sobre una placa de desarrollo para facilitar las conexiones disminuyendo la cantidad de conexiones externas a través de cables.
SMD	<i>Surface Mounting Device</i> , Tecnología de montaje superficial que consiste en ensamblar componentes a partir de un proceso de soldadura directa en el PCB sin atravesar la placa por las terminales de los componentes.
SPI	<i>Serial Peripheral Interface</i> , estándar de comunicación utilizado para la transferencia de información en sistemas electrónicos. Utiliza 4 líneas de comunicación denominadas reloj, dato entrante, dato

saliente y Chip Select que realiza la conexión o desconexión de las operaciones de comunicación hacia un dispositivo.

STL Formato de archivo de diseño que define la geometría de objetos en tres dimensiones. Es el formato estándar para la fabricación por adición.

SVG *Scalable Vector Graphics*, formato utilizado para representar gráficos con alta calidad.

THT *Through-Hole Technology*, utiliza los agujeros que se encuentran en las PCB para poder sujetar y soldar los componentes electrónicos mediante esta tecnología.

Tiristor Semiconductor de potencia que se utiliza como interruptor. Dispositivo unidireccional que se utiliza para conmutar grandes cantidades de corriente y voltaje.

Transistor Dispositivo electrónico semiconductor que regula el paso de corriente o tensión eléctrica a través de una terminal. Dependiendo de la aplicación puede emplearse como amplificador o interruptor.

Triac Triodo para corriente alterna, dispositivo semiconductor bidireccional capaz de conmutar AC.

UART *Universal Asynchronous Receiver-Transmitter*, define un conjunto de reglas para la transmisión o recepción de datos en serie entre dos dispositivos.

USB	<i>Universal Serial Bus</i> , puerto estándar que permite la conexión con facilidad periféricos a una computadora.
VGA	<i>Video Graphics Array</i> , tecnología estándar para la conexión de periféricos de video, monitores a una computadora.
Voltaje	Magnitud física con la cual se puede cuantificar o medir la diferencia de potencial eléctrico o la tensión eléctrica entre dos puntos.
Wifi	<i>Wireless Fidelity</i> , tecnología de transmisión de datos inalámbrica entre dispositivos electrónicos.
2D	Sinónimo de dos dimensiones, se refiere a un plano donde se encuentran formas con alto y ancho, pero no con profundidad.
3D	Sinónimo de tres dimensiones, se refiere a un plano donde se encuentran formas con alto, ancho y profundidad.

RESUMEN

El Laboratorio de Electrónica de la Universidad de San Carlos de Guatemala se encarga de la formación práctica y la experimentación de los alumnos de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Mecánica Eléctrica. Se basa en formar profesionales con bases sólidas sobre electrónica analógica, digital, de potencia y la programación de microcontroladores para que el futuro profesional cuente con fortalezas que le permitan diferenciarse y desarrollarse de mejor manera en el campo laboral.

El presente documento contiene la evidencia del proceso de diseño, modelado y construcción de un prototipo de tablero didáctico modular el cual contiene diferentes microcontroladores y dispositivos electrónicos disponibles para que el catedrático pueda desarrollar una clase más descriptiva y demostrativa y el estudiante pueda realizar sus prácticas de laboratorio de programación directamente con los dispositivos incluidos en el tablero simplemente interconectando módulos para aplicaciones específicas. Con este prototipo los estudiantes invertirán más tiempo en el enfoque de programación y no en la adquisición de materiales electrónicos para construcción de pequeños circuitos de prueba, ya que el tablero es reutilizable y puede ser aprovechado por distintas generaciones si se implementa en todos los escritorios de trabajo.

OBJETIVOS

General

Diseñar e implementar un prototipo de tablero didáctico modular para el Laboratorio de Electrónica 3, Facultad de ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala

Específicos

1. Prototipar una herramienta didáctica útil para los estudiantes y catedráticos poniendo a disposición microcontroladores y dispositivos electrónicos en un tablero de pruebas
2. Seleccionar en base a las necesidades y requerimientos de los estudiantes los dispositivos electrónicos para fabricar módulos útiles para el desarrollo de prácticas del laboratorio de electrónica, específicamente de Electrónica 3 y Microcontroladores.
3. Aplicar las etapas que conforman el prototipado y construcción de dispositivos electrónicos para diseñar una herramienta útil y funcional utilizando corte láser e impresión 3D, las técnicas de fabricación de PCBs y evaluar los resultados.
4. Proponer mejoras tras el prototipado y proporcionar todos los circuitos, diseños y archivos para que el tablero pueda ser reproducible e

implementarlo en todo el laboratorio y cada alumno pueda utilizar, aprender y practicar en el equipo.

INTRODUCCIÓN

El mundo de la electrónica es muy amplio y cada vez más tras el avance de las tecnologías es indispensable la utilización de electrónica digital y la programación de dispositivos diversos.

La escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica se conforma por estudiantes de Ingeniería Eléctrica, Mecánica Eléctrica y Electrónica, sin embargo, estas 3 carreras universitarias dentro del pénsum de estudios incluyen cursos donde los estudiantes aprenden a programar microcontroladores. El propósito de este aprendizaje es brindar habilidades con las que los estudiantes puedan solucionar problemáticas reales o bien implementar nuevos dispositivos o tecnologías en base a estos conocimientos.

Por esta razón, se desarrolla el prototipo de una herramienta didáctica útil para catedráticos y alumnos del laboratorio con la cual tienen disponibles microcontroladores y dispositivos electrónicos directamente en un tablero de pruebas y con ello se puede equipar el laboratorio para que los alumnos puedan desarrollar prácticas de los cursos de Electrónica 3, Microcontroladores e incluso cursos iniciales como Introducción a la Programación de Computadoras y Lenguajes de programación aplicados a la Ingeniería Eléctrica. Esta herramienta ampliará las competencias del perfil de egreso de cada profesional, permitiendo desarrollarse de manera más práctica en la programación de microcontroladores para desarrollar mejores habilidades que permitan solucionar de una manera más eficaz los problemas que se le presenten en el mundo laboral.

1. ANTECEDENTES GENERALES DE LA INSTITUCIÓN

1.1. Universidad de San Carlos de Guatemala

La Universidad de San Carlos de Guatemala conocida como USAC, es la universidad más grande y antigua de Guatemala, además es la única pública la cual cuenta con facultades y escuelas especializadas en áreas específicas para la formación académica de la población:

- Facultad de Agronomía
- Facultad de Arquitectura y Urbanismo
- Facultad de Ciencias Económicas
- Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales
- Facultad de Ciencias Médicas
- Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
- Facultad de Humanidades
- Facultad de Ingeniería
- Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
- Facultad de Odontología
- Escuela Superior de Arte
- Escuelas de Ciencias de la Comunicación
- Escuela de Ciencias Físicas y Matemática

- Escuela de Ciencia Política
- Escuela de Historia
- Escuela de Trabajo Social
- Escuela de Formación de Profesores de Enseñanza Media
(Rodríguez, 2020)

1.1.1. Historia

Para la sociedad española de la ciudad de Guatemala, la instauración de la Universidad fue un acontecimiento memorable. Sin embargo, para su organización se requirió una serie de actividades que hicieron que entrara en funciones hasta 1681. El juez superintendente y primer rentero provisional fue el fiscal de la Real Audiencia, Juan Bautista Urquiola y Elorriaga, graduado en Salamanca.

Se abrieron siete cátedras: teología, escolástica, teología moral, cánones, leyes, medicina y dos idiomas indígenas. A éstas, Urquiola añadió las cátedras de instituta, que consistía en fundamentos legales, y artes, que incluía gramática, dialéctica, retórica, aritmética, geometría, astronomía y música.

Entre 1677 y 1678 se abrió la oposición para cátedras en México, Puebla y Guatemala. Las oposiciones se realizaron en la Universidad de México, donde uno de los examinadores, el oidor, es decir juez de la Real Audiencia, Francisco Gárate y Francia había sido oidor en Guatemala. Hubo un total de 33 candidatos. Fueron entre otrosos siete residentes en

Guatemala y uno de México, el de medicina. El catedrático de Kaqchikel fue el fraile dominico José Ángel Cenollo.

Sin embargo, por problemas en la convocatoria, el rey suprimió la elección y se nombró catedráticos interinos en 1680, por lo que las clases empezaron hasta 1681. En la mañana, se leían las cátedras de teología y cánones, de 7 a 8 horas; leyes, de 8 a 9; medicina y artes de 9 a 10, y de kaqchikel, de 10 a 11. La lentre otrosura consistía en que el catedrático dictaba un tema que los alumnos debían memorizar. Por la tarde, se leía teología e instituta, de 15 a 16; y artes de 16 a 17.

Cada cierto tiempo se realizaba una disputa, es decir un debate entre los estudiantes, utilizando los argumentos que aparecían en los libros de los autores de la biblioteca. Todas las clases se daban en latín y, en caso de los idiomas indígenas, era la enseñanza de que correspondiera. Hubo un total de 60 estudiantes inscritos en las primeras clases, 7 de teología, 36 de artes y 17 *kaqchikel*.

En 1686 se ordenó que se hicieran oposiciones para catedráticos en España, en las Universidades de Salamanca, Valladolid y Alcalá de Henares. Ese mismo año, asumió el cargo de primer rentre otrosor, el doctor José de Baños y Sotomayor, nombrado por el rey y uno de los principales promotores de la Universidad. Para entonces se habían graduado dos generaciones de bachilleres.

El abogado Francisco de Sarassa y Arce fue el encargado de elaborar las Constituciones y Estatutos de la Universidad, para lo que tomó de modelo las constituciones de la Universidad de Salamanca y la de México.

Por último, en 1687, el Papa Inocencio Undécimo otorgó a la Universidad el título de Pontificia, con lo que sus egresados estaban al mismo nivel que los de los centros educativos de Europa. El primer graduado como doctor fue Lorenzo Pérez Dardón en 1688. Así inició la vida universitaria en Guatemala. (USAC, 2023)

1.1.2. Visión

La Universidad de San Carlos de Guatemala es la institución de educación superior estatal, autónoma, con cultura democrática, con enfoque multi e intercultural, vinculada y comprometida con el desarrollo científico, social, humanista y ambiental con una gestión actualizada, dinámica, eficiente y con recursos óptimamente utilizados para alcanzar sus fines y objetivos, formadora de profesionales con principios éticos y excelencia académica. (USAC, 2023)

1.1.3. Misión

En su carácter de única universidad estatal le corresponde con exclusividad dirigir, organizar y desarrollar la educación superior del Estado y la educación estatal, así como la difusión de la cultura en todas sus manifestaciones. Promoverá por todos los medios a su alcance la investigación en todas las esferas del saber humano y cooperará al estudio y solución de los problemas nacionales.

Su fin fundamental es elevar el nivel espiritual de los habitantes de la República, conservando, promoviendo y difundiendo la cultura y el saber científico.

Contribuirá a la realización de la unión de Centro América y para tal fin procurará el intercambio de académicos, estudiantes y todo cuanto tienda a la vinculación espiritual de los pueblos del istmo. (USAC, 2023)

1.2. Facultad de Ingeniería

La Facultad de Ingeniería se dedica a la formación de profesionales de prestigio, cuyos conocimientos contribuyen al progreso científico y tecnológico de Guatemala.

En esta unidad académica se desempeñan seis escuelas facultativas de pregrado que disponen de doce carreras, una escuela de postgrado con carácter regional centroamericano; además, del Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII), de manera que su proyección es amplia hacia diversas actividades económicas y sociales del país. (FIUSAC, 2023)

1.2.1. Historia

En 1834, cuando el jefe de Estado de Guatemala era Mariano Gálvez, se creó la Academia de Ciencias, sucesora de la Universidad de San Carlos y se implantó la enseñanza de álgebra, geometría, trigonometría y física, además, se otorgaron títulos de agrimensores. Francisco Colmenares, Felipe Molina, Patricio de León y José Batres Montúfar fueron los primeros graduados.

La Academia de Ciencias funcionó hasta 1840, hasta que, en el gobierno de Rafael Carrera volvió a transformarse en universidad. La Asamblea publicó los estatutos de la nueva organización, mediante los

cuales exigían que para obtener el título de agrimensor era necesario poseer el título de bachiller en filosofía, tener un año de práctica y aprobar el examen correspondiente.

En 1873 se fundó la Escuela Politécnica para formar ingenieros militares, topógrafos y de telégrafos, además de oficiales militares.

Decretos gubernativos específicos de 1875 son el punto de partida para considerar la creación formal de las carreras de ingeniería en la recién fundada Escuela Politécnica; carreras que más tarde se incorporaron a la Universidad.

En 1879 se estableció la Escuela de Ingeniería en la Universidad de San Carlos de Guatemala; por decreto del Gobierno, pero en 1882, se tituló como Facultad dentro de esa institución y se separó de la Escuela Politécnica. El ingeniero Cayetano Batres del Castillo fue el primer decano de la Facultad de Ingeniería; dos años más tarde fue el ingeniero José E. Irungaray. Durante su gestión se reformó el programa de estudios; como consecuencia, la duración de la carrera de ingeniería se redujo en dos años; de ocho, pasó a durar seis años.

En 1894, por razones de economía, la Facultad de Ingeniería fue adscrita nuevamente a la Escuela Politécnica; entonces se inició un período de inestabilidad para esta Facultad, que pasó varias veces de la Politécnica a la Universidad y viceversa; ocupó diversos locales, entre ellos, el edificio de la Escuela de Derecho y Notariado.

Dentro de esas vicisitudes, en 1895 se iniciaron nuevamente los estudios de ingeniería en la Escuela Politécnica; ahí ofrecían las carreras

de ingeniero topógrafo, ingeniero civil e ingeniero militar. Se graduaron once ingenieros civiles y militares.

La inestabilidad terminó con la supresión de la Escuela Politécnica en 1908, a raíz de los acontecimientos políticos acaecidos en ese año. El archivo de la Facultad permaneció en el mismo lugar hasta 1912, año en que fue depositado temporalmente en la Facultad de Derecho.

De 1908 a 1918 la Facultad tuvo una existencia ficticia. El gobernante Manuel Estrada Cabrera reabrió la Universidad y a la Facultad de Ingeniería se le denominó Facultad de Matemáticas.

Entre 1908 y 1920, a pesar de los esfuerzos de los ingenieros guatemaltecos y por causa de la desorganización imperante, únicamente se incorporaron tres ingenieros que obtuvieron el título en el extranjero.

En 1920 la Facultad reinició sus labores en el edificio que ocupó durante muchos años, frente al parque Morazán; hasta 1930 únicamente ofrecía la carrera de ingeniero topógrafo.

En 1930 se reestructuraron los estudios y se reestableció la carrera de ingeniería civil. Este hecho marcó el inicio de la época "moderna" de esta Facultad.

En año 1944 sobresale por el reconocimiento de la autonomía universitaria y la asignación de recursos financieros del presupuesto nacional, fijados por la Constitución de la República. A partir de entonces, la Facultad de Ingeniería se independizó de las instituciones

gubernamentales y se integró al régimen autónomo estrictamente universitario.

Este desarrollo de la Facultad dio lugar a un incremento progresivo de la población estudiantil; por ello fue necesario su traslado. En 1947, la Facultad ofrecía solamente la carrera de ingeniería civil; en ese año los planes de estudios se cambiaron al régimen semestral en el que, en lugar de seis años, se establecieron doce semestres para la carrera.

Debido al avance tecnológico en las ramas de ingeniería eléctrica, en 1989, se creó la carrera de ingeniería eléctrica a cargo de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

En 1994 se creó la unidad académica de Servicio de Apoyo al Estudiante (SAE) y de Servicio de Apoyo al Profesor (SAP), conocida por sus siglas SAE-SAP, cuyo fin es prestar apoyo al estudiante por medio de la ejecución de programas de orientación y tutorías en el plano académico, administrativo y social y para facilitar la labor docente y de investigación de los profesores.

En 1995 se expandió la cobertura académica de la Escuela de Postgrados, con los estudios de maestría en sistemas de construcción y en ingeniería vial; logro que permitió, en 1996, la creación de la maestría en sistemas de telecomunicaciones.

Durante el período comprendido de 2001 a 2005 se iniciaron las maestrías de ciencias de ingeniería vial, gestión industrial, desarrollo municipal y mantenimiento industrial. Y en 2007 se creó la carrera de ingeniería ambiental, con grado de licenciatura.

En los años siguientes se establecieron convenios con universidades europeas como la de Cádiz, de Almería y la Tecnológica de Madrid; con la norteamericana Florida International University, para la realización de intercambios estudiantiles. En ese año concluyó el proceso que le otorgó la acreditación a la carrera de ingeniería química. Además, en ese período se inició el proceso en busca de la acreditación de la carrera de ingeniería civil. (FIUSAC, 2023)

1.2.2. Visión

Ser una institución académica con incidencia en la solución de la problemática nacional; formamos profesionales en las distintas áreas de la ingeniería, con sólidos conceptos científicos, tecnológicos, éticos y sociales, fundamentados en la investigación y promoción de procesos innovadores orientados hacia la excelencia profesional. (FIUSAC, 2023)

1.2.3. Misión

Formar profesionales en las distintas áreas de la Ingeniería que, a través de la aplicación de la ciencia y la tecnología, conscientes de la realidad nacional y regional, y comprometidos con nuestras sociedades, sean capaces de generar soluciones que se adapten a los desafíos del desarrollo sostenible y los retos del contexto global. (FIUSAC, 2023)

1.2.4. Organización

La Facultad de Ingeniería está organizada en:

- Escuelas facultativas

- Centros
- Departamentos
- Unidades académico-administrativas

También integran la Facultad de Ingeniería:

- Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII)
- Centro de Cálculo e Investigación Educativa
- Biblioteca “Ing. Mauricio Castillo C.”
- Unidad de Ejercicio Profesional Supervisado
- Unidad de Servicio de Apoyo al Estudiante y de Apoyo al Profesor
- -SAE-SAP-

Asimismo, las unidades administrativas de apoyo a la función docente y de investigación que dependen de la secretaría académica y las unidades de administración general. (FIUSAC, 2023)

1.3. Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

Fue entre 1965 y 1966 que se decidió iniciar la creación de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica (EIME) como consecuencia de la creciente demanda de ingenieros formados en esas áreas.

1.3.1. Historia

En esa época, se planteaba el desarrollo de la industria de la elentre otrosrificación y de las telecomunicaciones, así como también por los avances tecnológicos en esas áreas y además por las necesidades del sentre otrosor comercial principalmente por el auge de la elentre otrosrónica y de la elentre

otrosrotecna. Fue entonces, que se envió a México un grupo de estudiantes de Ingeniería, que hasta ese momento estaban inscritos en civil, a estudiar al Tecnológico de Monterrey, con el propósito de que al regresar fueran los catedráticos de la Escuela. La Escuela fue fundada por el Ing. Rodolfo Koenigsberger Badrian, quien también fue primer director y profesor de la misma, empezando a funcionar en enero de 1968.

Los primeros profesores fueron: Ing. Rodolfo Koenigsberger Badrian, Ing. César Osorio, Ing. Roberto Balsells Figueroa, Ing. René Woc García, Ing. Efraín Enrique de la Vega Molina, Ing. Carlos Enrique Zaparolli Portilla (q. e. p. d.), Inga. Olga Heminia Jiménez Muñoz, Ing. Julio Colón.

La Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica creada en 1968, tenía a su cargo las carreras de Ingeniería Eléctrica y la combinada de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

En 1989, se creó la carrera de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, bajo la dirección del Ing. Edgar Montúfar, debido al avance tecnológico en la rama de la Ingeniería Eléctrica. Esta carrera está a cargo de Mecánica Eléctrica.

La Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica tiene en su organización interna tres áreas: Eléctrica y Electrónica, Potencia y Eléctrica y Electrónica; esta última coordina la carrera de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

Los primeros coordinadores de área, fueron: Ing. Edwin Alberto Solares Martínez, coordinador del Área de Eléctrica y Electrónica, Comunicaciones y Control, el Ing. Miguel Ángel Sánchez Guerra, Coordinador del Área de Potencia, Ing. Julio Roberto Urdiales Contreras, coordinador del Área General y de Eléctrica y Electrónica, Ing. Otto Armando Girón Estrada, coordinador de los Laboratorios

de Elentre otrosrotecnia, Ing. Mario Estuardo Vásquez Cáceres, coordinador de Laboratorios de Elentre otrosrónica, Ing. Jorge Luís Cabrera Morales, catedrático investigador.

Los primeros egresados fueron: En 1970: Ing. Hugo Cabrera Cienfuegos, en 1971: Ing. Alfonso Rodríguez Anker, Ing. Carlos Enrique Quintana Arévalo, En 1972: Ing. Héctor Moris Polanco Mazariegos, Ing. Luis Alberto Pereira Herrera, Ing. Ignacio González Lam, Ing. Karl Keydel García, en 1973: Ing. René Amilcar Roca Ceballos, Ing. Ricardo Guillermo Godoy González, Ing. José Luís Contreras Gonzáles, Ing. Juan Bartolo Túnchez Villagran, Ing. Mario René Pinelo Rosado, Ing. Luís Antonio Valenzuela Morales, Ing. Rafael Alberto Lemus Mazariegos, Ing. Luis Adalberto Reyes Barillas, Ing. Willie Lam Chang, Ing. Juan Carlos García Martínez, Ing. Luís Alfonso Muralles Calderón, Ing. José Luis Herrera Gálvez, Ing. Edgar René Mena Mansilla, Ing. Gustavo Adolfo Orozco, Ing. Adolfo Dosel Bojórquez, Ing. Edgar Renato Forno Putzeys. (Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, 2023)

La Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica estuvo ubicada en un principio en el edificio T-5 y fue trasladada luego al edificio T-1 bajo la dirección del Ing. Roberto Urdiales, donde actualmente se encuentra. (Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, 2023)

1.3.2. Visión

Ser la institución académica líder a nivel nacional y regional, con incidencia en la problemática nacional, en la formación de profesionales de calidad, en los campos de las Ingenierías Mecánica Eléctrica, Eléctrica y Elentre otrosrónica, emprendedores, con sólidos conocimientos científicos,

tecnológicos, éticos, sociales, fundamentados en la investigación, orientados hacia la excelencia, reconocidos internacionalmente y comprometidos con el desarrollo sostenible de Guatemala y de la región. (Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, 2023)

1.3.3. Misión

Formar profesionales competentes, con principios éticos y conciencia social, en los campos de las Ingenierías Mecánica Eléctrica, Eléctrica y Elentre otrosrónica, mediante técnicas de enseñanza actualizadas y fundamentados en la investigación, comprometidos con la sociedad, con el fin de contribuir al bien común y al desarrollo sostenible del país y de la región. (Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, 2023)

1.3.4. Objetivos estratégicos

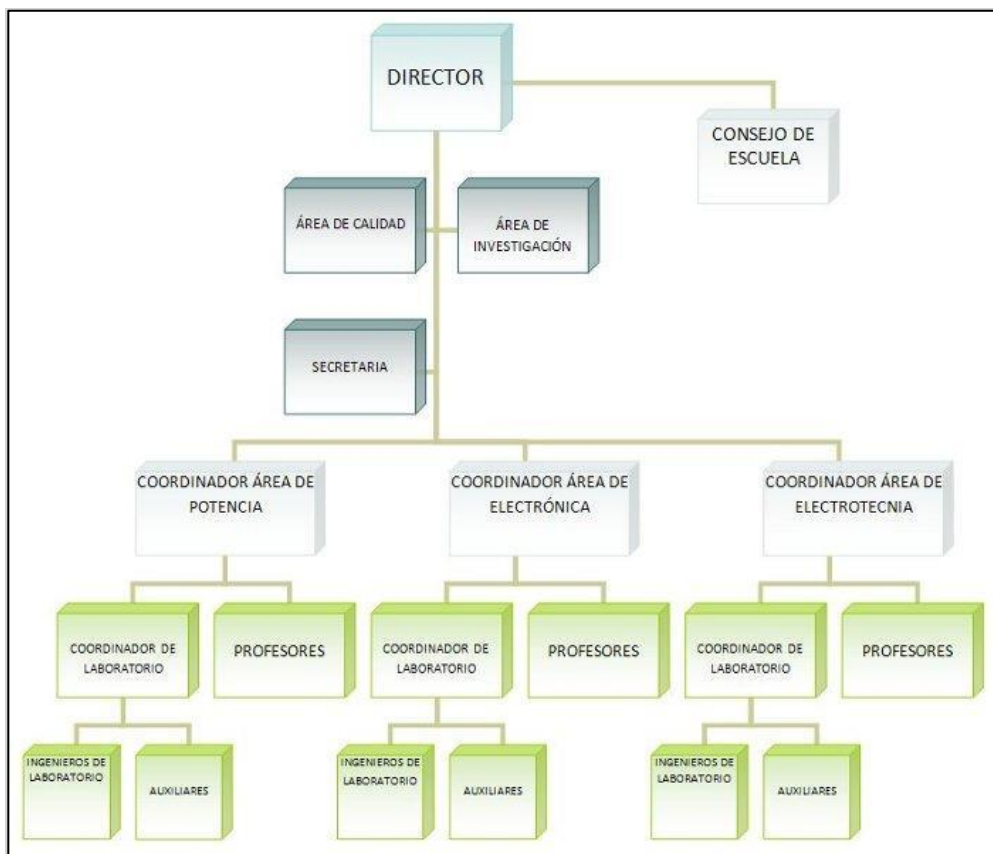
- Mejora continua del nivel académico de nuestra institución académica.
- Promover la formación de los estudiantes en áreas complementarias a la ingeniería, así como la práctica de valores y principios éticos y morales.
- Promover la formación en la investigación e impulsar su práctica en docentes y estudiantes.
- Promover la extensión de la ingeniería a través de su práctica con proyección social.

Lograr la acreditación a nivel regional. (Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, 2023)

1.3.5. Organigrama

Según la consulta de julio 2022 la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica está constituido de la siguiente manera.

Figura 1. Organigrama, EIME



Fuente: Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica (2023). *Organigrama*. Consultado el 04 de julio de 2022. Recuperado de <https://eime.ingenieria.usac.edu.gt/index.php/2015-10-06-22-23-45/organigrama>.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Perfil de ingeniero electrónico

El egresado de la carrera de Ingeniería Electrónica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, deberá poseer los siguientes atributos y características:

2.1.1. Campo cognoscitivo área de formación general

- Conocimiento del País
- Filosofía
- Administración
- Uso de Programas de Cómputo Generales y Específicos
- Programación de Computadoras
- Idiomas

2.1.2. Área fundamental de la ingeniería

- Matemáticas Avanzadas
- Estadística
- Análisis Probabilístico
- Física General y Cuántica
- Química
- Ingeniería Económica

2.1.3. Área fundamental de la electrónica

- Amplificadores Operacionales
- Microprocesadores y Sistemas basados en ellos
- Aplicaciones Industriales
- Transmisión de Información por varios medios
- Conmutación de Voz y Datos
- Fundamentos de Robótica

2.1.4. Campo de habilidades

- Capacidad de Análisis y Razonamiento Abstracto
- Capacidad de Investigación
- Capacidad de Observación
- Creatividad
- Capacidad para la Toma de Decisiones
- Don de Mando
- Capacidad para Enfrentar Varios Problemas a la Vez
- Capacidad para la Auto enseñanza (Autodidacta)
- Capacidad para la Comunicación Oral y Escrita
- Relaciones Humanas

2.1.5. Campo de actitudes

- Entereza de ánimo
- Competitividad
- Perseverancia
- Responsabilidad

- Respeto a sí mismo y a otros
- Organización
- Honradez
- Sinceridad
- Dinamismo
- Espíritu de Cooperación y Solidaridad
- Espíritu de Sacrificio
- Confianza en sí mismo
- Educarse y actualizarse continuamente

2.2. Conceptos teóricos para el prototipado del tablero didáctico

Un prototipo es una prueba inicial de un producto o dispositivo, con el cuál se pretende suplir una necesidad en base a un diseño planteado. El objetivo del prototipado es realizar pruebas preliminares de funcionamiento, mejoras de calidad, de estructura, materiales, entre otros.

Para el desarrollo de un prototipo electrónico, se requiera hacer un breve repaso de las definiciones en esta rama y los conceptos claves a tomar en cuenta para un diseño satisfactorio.

2.2.1. Tablero didáctico

Un tablero didáctico es un recurso utilizado por docentes e instructores en el proceso de enseñanza. Se utilizan para enriquecer las explicaciones en base a escritura o la presentación de diagramas y gráficos como apoyo en una definición o explicación de procesos.

Con el paso del tiempo los tableros didácticos han evolucionado y se han utilizado para mejorar las técnicas educativas de diferentes niveles. Inicialmente se utilizaban dispositivos fabricados con madera o papel para que el catedrático contara con una herramienta descriptiva y pudiera enriquecer las explicaciones físicamente y desarrollar habilidades en base a la experimentación.

Figura 2. **Ejemplo de un tablero didáctico**



Fuente: Mendoza Gobierno (2022). *Tableros Didácticos*. Consultado el 26 de noviembre de 2022. Recuperado de <https://www.mendoza.gov.ar/catalogoeconomiasocial/producto/tableros-didacticos-de-madera/>

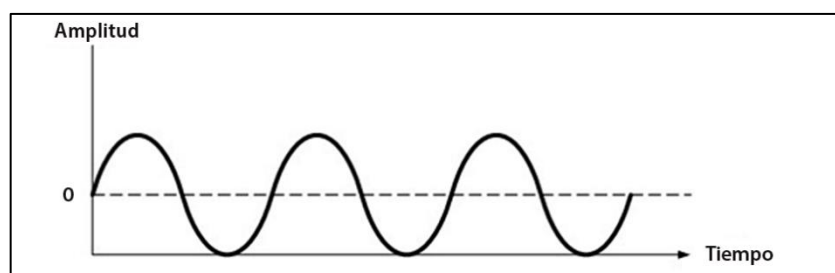
Actualmente la tecnología ha ingresado a revolucionar estas técnicas educativas, ya que con el paso de los años se aprovechan todos los recursos que brinda. Un tablero didáctico para explicaciones técnicas es un dispositivo elaborado para que los alumnos puedan desarrollar habilidades y la comprensión correcta de procesos de conexión de componentes, ensamblaje, funcionamiento, entre otros.

En electrónica, un tablero didáctico es un dispositivo que cuenta con componentes electrónicos, módulos y dispositivos utilizados por el catedrático para enriquecer una explicación y desarrollar diferentes habilidades en el alumno, comprender correctamente la conexión de componentes y utilización de los materiales y dispositivos, experimentar y realizar pruebas.

2.2.2. Electrónica analógica

Una señal analógica es aquella que no se interrumpe al transcurrir el tiempo, es decir que se encuentra en constante movimiento y puede ser infinita. En electrónica, una señal analógica se representa mediante el flujo de voltaje, corriente, sonido, entre otros. que no presenta interrupción y la amplitud es variable al transcurrir el tiempo. La electrónica analógica trata de la interpretación, amplificación y control de estas señales para propósitos específicos mediante dispositivos electrónicos.

Figura 3. Señal analógica

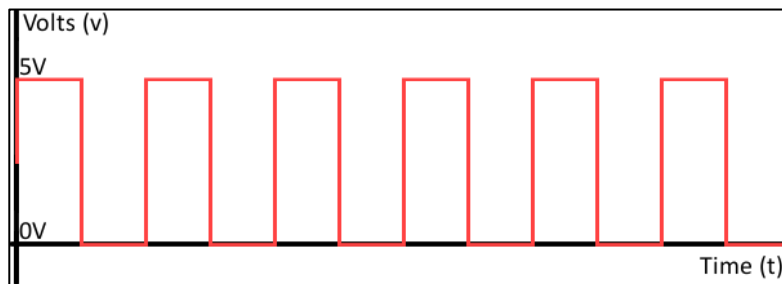


Fuente: Mendoza Gobierno (2022). *Tableros Didácticos*. Consultado el 26 de noviembre de 2022. Recuperado de <https://www.mendoza.gov.ar/catalogoeconomiasocial/producto/tableros-didacticos-de-madera/>

2.2.3. Electrónica digital

La electrónica digital, es aquella que se encarga del análisis e interpretación de señales que solamente puede tener 2 niveles posibles al transcurrir el tiempo y estos niveles son definidos claramente. En electrónica digital las señales se representan con estados altos (representados por un uno lógico, lo cual presenta la existencia de voltaje) y niveles bajos (representados por un cero lógico, la ausencia o el valor de referencia).

Figura 4. Señal digital



Fuente: Solectro (2022). *Fundamentos de la señal analógica vs. digital*. Consultado el 03 de noviembre de 2022. Recuperado de <https://solectroshop.com/es/blog/fundamentos-de-la-senal-analogica-vs-la-digital-n22>

La electrónica digital presenta un avance significativo en la tecnología y en todos los sistemas de hoy en día, ya que presenta muchas ventajas sobre la electrónica analógica como el procesado y transmisión de datos de una forma más eficiente y fiable, la flexibilidad del diseño de soluciones debido al carácter programable de circuitos digitales.

2.2.4. Componentes electrónicos

Un componente electrónico es aquel que es fabricado con distintos materiales como plástico, cerámica, metal, entre otros. o una combinación de estos para cumplir un propósito en un circuito eléctrico. Según su aplicación y considerando su funcionamiento se pueden clasificar en componentes activos y pasivos.

Los componentes electrónicos activos son aquellos que pueden controlar el flujo de electrones. Muchos componentes activos son denominados semiconductores debido a su construcción, ya que dependiendo de medios físicos como la temperatura, campo magnético, entre otros. pueden funcionar como conductores permitiendo el flujo de electrones o como un aislante, el cual impide el paso de electrones. En la clasificación de componentes electrónicos activos se encuentran todos los semiconductores como transistores, circuitos integrados, triacs, diodos, tiristores.

Los componentes electrónicos pasivos son aquellos que no pueden controlar el flujo de electrones por medio de otra señal eléctrica, solamente se utilizan para la interconexión entre los diferentes componentes activos que forman un circuito y garantizan la transmisión de señales. En la clasificación de componentes electrónicos pasivos se encuentran las resistencias, capacitores, inductores y transformadores y la conexión o uso dependerá del tipo de circuito que se construya.

2.2.5. Electrónica modular

Un sistema electrónico modular está compuesto de un conjunto de tarjetas o bloques más pequeños que pueden fabricarse de manera independiente y se pueden interconectar entre sí de forma fácil y práctica.

Actualmente, un sistema de electrónica modular permite que componentes electrónicos puedan ser reutilizados ya que forman bloques que pueden conectarse de manera independiente o en conjunto para crear sistemas más grandes.

El diseño modular permite crear por etapas un producto final que cumpla con requerimientos específicos, por ejemplo, los vehículos o computadoras están diseñados de esta forma para facilitar su reproducción, construcción y reemplazar piezas específicas si en algún momento algún bloque deja de funcionar.

2.2.6. Prototipado

El prototipado es una prueba inicial de un producto, dispositivo o servicio el cual permite realizar un ensayo de funcionamiento y diseño para evaluar si cumple con las necesidades y objetivo. Es una prueba inicial para materializar una idea y considerar mejoras o cambios que permitan obtener un producto final que cumpla los objetivos planteados. El diseño de un prototipo se basa en la resolución de un problema, la eficiencia y si es viable o no para la introducción en un mercado específico.

Los prototipos son clave para obtener un gran diseño de manera sólida y consistente, ya que nos permite estimar el costo final de producción o reproducción, el tiempo de fabricación y tomar decisiones sobre los materiales,

seleccionar herramientas, determinar el ajuste y durabilidad, identificar mejoras y obtener un diseño final que cumpla con la función por la cual fue planteado.

El proceso de prototipado cuenta con etapas que permitirán obtener un resultado correcto:

- Definir los requerimientos: lo primero es saber qué necesitamos y cuál es el propósito de realizar un prototipo.
- Definir las herramientas: en base a los requerimientos, se deben considerar qué herramientas pueden brindar un mejor resultado y cuáles podrían descartarse.
- Diseñar: materializar la idea inicial es importante en base a consideraciones como tamaño, ergonomía, forma, construcción, componentes, entre otros.
- Testear el producto: observar y registrar el desempeño del prototipo en base al propósito o el problema a resolver.
- Analizar los resultados: en base a los requerimientos iniciales, evaluar el prototipo y si es posible mejorar la solución.

2.2.7. Herramientas de prototipado en electrónica

Para poder diseñar un prototipo electrónico, es necesario considerar las herramientas que permitan obtener resultados profesionales y reduzcan el tiempo de reproducción, por eso se debe realizar una descripción de las más importantes y utilizadas hoy en día para este propósito.

2.2.7.1. Modelado e impresión en 3D

El modelado en 3D es la técnica que se utiliza para elaborar formas en tercera dimensión a través de software mediante una computadora. Es similar al trabajo que realiza un escultor, el cual mediante técnicas manuales fabrica una obra de arte basándose en una idea o requerimiento inicial. Con el modelado 3D se pueden recrear formas que solamente existen en nuestra mente y que sea difícil explicar sin el apoyo de algún gráfico que respalde. El modelado 3D permite elaborar modelos completos o partes que posteriormente sean ensambladas, observar el funcionamiento y proponer mejoras.

La impresión 3D es un proceso con el cual se fabrica un objeto físico a partir de un modelo 3D diseñado previamente. Este proceso consiste en la adición de capas de material que corresponden a las secciones transversales del modelo. Los materiales utilizados actualmente son plásticos y sus derivados y resinas para obtener modelos sólidos a bajo costo que permitan prototipar.

Una impresora 3D es un dispositivo electrónico capaz de imprimir figuras sólidas con ancho, largo y alto. El término impresora se basa en un dispositivo de oficina o casa que permite trasladar un documento digital a documentos físicos en papel, éste mismo concepto se aplica en una impresora 3D ya que permite obtener un objeto en 3 dimensiones a partir de un diseño digital por computadora. Para crear las capas y formar un objeto se utilizan diferentes tecnologías como la adición de polímeros que se basa en fundir un filamento de plástico y depositarlo capa sobre capa hasta obtener el resultado en 3 dimensiones, también se utiliza la tecnología por foto solidificación, que se basa en endurecer un polímero por luz.

Figura 5. **Impresora 3D**



Fuente: Tecnología Informática (2022). *Impresoras 3D*. Consultado el 03 de noviembre de 2022. Recuperado de <https://www.tecnologia-informatica.com/impresoras-3d-que-son-como-funcionan-impresion-3d/>

2.2.7.2. Modelado en 2D y corte láser

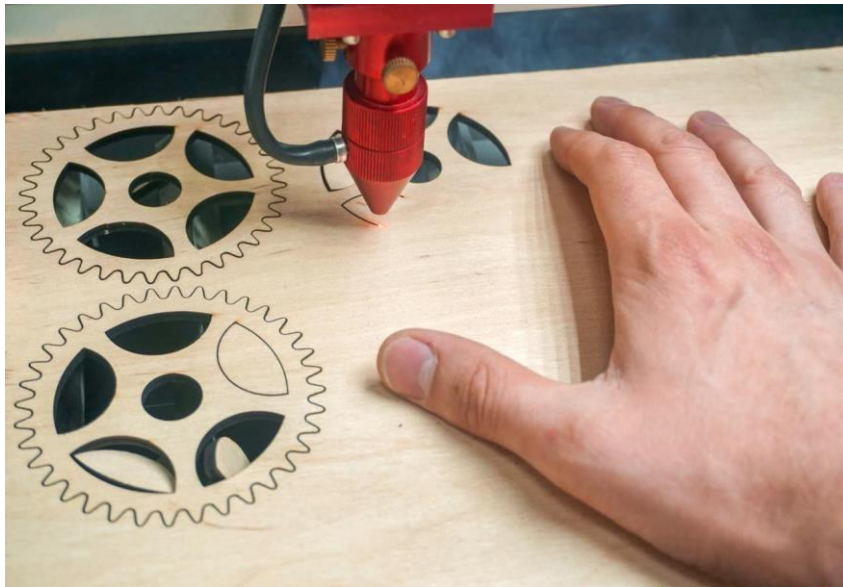
El modelado en 2D es la técnica que se utiliza para elaborar formas en 2 dimensiones a través de software mediante una computadora, es decir formas que sólo poseen ancho y largo y están construidas a base de puntos, líneas, arcos y polígonos.

El corte láser es una técnica para el prototipado y fabricación de piezas en materiales como madera o plástico. Durante el proceso de corte un láser se concentra en un solo haz de luz que atraviesa la superficie del material y al redirigir el haz de luz mediante el mecanizado CNC según la geometría de un modelo en 2D se obtienen las piezas finales.

Entre las principales ventajas de fabricar y prototipar piezas con esta tecnología destacan:

- Eficiencia: al utilizar esta técnica para fabricar piezas se reduce significativamente el tiempo de producción en comparación a una impresora en 3D, pero se limita el volumen de la pieza final por el espesor del material.
- Alta precisión: el mecanizado CNC que se utiliza para redirigir el láser permite realizar cortes de alta complejidad y de distintas formas ya sea regulares o irregulares.
- Reducción de costos: el corte láser es un método económico para el prototipado, ya que depende directamente del material utilizado y actualmente son muy comerciales materiales como Acrílico, PVC, entre otros.

Figura 6. **Corte láser con CNC**



Fuente: Corzosa (2021). *Todo lo que necesitas saber sobre máquinas de corte láser.*

Consultado el 03 de noviembre de 2022. Recuperado de <https://www.corzosa.com/todo-sobre-maquinas-corte-laser/>

2.3. Microcontrolador

Un microcontrolador es un dispositivo electrónico, específicamente un circuito integrado que dependiendo de la utilidad cuenta con terminales de entrada y salida de señales y periféricos de conexión los cuales le permiten interactuar con dispositivos electrónicos externos. Estos dispositivos tienen la capacidad de procesar señales y automatizar procesos dependiendo de la programación que sea almacenada en la memoria interna.

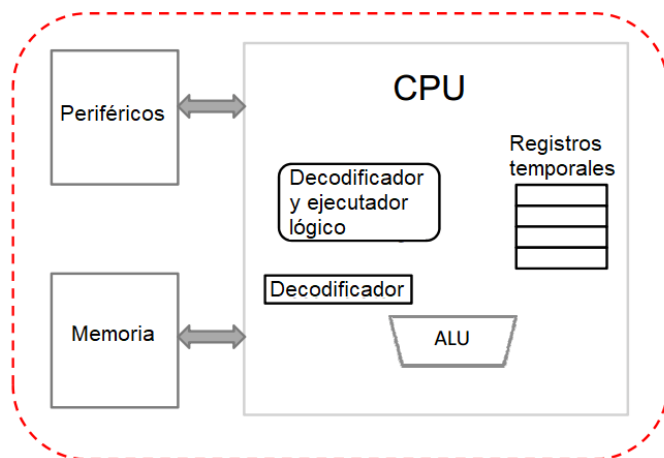
2.3.1. Aplicaciones de un microcontrolador

Las aplicaciones de un microcontrolador dependen de los recursos con los que cuente cada dispositivo y las habilidades del programador en optimizar esos recursos. Existen diferentes microcontroladores en el mercado creados específicamente para distintos usuarios y aplicaciones. Por ejemplo, puede ser utilizado por un estudiante para desarrollar tecnologías básicas hasta microcontroladores con recursos que permitan desarrollar tecnologías para el control industrial o espacial. Con un microcontrolador se pueden desarrollar sistemas de comunicación para el envío y recepción de datos con tecnologías inalámbricas como Bluetooth o Wi-fi, el control de mecanismos y motores para aplicaciones en robótica, aplicaciones en medicina como el monitoreo de signos vitales, mediciones de presión arterial o ritmo cardíaco, aplicaciones industriales de automatización para el control de procesos, industria automotriz para el procesamiento de señales provenientes de sensores, uso doméstico, entre otros.

2.3.2. Construcción de un microcontrolador

Las partes que conforman un microcontrolador son el CPU, unidades de memoria RAM y ROM y los periféricos. (Rodríguez, L., 2020)

Figura 7. Partes de un microcontrolador



Fuente: Microcontroladores (2022). *Todo sobre microcontroladores*. Consultado el 29 de septiembre de 2022. Recuperado de <https://microcontroladores.com/>

El CPU lee las instrucciones de un programa, interpreta, decodifica y las ejecuta. El bloque de memoria de un microcontrolador cuenta con dos tipos que poseen características y tareas diferentes:

- Memoria RAM: almacena temporalmente datos con los que se ejecuta un programa y posee la funcionalidad de lectura y escritura de datos. Al apagar el microcontrolador todos los datos almacenados de manera temporal son borrados hasta que inicie la ejecución de un nuevo programa.
- Memoria ROM: almacena directamente el programa que ejecuta el microcontrolador de forma permanente y posee la funcionalidad únicamente de lectura de datos.

Los periféricos permiten la interacción y comunicación del microcontrolador con el exterior. El microcontrolador mediante los periféricos de entrada o salida recibe o envía señales o instrucciones.

3. DISEÑO DE CIRCUITOS Y COMPONENTES UTILIZADOS PARA EL TABLERO DIDÁCTICO

3.1. Microcontroladores utilizados en el tablero

Según los requerimientos establecidos por el Laboratorio de Electrónica, los alumnos deben realizar prácticas con distintos microcontroladores o placas de desarrollo al cursar el laboratorio de electrónica 3 que forma parte del p^énsum de estudios de Ingeniería Electrónica, Eléctrica y Mecánica Eléctrica y el laboratorio de electrónica 5 y 6 para estudiantes de electrónica. Sin embargo, se propuso la implementación de microcontroladores extra que permitan la introducción a la programación de microcontroladores y así más estudiantes puedan utilizar el tablero didáctico dentro del laboratorio en cursos introductorios.

3.1.1. FPGA Spartan 3A

Para el desarrollo de prácticas en el curso de electrónica 3 en el laboratorio de electrónica se utiliza la placa de desarrollo/aprendizaje Elbert V2 la cual es implementada gracias a la FPGA Xilinx Spartan 3A. FPGA es el acrónimo de Field Programmable Gate Arrays (Matriz de puertas programables), se trata de un conjunto de dispositivos basados en semiconductores a base de matrices de bloques lógicos los cuales se interconectan mediante programación y pueden ser personalizados por el usuario en base a los requerimientos y tareas.

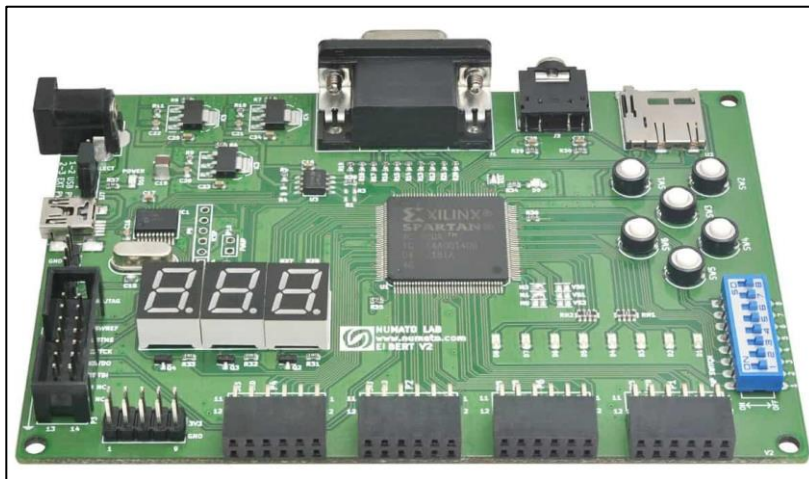
En el pasado se fabricaban circuitos integrados con funciones ya establecidas y que no era posible modificar por el usuario, sin embargo, las FPGA

permiten la reconfiguración y la reutilización de estos dispositivos para el aprendizaje e incluso el desarrollo de grandes tecnologías en diferentes áreas.

Actualmente los sectores donde se aplican las FPGA son:

- Computación de alto rendimiento
- Industria y automatización
- Medicina
- Desarrollo automotriz
- Entre otras

Figura 8. **Placa de desarrollo FPGA Spartan 3^a**

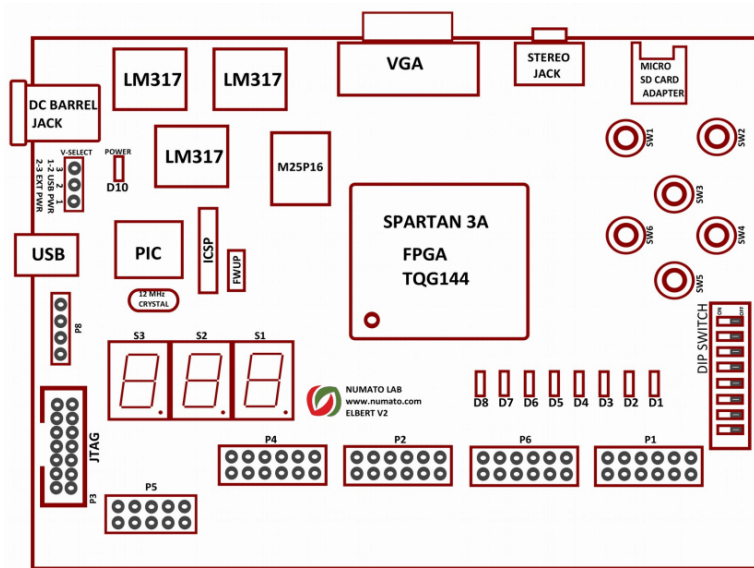


Fuente: Numato (2016). *Placa de desarrollo Spartan 3A FPGA*. Consultado el 30 de septiembre de 2022. Recuperado de <https://numato.com/docs/elbert-v2-spartan-3a-fpga-development-board/>

Esta placa de desarrollo forma parte importante en el tablero didáctico, ya que brinda recursos robustos de hardware y dispositivos como interruptores,

conectores VGA, Display LED, reguladores, conectores de audio y una cantidad de periféricos los cuales permiten la interconexión de dispositivos externos y una fácil interconexión de la placa de desarrollo hacia la computadora mediante un puerto USB.

Figura 9. **Bloques que conforman una FPGA Spartan 3^a**



Fuente: Numato (2016). *Placa de desarrollo Spartan 3A FPGA*. Consultado el 30 de septiembre de 2022. Recuperado de <https://numato.com/docs/elbert-v2-spartan-3a-fpga-development-board/>

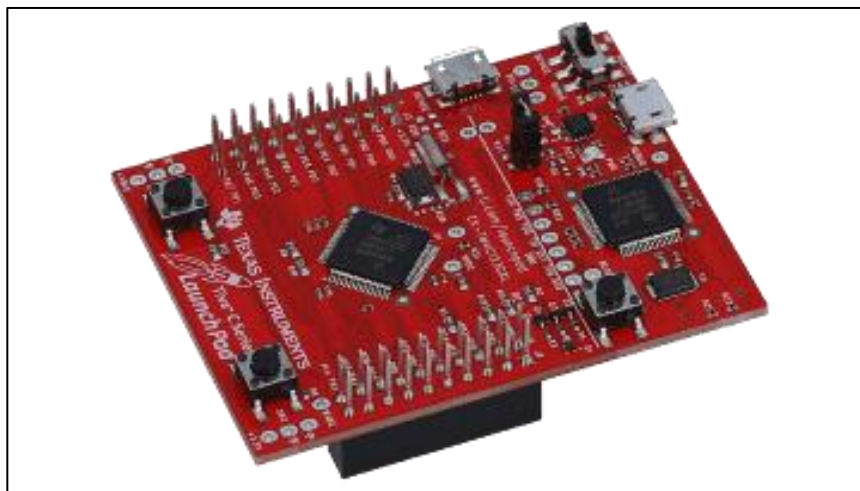
3.1.2. TIVA C 123GX

Para el desarrollo de prácticas en el curso de electrónica 3 y electrónica 5 para el aprendizaje de lenguaje C o ensamblador se utiliza esta placa de desarrollo fabricada por Texas Instruments, es una tarjeta con un microcontrolador ARM Cortex-M4 con un CPU de 32 bits y con frecuencias de funcionamiento de hasta 120 MHz. Cuenta con 40 pines de conexión a

periféricos que pueden ser configurados como entradas o salidas digitales o analógicas, también permite la conexión para el traslado de la programación a la memoria ROM mediante el protocolo USB. Esta placa de desarrollo brinda una gran capacidad y velocidad de procesamiento comparado con otras placas en el mercado lo que permite implementar aplicaciones complejas que requieran de recursos y procesamiento de datos rápido.

Los beneficios que esta placa de desarrollo ofrece son la flexibilidad, la programación mediante software libre como Code Composer Studio y la facilidad de reprogramación mediante conexión USB.

Figura 10. **Tiva C 123GLX**



Fuente: Texas Instruments (2022). *EK-TM4C123GXL*. Consultado el 30 de septiembre de 2022.

Recuperado de <https://www.ti.com/tool/EK-TM4C123GXL>

Cuenta con botones de usuario programables y Led RGB que pueden ser personalizados en base a requerimientos y aplicaciones. También ofrece periféricos de entrada y salida que permiten la conexión de distintos módulos,

sensores, pantallas, motores y el control de dispositivos mediante señales PWM por lo que las aplicaciones en diferentes sectores son prácticamente ilimitadas.

3.1.3. Módulo ESP32

Para la interconexión de dispositivos en prácticas de laboratorio y la elaboración de proyectos se requiere el uso de dispositivos inalámbricos por lo que el tablero didáctico contará con estas conexiones a través de una placa de desarrollo.

La placa de desarrollo DOIT ESP32 DevKit se basa en el chip ESP32 que permite la conexión Wifi y Bluetooth de diferentes dispositivos como sensores, módulos y actuadores. Permite la implementación de proyectos IOT (Internet de las cosas) de forma económica.

El objetivo principal es construir un tablero didáctico que permita que los estudiantes cuenten con los materiales y recursos para desarrollar diferentes prácticas directamente en el laboratorio por lo que la implementación de este módulo se propone como una mejora considerable ya que cuenta con un CPU de dos núcleos que se puede controlar y programar de manera independiente y así lograr la interacción de diferentes dispositivos de manera inalámbrica fácilmente. Esto permitirá que los alumnos puedan controlar desde distintos microcontroladores dispositivos o recibir datos a través de estas conexiones para tareas específicas.

Figura 11. **Módulo Bluetooth – Wifi ESP32**



Fuente: RedGPS (2022). *ESP32 Doit*. Consultado el 30 de septiembre de 2022. Recuperado de <https://www.redgps.com/dispositivos-iot/doit-esp32>

El ESP32 cuenta con un conjunto de periféricos muy similares a los de un microcontrolador. Cuenta con 34 pines digitales para la conexión de LED, interruptores, motores DC, entre otros. También posee un conversor analógico-digital lo que permite la utilización de una gran cantidad de sensores además de la conexión con diferentes protocolos como UART, I2C, SPI y USB.

3.1.4. Raspberry Pi Pico

Es una placa de desarrollo construida en base al microcontrolador RP2040 de Raspberry Pi que cuenta con 2 núcleos ARM Cortex-M0+ que trabaja a una frecuencia de 133MHz. Este dispositivo fue creado para ofrecer una herramienta de desarrollo flexible y a muy bajo costo comparado con otros dispositivos similares. Cuenta con 30 pines GPIO que pueden configurarse como entradas o

salidas de señales los cuales permiten controlar diferentes dispositivos o recibir información y trabajan a 3.3V, sin embargo 3 de estos pines pueden usarse como convertidores analógicos – digitales (ADC).

Figura 12. **Microcontrolador Raspberry Pi Pico**



Fuente: Raspberry Pi. (2022). *Raspberry Pi Pico*. Consultado el 30 de septiembre de 2022.
Recuperado de <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-pico/>

Este pequeño microcontrolador se puede utilizar para desarrollar proyectos básicos en los que los alumnos puedan introducirse a la programación, pero debido a los recursos de un dispositivo tan pequeño también permite ser utilizado para diseñar proyectos aún más ambiciosos ya que es muy eficiente y versátil.

Gracias a este dispositivo los estudiantes contarán en el tablero con una alternativa completa para la programación en lenguajes C++ y MicroPython para el control de sensores, módulos de dispositivos, actuadores, entre otros.

Las características principales de este dispositivo son:

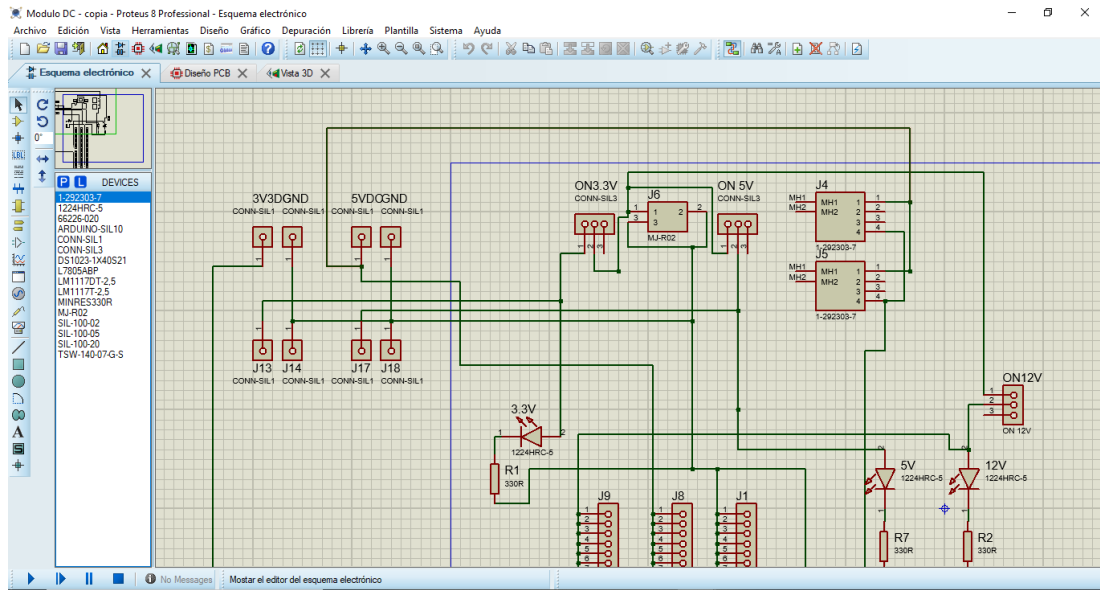
- Microcontrolador RPM2040
- Procesador ARM Cortex-M0+ de doble núcleo y un reloj de 133MHz
- SRAM de 264kB
- Conexión con distintos protocolos: 2 conexiones UART, 2 SPI y 2 controladores de I2C y canales PWM
- Conexión mediante USB

3.2. Software de diseño de circuitos esquemáticos y PCB

Para el prototipado y diseño de circuitos existen diversas herramientas digitales que permiten realizar estas tareas, sin embargo, para el diseño del tablero didáctico se utilizó el Software Proteus en su versión 8 profesional ya que permite diferentes visualizaciones del proyecto a diferencia de otro software, en él se diseñan los módulos que conformarán el tablero didáctico.

Proteus ofrece la visualización del esquema electrónico en el cual se pueden encontrar todos los símbolos de los componentes electrónicos, sus terminales, realizar la conexión entre ellas y la identificación de todos los elementos de un circuito para luego realizar una simulación y verificar el correcto funcionamiento.

Figura 13. Circuito esquemático en Proteus



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus 8 Profesional.

También cuenta con un apartado de diseño de PCB y su visualización en 3D en el cual se puede realizar una placa PCB de las dimensiones según el requerimiento a partir del esquema electrónico permitiendo seleccionar y ubicar los componentes para facilitar la conexión en un prototipo final, seleccionar el encapsulado de los componentes, el grosor de pistas o conexiones, tipo de PADS para soldadura, identificación de conectores, además la visualización en 3D permite tener un panorama del resultado final ya que muestra cómo se observaría el diseño físicamente.

3.3. Diseño de módulos para el tablero didáctico

Uno de los principales objetivos de realizar el tablero didáctico es proporcionar una herramienta que ponga a disposición de los estudiantes variedad de componentes electrónicos directamente en un tablero de pruebas y les permita interconectarlos fácil y rápidamente.

Para ello se diseñaron módulos de componentes electrónicos con una funcionalidad específica y que también permitan al catedrático desarrollar de manera objetiva las prácticas de laboratorio, ya que contará con una herramienta didáctica con componentes listos para su conexión. Los estudiantes podrán conocer los componentes, la funcionalidad, las conexiones e interactuar directamente con los dispositivos. Cabe mencionar que al tratarse de módulos éstos se pueden reutilizar por muchos estudiantes durante cada semestre, permitiendo también el equipamiento al laboratorio y la disminución considerable de gastos por cada estudiante al invertir en componentes durante sus prácticas, además la modularidad permite la sustitución de un solo módulo en todo el tablero didáctico si se daña por desgaste pudiendo reutilizar todos los demás módulos y componentes electrónicos.

3.3.1. Módulo de LED

Al iniciar en el mundo de la programación de microcontroladores es recomendable conocer e identificar los diferentes periféricos de conexiones. Estos pueden ser entradas o salidas de señal. En prácticas de laboratorio al familiarizarse con el microcontrolador se deben visualizar las salidas y comprobar el estado lógico al realizar pruebas, para ello se utilizan diodos LED los cuales al encontrarse encendidos lo que se interpreta un estado lógico alto, y al

encontrarse apagados se interpreta la ausencia de una señal digital mediante un estado lógico bajo.

Al desarrollar prácticas de laboratorio en las que se involucra la utilización de varias salidas en el microcontrolador el estudiante debe realizar en un protoboard las conexiones de los diodos LED para luego por medio de cables conectarlas al microcontrolador lo que conlleva una inversión considerable tanto de materiales como tiempo que podría reducirse.

La solución propuesta trata de un módulo LED el cual pone a disposición 40 diodos emisores de luz, divididos en 4 colores los cuales se pueden interconectar directamente al microcontrolador por medio de jumpers de manera fácil, ya que cuentan con una conexión común de GND y una resistencia limitadora incluida.

Para la conexión de los diodos LED se utiliza una resistencia limitadora de corriente para proteger el dispositivo y que funcione de manera óptima. Este valor de resistencia depende del voltaje de alimentación y de la corriente de consumo del diodo LED, para ello se consideran los valores de voltaje dependiendo del color y la corriente de consumo, específicamente para LED difusos de 5mm.

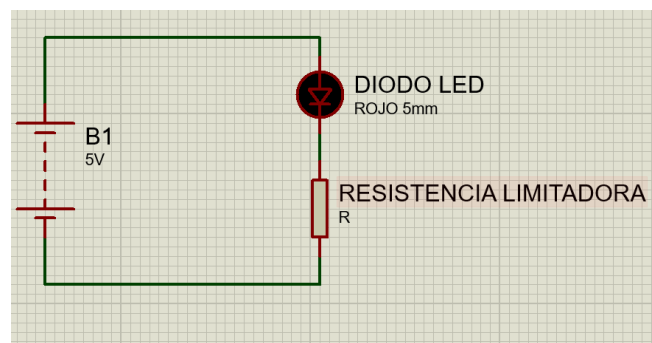
Tabla I. **Valores de voltaje y corriente de trabajo, Diodos LED 5mm**

COLOR	Voltaje (volt)	Corriente (mA)
ROJO	1.6 - 2.0	20
ANARANJADO	2.0 - 2.1	20
AMARILLO	2.1 - 2.2	20
VERDE	1.9 - 4.0	20
AZUL	2.5 - 3.7	20
	3.2 - 3.6	20

Fuente: QBProfe Academy. (2022). *Qué es un diodo LED*. Consultado el 27 de noviembre de 2022. Recuperado de <https://www.qbprofe.com/automatizacion-instrumentacion-industrial/que-es-un-diodo-led/>

Tomando en cuenta estos valores se plantea el siguiente circuito de conexión de LED, en el cual la alimentación será de 5VDC (Pin de salida del microcontrolador), se incluye un led rojo difuso de 5mm (Valores de trabajo: 20mA y 2VDC) y una resistencia limitadora R.

Figura 16. **Circuito de conexión de LED**



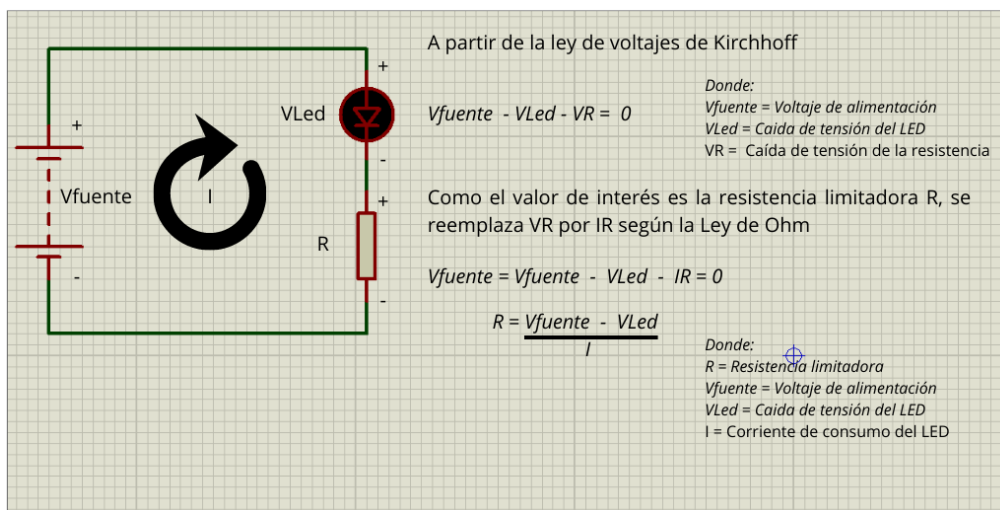
Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus 8 Profesional.

Para calcular el valor de resistencia que se debe utilizar se emplea la ley de voltajes de Kirchhoff que indica que, la suma algebraica de las diferencias de potencial eléctrico en un lazo cerrado es igual a cero

$$V_{fuente} + V_1 + V_2 + V_n = 0$$

Tomando en cuenta la dirección de las manecillas del reloj para la corriente y que tanto el diodo LED como la resistencia representan una caída de voltaje en el circuito se realiza el análisis matemático para determina el valor de resistencia a utilizar.

Figura 17. **Cálculo de resistencia limitadora para LED de 5mm difuso**



Fuente: elaboración propia, realizado con Canva.com.

Tomando en cuenta la figura 16, para el LED de color rojo el cual posee un consumo de 2V y 20uA, y sustituyendo estos valores según la imagen anterior, se obtiene lo siguiente:

$$R = \frac{V_{fuente} - V_{LED}}{I}$$

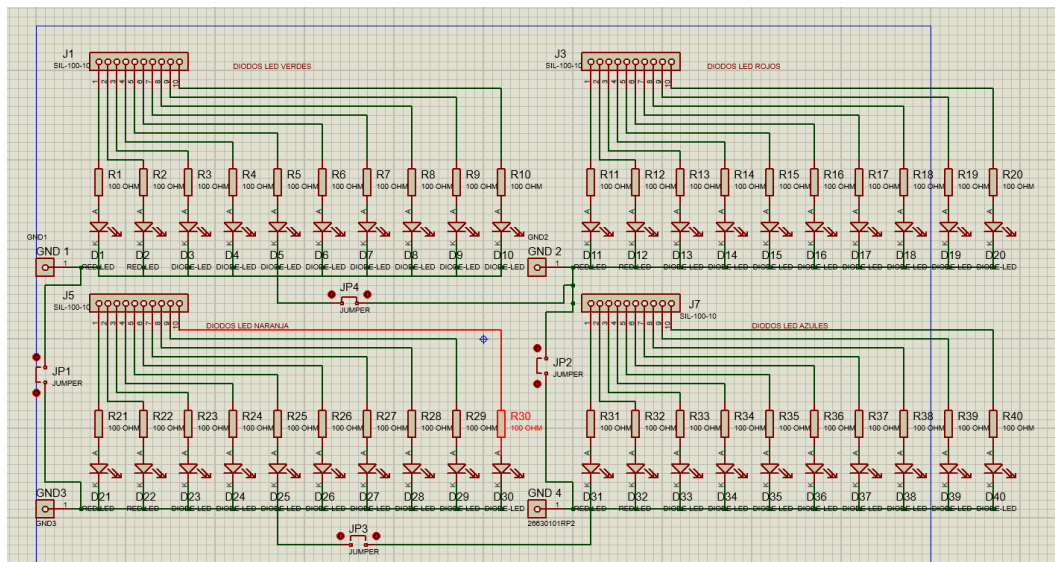
Sustituyendo los valores:

$$R = \frac{5V - 2V}{20mA}$$

$$R = 100 \Omega$$

Por lo tanto, en el diseño del módulo LED se utiliza una resistencia de 100 Ohm 1/4W para limitar la corriente de todos los diodos utilizados ya que para los colores verde, amarillo, y naranja el resultado es un valor aproximado a 100 Ohmios siendo este el valor comercial y a partir de ahora en todo el documento se utilizará el cálculo anterior al utilizar diodos LED.

Figura 18. Esquema electrónico de módulo LED



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus 8 Profesional.

En la figura 19 se presenta el circuito esquemático del módulo LED propuesto, en la tabla I la descripción de cada componente y la función que realiza.

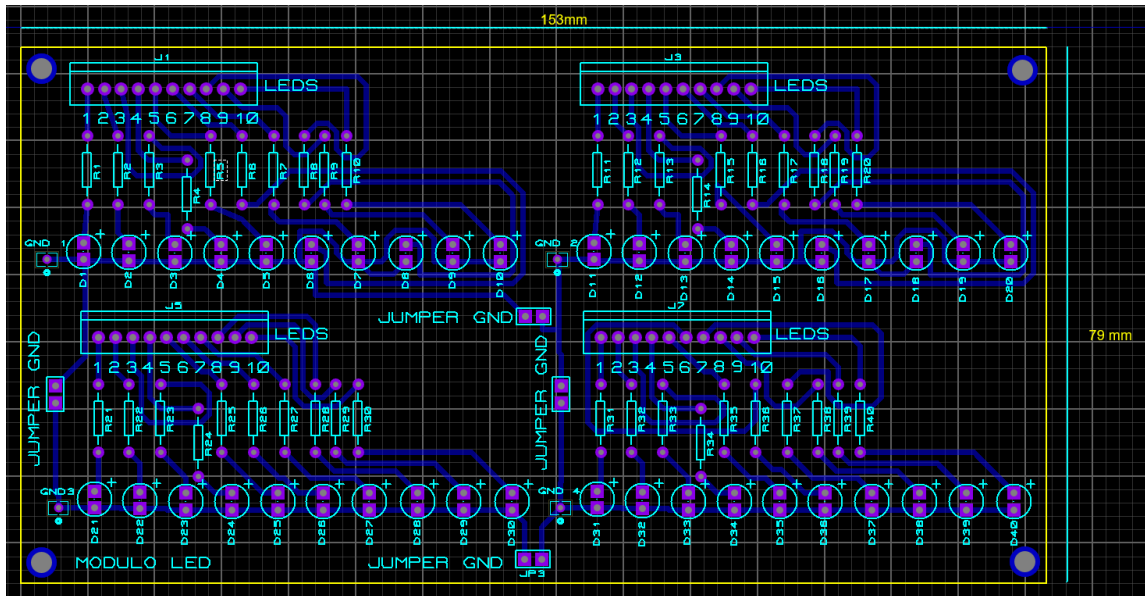
Tabla II. **Componentes y conectores, módulo LED**

COMPONENTE	NOMENCLATURA	FUNCIÓN
Header pin de 10 contactos	J1, J3, J5, J7	Interconectar la salida digital de un microcontrolador con el módulo LED
Resistencia de carbón de 100 ohm 1/4W	R1 – R40	Limitar la corriente de alimentación de los diodos LED.
Diodos LED verdes de 5mm	D1 – D10	Visualizar mediante un indicador luminoso el estado lógico 0, 1.
Diodos LED rojos de 5mm	D11 – D20	Visualizar mediante un indicador luminoso el estado lógico 0, 1.
Diodos LED de naranja 5mm	D21 – D30	Visualizar mediante un indicador luminoso el estado lógico 0, 1.
Diodos LED azules de 5mm	D31 – D40	Visualizar mediante un indicador luminoso el estado lógico 0, 1.
Header pin de 1 contacto	GND1, GND2, GND3, GND4	Interconectar la salida GND del microcontrolador con el cátodo de los diodos LED.
Header pin de 2 contactos	JP1, JP2, JP3, JP4	Conectar o aislar la conexión GND entre los distintos colores utilizados

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Luego de realizar el diseño esquemático del circuito y comprobar el funcionamiento a través del software, se diseña el PCB con el cual se fabricará físicamente el módulo de LED. Para obtener un diseño satisfactorio se consideró la posición de todos los conectores colocándolos en puntos estratégicos en el PCB que faciliten la conexión y accesibilidad.

Figura 19. Diseño PCB del módulo LED



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus 8 Profesional.

3.4. Vista 3D del módulo LED

El diseño obtenido es un PCB de 153 x 79 mm, en el cual se incluyen 4 agujeros de 3mm de diámetro en las esquinas para la sujeción del módulo en el tablero didáctico.

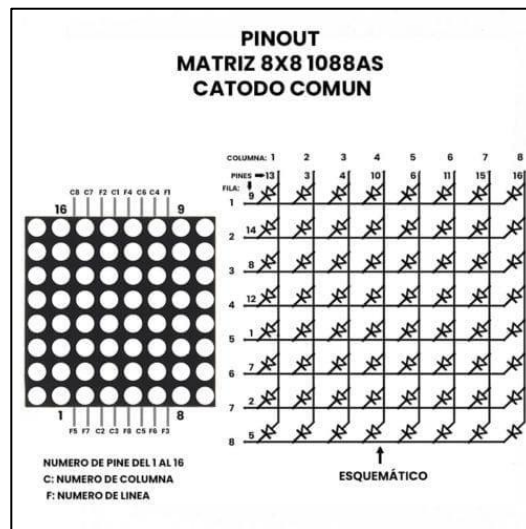
3.4.1. Módulo de matriz y display LED

En el laboratorio de electrónica al finalizar las prácticas se realiza un proyecto en el cual se aplican todos los conocimientos adquiridos en las distintas clases durante el semestre al desarrollar una solución a una problemática propuesta por el catedrático.

En la mayoría de las prácticas se necesita mostrar valores para la interacción con el usuario final por lo que es útil en el tablero didáctico la implementación de matrices las cuales son un conjunto de leds agrupados por filas y columnas. Encendiendo y apagando leds de la matriz se pueden crear gráficos, figuras, textos y animaciones. También para muchos proyectos es necesario mostrar caracteres (normalmente números) por lo que se incluye en el tablero 4 display LED los cuales son útiles en soluciones que incluyen contadores ascendentes o descendentes, relojes, cronómetros, temporizadores, entre otros.

El módulo de matriz y display led diseñado para el tablero didáctico cuenta con una matriz led cátodo común de 8 filas y 8 columnas con conectores disponibles para que el catedrático o alumno pueda realizar las conexiones al microcontrolador o algún driver únicamente con cables jumper. Las columnas deben alimentarse con voltajes positivos y las filas con GND.

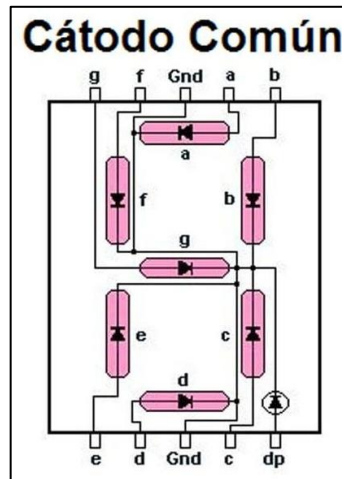
Figura 20. **Diagrama de conexiones de matriz LED cátodo común**



Fuente: Uelectronics (2022). *Matriz Led cátodo común*. Consultado el 09 de octubre de 2022.

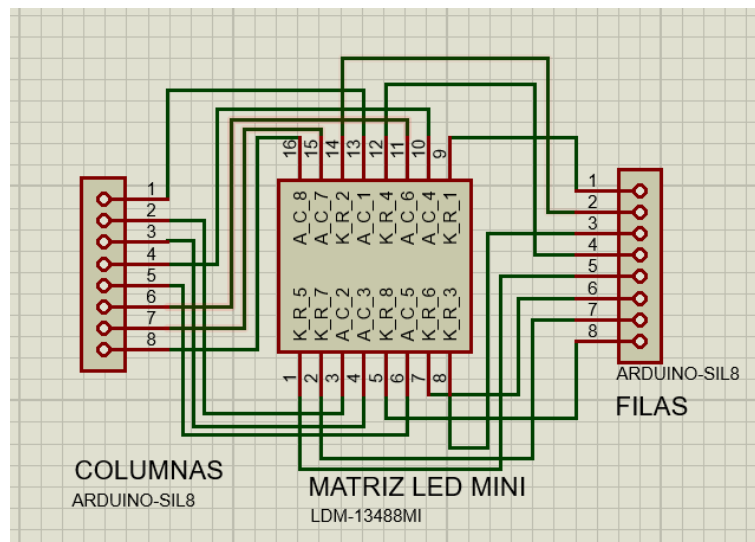
Recuperado de <https://uelectronics.com/producto/matriz-8x8-1088as-led/>

Figura 21. Diagrama de conexiones del display cátodo común



Fuente: Uelectronics (2022). *Display Cátodo Común*. Consultado el 09 de octubre de 2022.
Recuperado de <https://uelectronics.com/wp-content/uploads/2018/01/AR0228-Display-7-Segmentos-Catodo.jpg>

Figura 22. Esquema electrónico de la Matriz LED



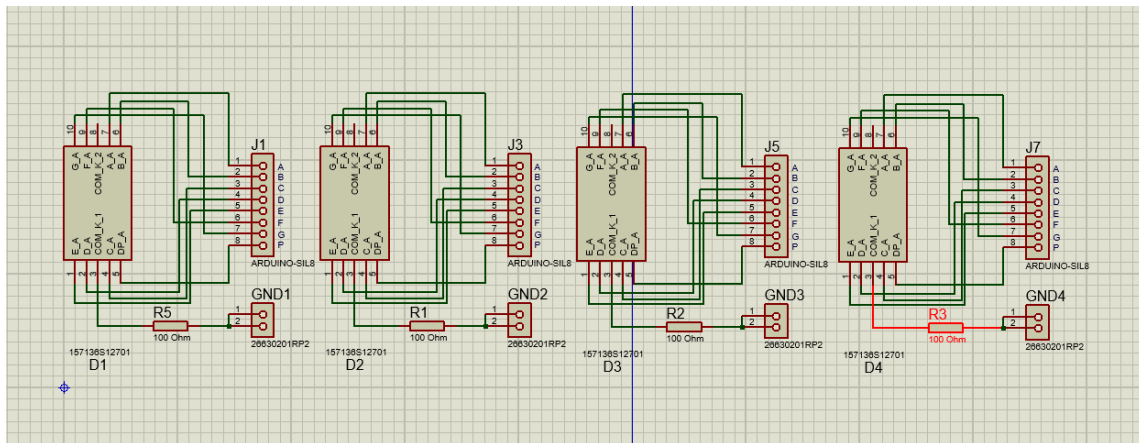
Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus 8 Profesional.

Tabla III. **Componentes y conectores, módulo de matriz**

COMPONENTE	NOMENCLATURA	FUNCIÓN
Header pin de 8 contactos	COLUMNAS	Interconectar la salida digital de un microcontrolador con las columnas de la matriz de LED
Header pin de 8 contactos	FILAS	Interconectar la salida digital de un microcontrolador con las filas de la matriz de LED
Matriz LED de 8x8	LDM-13488MI	Encendiendo y apagando leds de la matriz se pueden crear gráficos, figuras, textos y animaciones

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Figura 23. **Esquema electrónico de la conexión de los Display de 7 segmentos**



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus 8 Profesional.

Ya que los diodos LED internos de los display son de color rojo, también se incluye una resistencia limitadora de 100 ohm 1/4W para el funcionamiento correcto al igual que en el módulo LED.

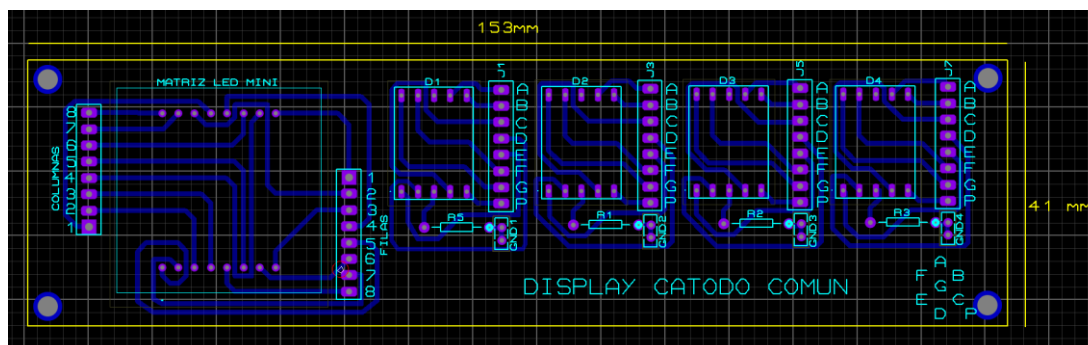
Tabla IV. **Componentes y conectores, módulo de diplay LED**

COMPONENTE	NOMENCLATURA	FUNCIÓN
Header pin de 8 contactos	J1, J3, J5, J7	Interconectar la salida digital de un microcontrolador con los segmentos que conforman el display LED
Display de 7 segmentos cátodo común	D1, D2, D3, D4	Encendiendo y apagando los segmentos que conforman el display se pueden mostrar valores numéricos
Resistencia de 100 Ohms 1/4W	R1, R2, R3, R5	Limitar la corriente de alimentación de los segmentos LED que conforman el Display
Header pin de 2 contactos	GND1, GND2, GND3, GND4	Conexión del cátodo de los display LED

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

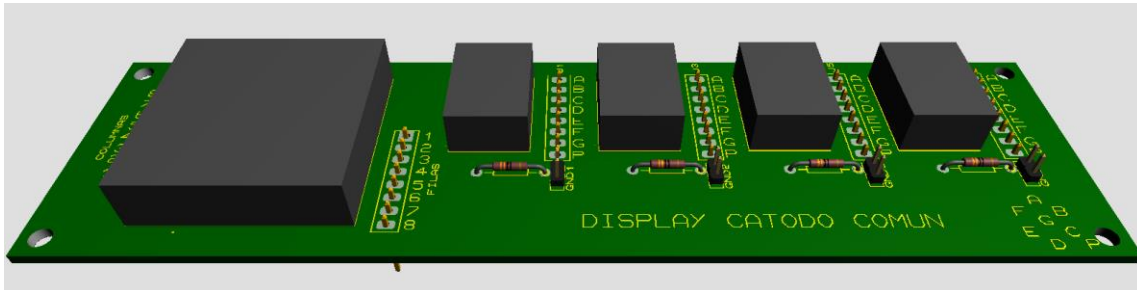
Luego de realizar el diseño esquemático del circuito y comprobar el funcionamiento a través del software, se diseña el PCB con el cual se fabricará físicamente el módulo de matriz y display LED. Para obtener un diseño satisfactorio se consideró la posición de todos los conectores colocándolos en puntos estratégicos en el PCB que faciliten la conexión y accesibilidad.

Figura 24. **Diseño PCB del módulo de matriz y display LED**



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus 8 Profesional.

Figura 25. Vista 3D del módulo de matriz y display LED



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus 8 Profesional.

El diseño obtenido es un PCB de 153 x 41 mm en el cual se incluyen 4 agujeros de 3mm de diámetro en las esquinas para la sujeción de la del módulo en el tablero didáctico.

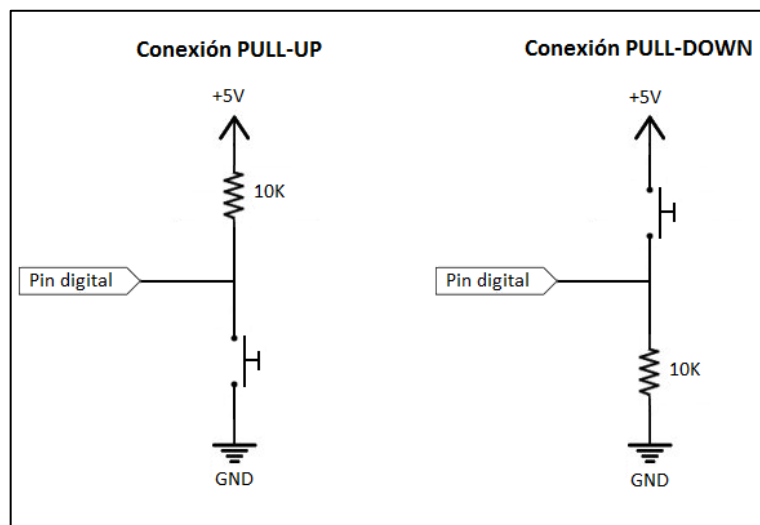
3.4.2. Módulo *Pull Up – Pull Down*

Al elaborar una práctica de laboratorio o proyecto final, se requiere de la utilización de botones pulsadores para que el usuario final pueda interactuar con el dispositivo electrónico diseñado. En la mayoría de los dispositivos electrónicos hoy en día debemos seleccionar, encender, pausar y controlar opciones por medio de botones que deben pulsarse por la persona que interactúa con el dispositivo.

Con los botones pulsadores se pueden ingresar señales de voltaje al microcontrolador por medio de las entradas digitales para ser interpretadas y ejecutar o detener algún proceso en la programación, sin embargo para garantizar el funcionamiento correcto se requiere de la utilización de resistencias de Pull Up y Pull Down, estas resistencias establecen un estado lógico en el pin de entrada del microcontrolador cuando se encuentra en reposo para evitar la

detección de estados erróneos o falsos debido a que no se define exactamente el estado. Como lo indica su nombre la resistencia de *Pull Up* establece un estado lógico de salida *Alto - High* y la resistencia de *Pull Down* un estado lógico de salida *Bajo - Low* cuando el pin se encuentra en reposo.

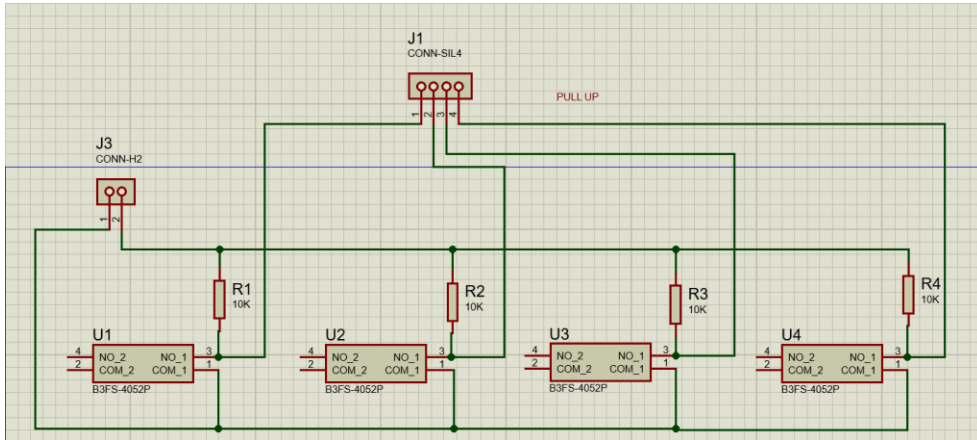
Figura 26. **Conexión Pull - Up y Pull - Down**



Fuente: Mi Arduino tiene un blog (2015). *Conexiones Pull Up y Pull Down*. Consultado el 10 de octubre de 2022. Recuperado de <https://miaridinounotieneunblog.blogspot.com/2015/12/conexiones-pull-up-y-pull-down.html>

Tomando en cuenta figura 28, se diseña el esquema electrónico utilizando 4 botones pulsadores con conexión Pull Up que permitirán ingresar un estado lógico alto a cualquiera de los microcontroladores del tablero didáctico cuando los interruptores estén en reposo y 4 botones pulsadores con conexión Pull Down que permitirán ingresar un estado lógico bajo cuando los interruptores estén en reposo.

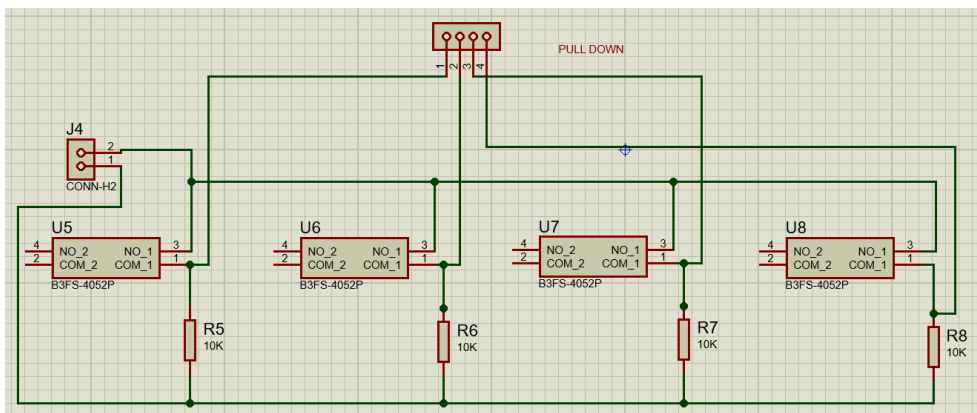
Figura 27. **Esquema electrónico Pull - Up**



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus 8 Profesional.

El valor usual de una resistencia pull-up o pull-down está entre $1K\Omega$ y $10K\Omega$, ya que se debe utilizar un valor alto de resistencia para aislar el pin en estado de reposo. Sin embargo, el valor comercial de resistencia es de $10K\Omega$ por lo que en los 8 pulsadores del módulo se utiliza este valor.

Figura 28. **Esquema electrónico Pull - Down**



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus 8 Profesional.

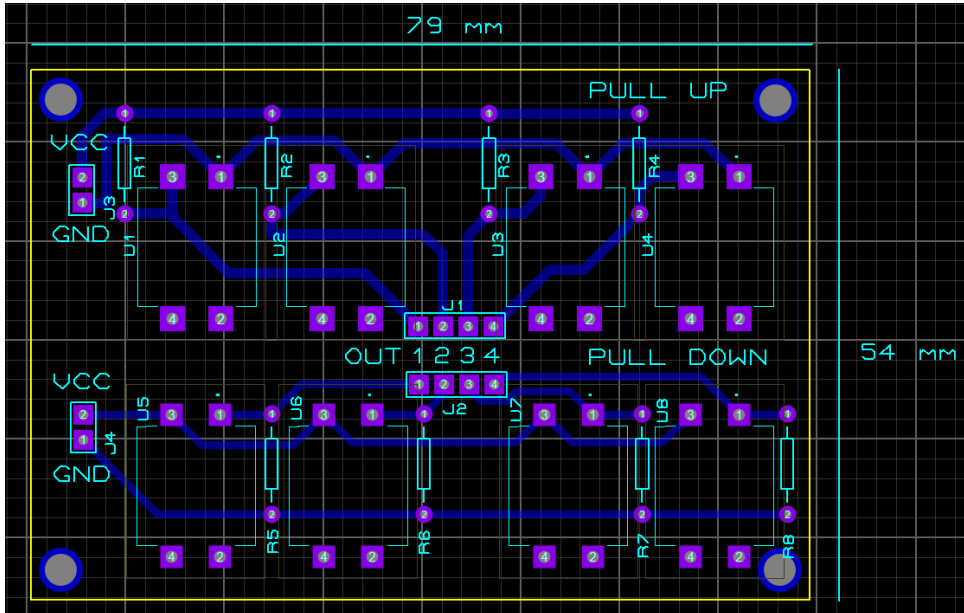
Tabla V. **Componentes y conectores, módulo *Pull Up - Pull Down***

COMPONENTE	NOMENCLATURA	FUNCIÓN
Header pin de 2 contactos	J3, J4	Interconectar 5VDC alimentación VCC (Pin 2) y GND (Pin 1)
Header pin de 4 contactos	J1, J2	Salidas de los circuitos Pull-Up y Pull Down (Estado lógico) hacia el pin digital del microcontrolador
Resistencia de 10K Ohms 1/4W	R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8	Limitar la corriente de retorno para garantizar un estado lógico alto o bajo cuando los pulsadores se encuentren en reposo.
Botones pulsadores de 4 pines	U1 – U8	Realizar la conexión y desconexión del estado lógico hacia el pin digital del microcontrolador

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

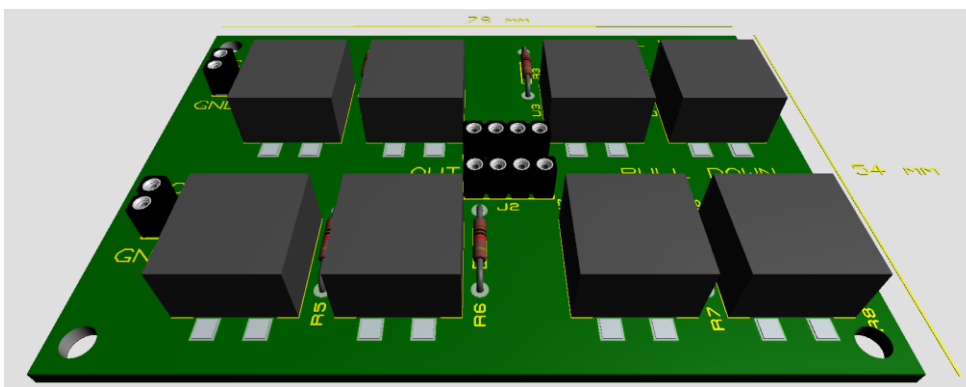
Luego de realizar el diseño esquemático del circuito y comprobar el funcionamiento a través del software, se diseña el PCB con el cual se fabricará físicamente el módulo Pull Up- Pull Down. Para obtener un diseño satisfactorio se consideró la posición de todos los conectores colocándolos en puntos estratégicos en el PCB que faciliten la conexión y accesibilidad.

Figura 29. **Diseño PCB del módulo *Pull Up- Pull Down***



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus 8 Profesional.

Figura 30. **Vista 3D del módulo *Pull Up – Pull Down***



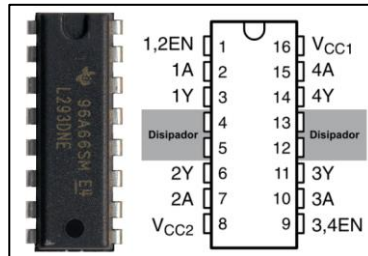
Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus 8 Profesional.

3.4.3. Módulo controlador de motores DC

Una necesidad al elaborar prácticas de laboratorio o proyectos es la utilización y control de motores DC. A lo largo de los semestres en el laboratorio de electrónica se han desarrollado proyectos que incluyen movimientos mecánicos y por tanto la utilización de motores, es por ello por lo que para el tablero didáctico se diseña un módulo con el cual el alumno pueda controlar pequeños motores DC para realizar pruebas desde los microcontroladores únicamente interconectando con Jumpers.

El componente principal para este módulo es el circuito integrado L293D, un driver de 4 canales, cada canal es controlado por pulsos digitales “altos” para activar la rotación del motor en sentido horario o antihorario, lo que en el mundo de la electrónica se conoce como un Puente H. Una característica importante de este circuito integrado es que ofrece la posibilidad de ser alimentado con 2 tensiones diferentes, una para el circuito integrado directamente y otra para alimentar el motor DC, lo que facilita alimentar directamente desde el microcontrolador el módulo y utilizar una fuente externa para alimentar el motor con un voltaje superior a los 5V. El circuito integrado proporciona una corriente de salida de hasta 600mA por canal y puede soportar picos de voltaje de hasta 1.2 amperios.

Figura 31. **Circuito integrado L293D**



Fuente: Robots didácticos (2022). *Manejo de motores con L293D*. Consultado el 11 de octubre de 2022. Recuperado de <https://robots-argentina.com.ar/didactica/manejo-de-potencia-para-motores-con-el-integrado-l293d/>

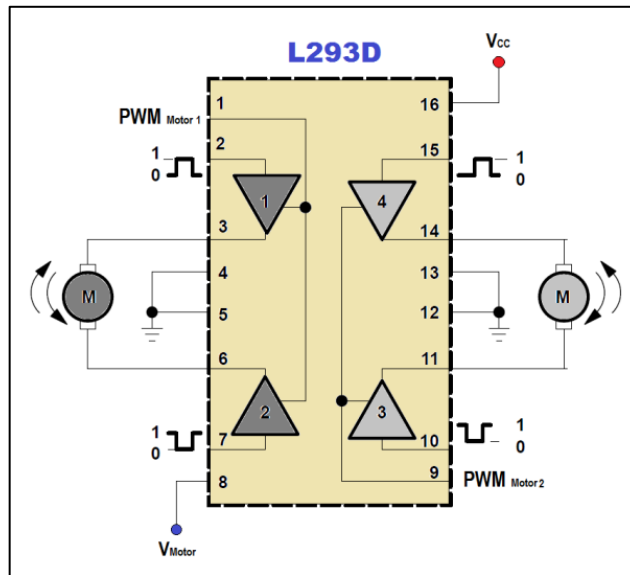
En la figura 33 se muestra el circuito integrado al observarlo físicamente, en las figuras 34 y 35 se detallan todos los pines de conexión, la descripción de éstos y el esquema interno del circuito integrado.

Tabla VI. **Mapa de pines del circuito L293D**

PIN	Nombre	Descripción
1	EN 1 y 2	Habilitación de los Canales 1 y 2
2	1 A	Entrada Canal 1
3	1 Y	Salida Canal 1
4	GND	Tierra o Masa
5	GND	Tierra o Masa
6	2 Y	Salida Canal 2
7	2 A	Entrada Canal 2
8	VCC 2	Alimentación del Motor
9	EN 3 y 4	Habilitación de los Canales 3 y 4
10	3 A	Entrada Canal 3
11	3 Y	Salida Canal 3
12	GND	Tierra o Masa
13	GND	Tierra o Masa
14	4 Y	Salida Canal 4
15	4 A	Entrada Canal 4
16	VCC 1	Alimentación del Circuito

Fuente: Ardubasic (2022). *Control de motores de CC con L293D*. Consultado el 11 de octubre de 2022. Recuperado de <https://ardubasic.wordpress.com/2014/05/23/control-de-motores-de-cc-con-l293d/>

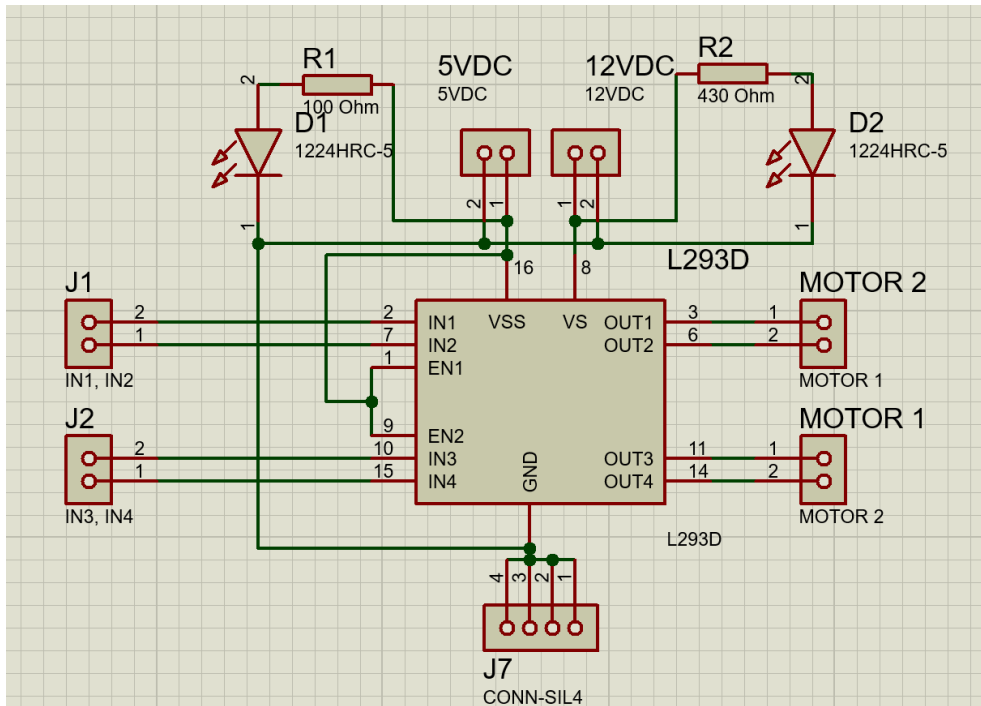
Figura 32. Esquema interno del circuito L293D



Fuente: Ardubasic (2022). *Control de motores de CC con L293D*. Consultado el 11 de octubre de 2022. Recuperado de <https://ardubasic.wordpress.com/2014/05/23/control-de-motores-de-cc-con-l293d/>

Tomando en cuenta la imagen anterior, se diseña el esquema electrónico utilizando un circuito integrado que permitirán el control de motores DC, también se utilizan diodos LED con su respectiva resistencia limitadora de 1/4W, como es posible activar el motor con 5 y 12VDC, se utilizan resistencia de 100 ohm para 5VDC y 430 ohm para el LED de 12VDC los cuales indicarán el estado “encendido - apagado” de cada canal del controlador, también conectores para ingresar estados lógicos 0, 1 y alimentación del módulo. Se presenta a continuación el esquema electrónico y el detalle de todos los componentes utilizados y su función.

Figura 33. Esquema electrónico del módulo controlador de motores DC



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus 8 Profesional.

Tabla VII. Componentes y conectores, módulo controlador de motores DC

COMPONENTE	NOMENCLATURA	FUNCIÓN
Header pin de 2 contactos	J1, IN 1 – IN 2	Recibir un estado lógico alto desde el microcontrolador para activar el motor 1 en sentido horario o antihorario
Header pin de 2 contactos	J2, IN 3 – IN 4	Recibir un estado lógico alto desde el microcontrolador para activar el motor 1 en sentido horario o antihorario
Terminal Block de 2 contactos	5VDC	Interconectar 5VDC del microcontrolador para alimentar directamente el módulo. (Contacto 1 +, contacto 2 GND)
Terminal Block de 2 contactos	12VDC	Interconectar 12VDC desde una fuente externa para alimentar los motores DC
Header pin de 4 contactos	J7 GND	Conexión común GND

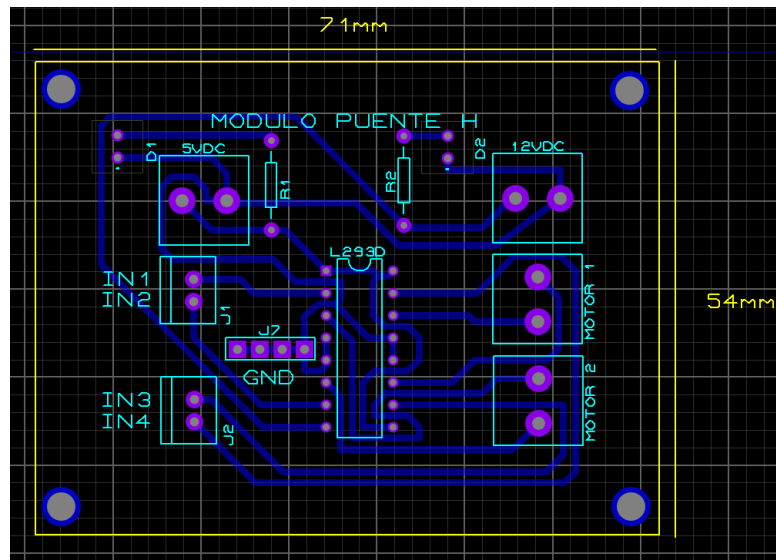
Continuación de la tabla VII.

COMPONENTE	NOMENCLATURA	FUNCIÓN
Diodos LED de 3mm	D1, D2	D1: Indicador visual de la alimentación de 5VDC D2: Indicador visual de la alimentación de 12VDC
Resistencia de 100 y 430 ohms 1/4W	R1, R2	R1: Limitar la corriente de D1, indicador de alimentación de 5VDC R2: Limitar la corriente de D2, indicador de alimentación de 12VDC.

Fuente: elaboración propia.

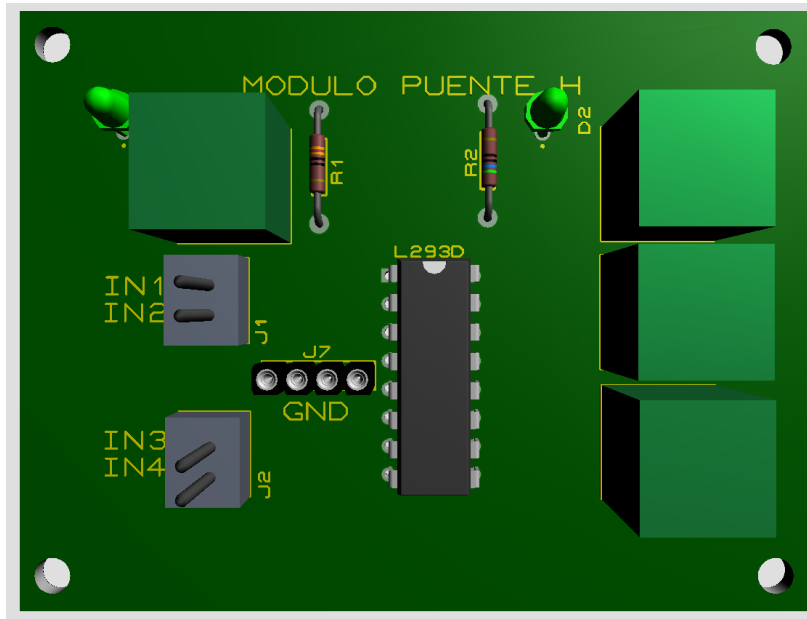
Luego de realizar el diseño esquemático del circuito y comprobar el funcionamiento a través del software, se diseña el PCB con el cual se fabricará físicamente el módulo controlador de motores DC. Para obtener un diseño satisfactorio se consideró la posición de todos los conectores colocándolos en puntos estratégicos en el PCB que faciliten la conexión y accesibilidad.

Figura 34. **Diseño PCB del módulo controlador de motores DC**



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus 8 Profesional.

Figura 35. **Vista 3D del módulo controlador de motores DC**



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus 8 Profesional.

El diseño obtenido es un PCB de 71 x 54 mm, en el cual se incluyen 4 agujeros de 3mm de diámetro en las esquinas para la sujeción de la del módulo en el tablero didáctico.

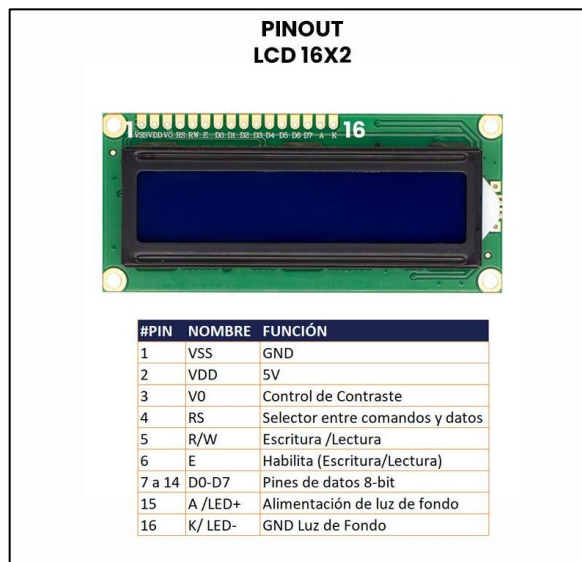
3.4.4. Shield para pantalla LCD e interfaz I2C

En la mayoría de los proyectos y diseños electrónicos se debe trasladar información al usuario como texto, números, símbolos para una mejor interacción con el dispositivo, por ello es la utilización de una pantalla LCD.

Para el tablero didáctico se utilizó una LCD 16x02, una pantalla de cristal líquido de 2 filas y cada fila es capaz de mostrar 16 caracteres alfanuméricos los cuales se deben definir por medio de programación en un microcontrolador o

placa de desarrollo. Esta pantalla LCD es compatible con todos los microcontroladores en el mercado.

Figura 36. Pines de conexión pantalla LCD1602



Fuente: Unit Electronics (2022). *Display LCD 16x2*. Consultado el 13 de octubre de 2022.
 Recuperado de <https://uelectronics.com/wp-content/uploads/2017/06/AR0007-LCD-16X2-AZUL.jpg>

La pantalla LCD 1602 posee 16 pines de conexión con diferentes utilidades que se describen a continuación:

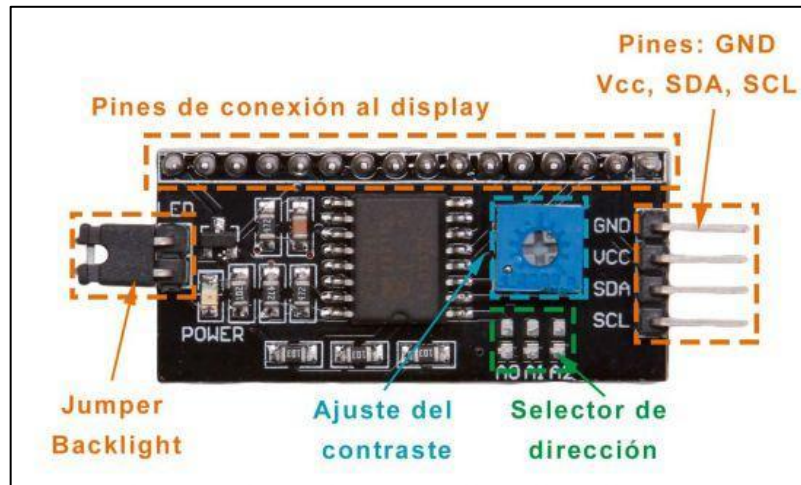
- **RS:** define y selecciona en qué parte de la memoria interna de la LCD se escriben los datos que son transferidos al dispositivo por medio de comandos.
- **R/W:** permite la selección entre lectura o escritura en la pantalla LCD. El pin conectado a 5VDC activa el modo escritura y conectado a GND el modo de lectura.

- E: habilita la selección realizada con el pin R/W (Lectura/Escritura).
- D00-D07: en estos se envían los bits para escribir en un registro de la pantalla LCD, también pueden ser utilizados para leer un registro.
- V0: permite modificar el contraste de la pantalla LCD.
- Pin A y K: permiten alimentar la retroiluminación LED de la pantalla, el pin A(Ánodo) y K (Cátodo).
- VDD, VSS: alimentación de la pantalla en general, VDD corresponde a +5VDC y VSS la conexión GND.

El objetivo principal del tablero didáctico es simplificar y reducir el número de conexiones realizadas por el alumno, por lo que es importante la utilización de un módulo I2C el cual permite la comunicación por bus entre un microcontrolador o placa de desarrollo y un LCD de 1602, esta interfaz facilita la conexión y permite el control de la pantalla utilizando únicamente 4 pines.

El Bus I2C cuenta con dos líneas, SCL (Serial Clock) y SDA (Serial Data), SDA permite la transmisión de la información y SCL marca la velocidad de comunicación y tiempos para la lectura/escritura en el bus.

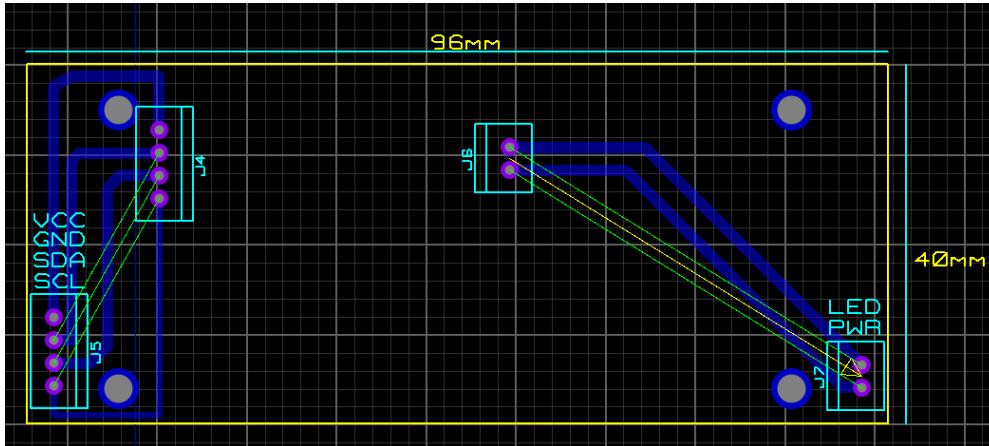
Figura 37. **Módulo I2C para LCD1602**



Fuente: Zona Maker (2022). *Display mediante bus I2C/TWI*. Consultado el 13 de octubre de 2022. Recuperado de <https://www.zonamaker.com/arduino/modulos-sensores-y-shields/display-lcd-mediante-bus-i2c-twi-spi>

Para colocar directamente en el tablero didáctico la pantalla LCD se diseñó una placa de sujeción “Shield”, un PCB en el cual se coloca un dispositivo electrónico, placa de desarrollo, microcontrolador, entre otros. y permite el acoplamiento de los pines sin necesidad de alguna conexión externa.

Figura 38. **Diseño PCB, Shield para pantalla LCD e I2C**



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus 8 Profesional.

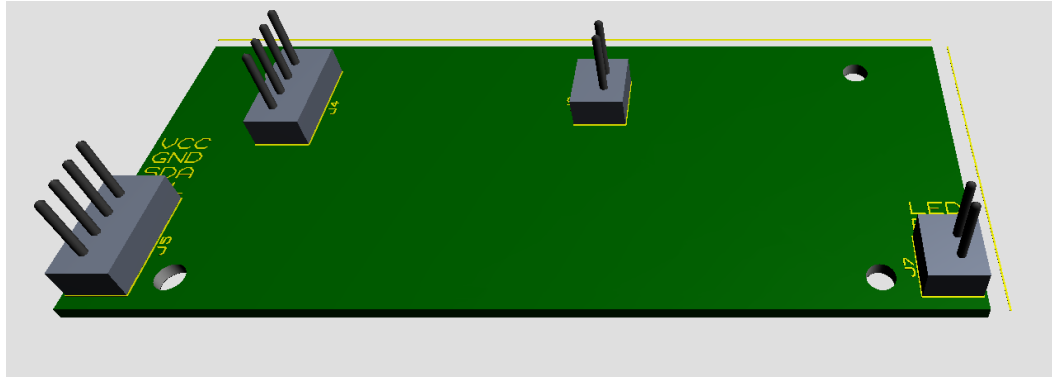
Tabla VIII. **Componentes y conectores, Shield para pantalla LCD e I2C**

COMPONENTE	NOMENCLATURA	FUNCIÓN
Header pin de 4 contactos	J4	Conectores hembra para recibir los pines del módulo I2C
Header pin de 4 contactos	J5	Conectores tipo macho de pines VCC, GND, SDA y SCL que el usuario puede interconectar a cualquier microcontrolador o placa de desarrollo.
Header pin de 2 contactos	J6, J7	Conexión de Jumper para activar o desactivar la retroiluminación de la LCD.

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

En la tabla VI se muestra el detalle de los componentes utilizados y en la Figura 42 el resultado final del diseño. El dispositivo obtenido es un PCB de 96 x 40 mm en el cual se incluyen 4 agujeros de 3mm de diámetro en las esquinas para la sujeción de la del módulo en el tablero didáctico.

Figura 39. **Vista 3D, Shield para pantalla LCD e I2C**

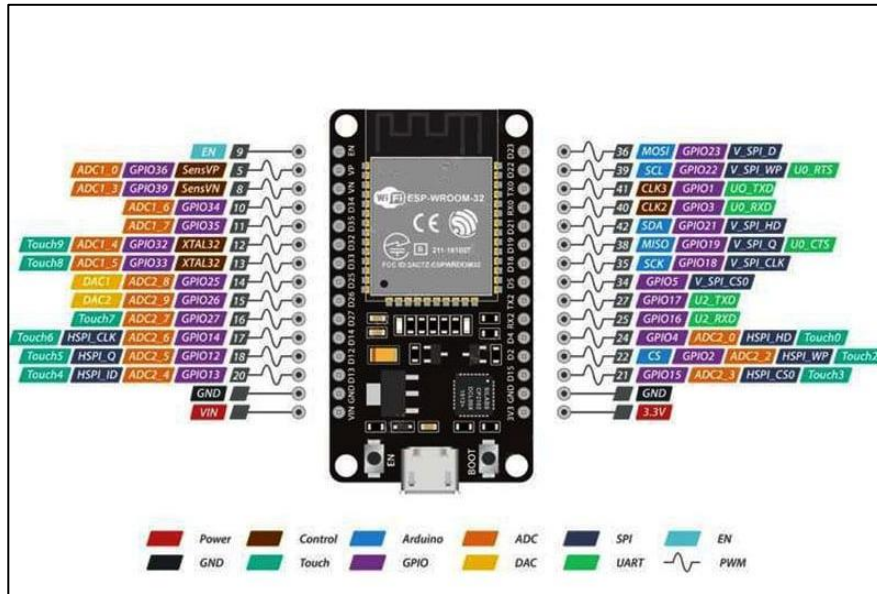


Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus 8 Profesional.

3.4.5. Shield para módulo ESP32

Actualmente, la mayoría de los dispositivos electrónicos han evolucionado y cada vez más la conexión inalámbrica está presente en el mercado. Debido a que muchos de los dispositivos y proyectos desarrollados en el laboratorio de electrónica requieren de este tipo de conexiones se agrega al tablero didáctico una tarjeta de desarrollo basada en el microcontrolador ESP32 utilizado para desarrollar proyectos de IOT (El internet de las cosas) que permite la conexión Wifi y Bluetooth.

Figura 40. **ESP32 DEVKIT V1 30 Pines Wifi + Bluetooth**



Fuente: Unit Electronics. (2019). *ESP32 DEVKIT V1*. Consultado el 14 de octubre de 2022. Recuperado de <https://uelectronics.com/wp-content/uploads/2019/10/AR1191-ESP32-38-Pin-Pinout.jpg>

La placa de desarrollo ESP32 DEVKIT V1 posee un total de 30 pines que se pueden interconectar con dispositivos para aplicaciones específicas. La figura 43 muestra una característica especial de este dispositivo el cual permite agrupar los pines en base a las funcionalidades y gracias a la multiplexación se pueden utilizar los periféricos GPIO como una entrada ADC, salida DAC y paneles táctiles. En la tabla VII se presenta un resumen de la agrupación de pines en base a su funcionalidad.

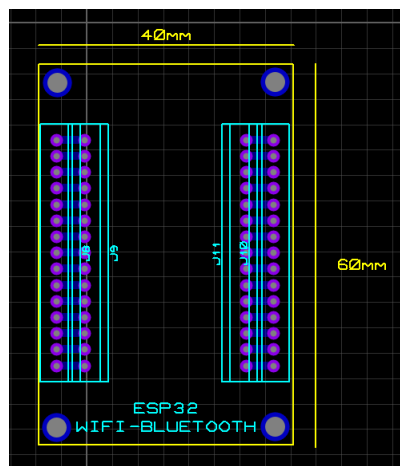
Tabla IX. Pines de conexión, ESP32 DEVKIT V1

PINES	FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
15	Convertidor ADC	Conversión de señales analógicas a digitales con un rango de configuración de 0-1V, 0-1.4V, 0-2V o 0-4V
2	Interfaz UART	Interconexión de dispositivos bajo este protocolo
25	Canales PWM	Para interactuar con dispositivos con señales PWM
2	Convertidor DAC	Conversión de señales digitales - analógicas con 8 bits.
4	3 interfaces SPI y 1 I2C	Permiten la interconexión de sensores y periféricos
9	Detección capacitiva	Permite la conexión de sensores de este tipo.

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

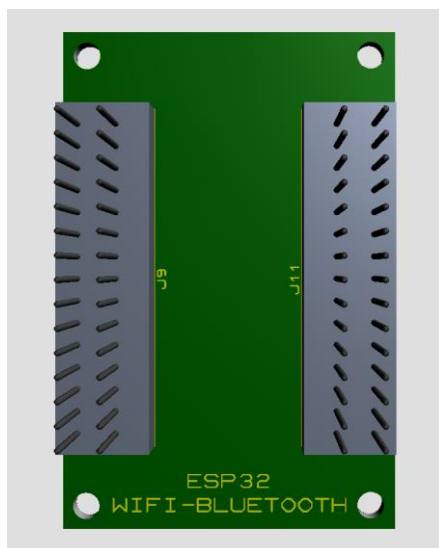
Para colocar de forma segura el módulo ESP32 en el tablero didáctico se diseñó una placa de sujeción “Shield”, un PCB que permite el acoplamiento del módulo y la interconexión de manera ordenada, ya que la identificación de los pines es visible en el módulo no es necesario colocar estos datos en el diseño propuesto.

Figura 41. Diseño PCB Shield para módulo ESP32



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus 8 Profesional.

Figura 42. **Vista 3D Shield para módulo ESP32**



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus 8 Profesional.

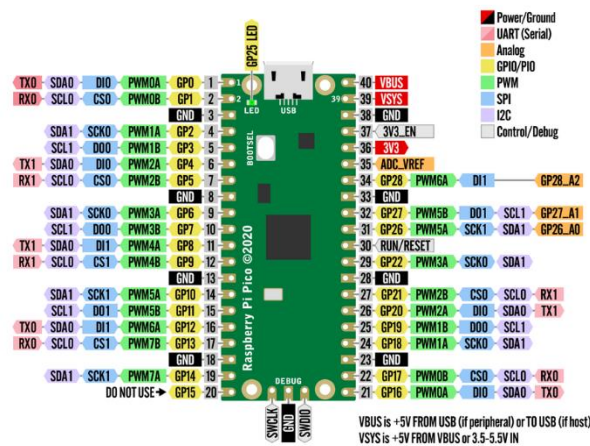
El diseño obtenido es un PCB de 40 x 60 mm en el cual se incluyen 4 agujeros de 3mm de diámetro en las esquinas para la sujeción de la del módulo en el tablero didáctico.

3.4.6. *Shield* para Raspberry PI Pico

Esta placa de desarrollo se integra al tablero didáctico como una herramienta con la cual los estudiantes puedan introducirse en la programación de lenguajes C++ y MicroPython para el control de sensores, módulos de dispositivos, actuadores, entre otros. Una muy buena alternativa para que los alumnos de los cursos de Lenguajes de Programación aplicados a ingeniería eléctrica, Introducción a la programación de computadoras (IPC) o Electricidad y electrónica básica puedan interactuar con un microcontrolador pequeño con recursos realmente novedosos.

Como se comenta en el apartado 3.1.4 es de pequeñas dimensiones, específicamente es de 21x51 mm y cuenta con 40 pines de conexión por lo que se necesita una placa base de circuito impreso en la cual pueda ser sujeta de manera segura en el tablero didáctico.

Figura 43. Pines de conexión, Raspberry Pi Pico

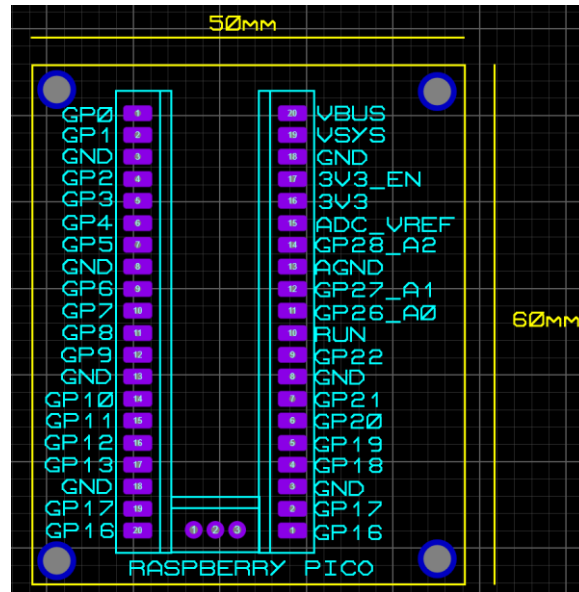


Fuente: Castaño. (s.f.). *Control automático educación*. Consultado el 17 de octubre de 2022.

Recuperado de <https://controlautomaticoeducacion.com/micropython/gpio/>

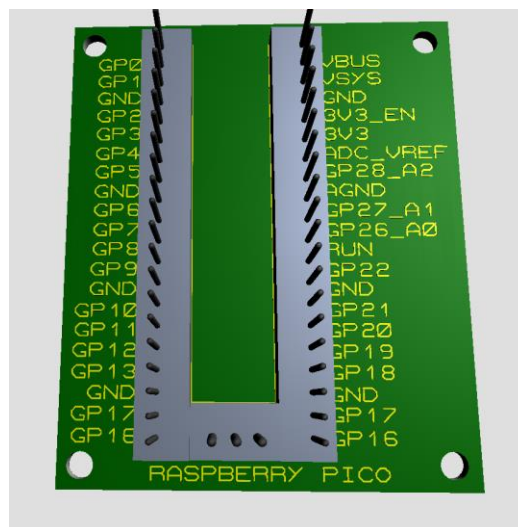
El fabricante comercializa la placa de desarrollo sin conectores tipo hembra o macho, por lo que es necesario diseñar una placa base PCB con conectores hembra que facilite a los alumnos la conexión de los 40 pines y a la vez permita instalar la Raspberry Pi Pico en el tablero didáctico, por ello en el software Proteus se realiza el diseño siguiente:

Figura 44. **Diseño PCB Shield para Raspberry Pi Pico**



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus 8 Profesional.

Figura 45. **Diseño PCB Shield para Raspberry Pi Pico (vista 3D)**



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus 8 Profesional.

Como se observa en la figura 48, todos los pines de la Raspberry Pi Pico fueron identificados en base a la figura 43 para facilitar al alumno las conexiones, también se colocaron orificios de 3mm para la sujeción profesional del PCB en la placa base del tablero didáctico.

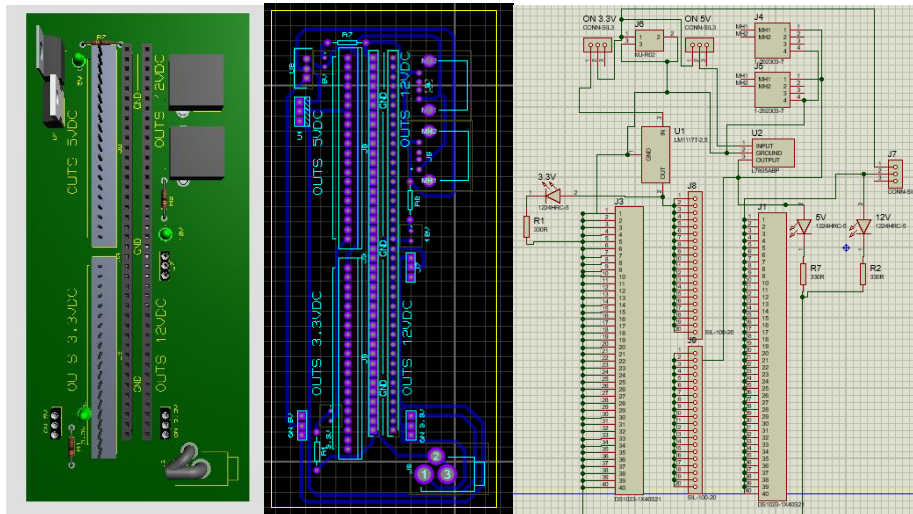
3.4.7. Módulo de voltajes DC

Muchos estudiantes al asistir al laboratorio de electrónica y realizar alguna práctica o pruebas de proyectos requieren voltajes de diferentes valores. Los más utilizados según los requerimientos de la mayoría de los microcontroladores o placas de desarrollo es de 3.3VDC, 5VDC y 12VDC.

Para este propósito algunos estudiantes optan por reutilizar fuentes de voltaje de aparatos electrónicos o pilas alcalinas, éstas últimas generan mucha contaminación química por lo que se diseña un módulo para ser incluido en el tablero didáctico capaz de brindar los voltajes necesarios para realizar pruebas a bajo consumo de corriente y que sea realmente fácil de interconectar con los demás dispositivos del tablero.

Inicialmente se diseñó un módulo que proporcionara los voltajes necesarios a los estudiantes utilizando reguladores de voltaje, específicamente los reguladores L7805 el cual brinda una salida de 5VDC y el LM1117 una salida de 3.3VDC, ambos ofrecen una salida de hasta 1.5A. Sin embargo, al considerar la utilización de estos elementos se concluye que ofrecen poca corriente de salida que no será suficiente para alimentar dispositivos de mayor consumo como motores o una cantidad significativa de diodos LED.

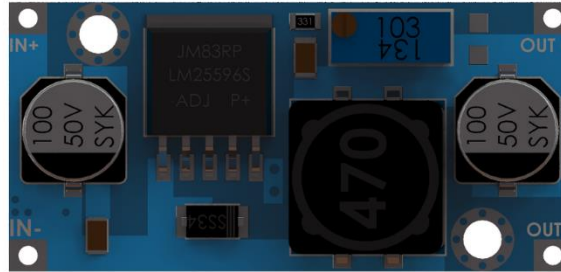
Figura 46. **Diseño de módulo de voltajes DC en base a reguladores**



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus 8 Profesional.

El objetivo del tablero didáctico es ofrecer soluciones eficientes y compactas, por lo que se descarta el diseño anterior y se considera la utilización de un módulo comercial que sea compacto y que ofrezca mayor corriente de salida. Como componente principal para el diseño del módulo de voltajes DC se utilizó el dispositivo LM2596 Step Down el cual fue diseñado para disminuir el voltaje DC de entrada a un valor específico que puede ser definido por medio de un potenciómetro de precisión, ofrece una corriente de salida de hasta 3A y protección contra corto circuito, muy útil para proteger las placas de desarrollo del tablero didáctico.

Figura 47. **Módulo Step Down LM2596**

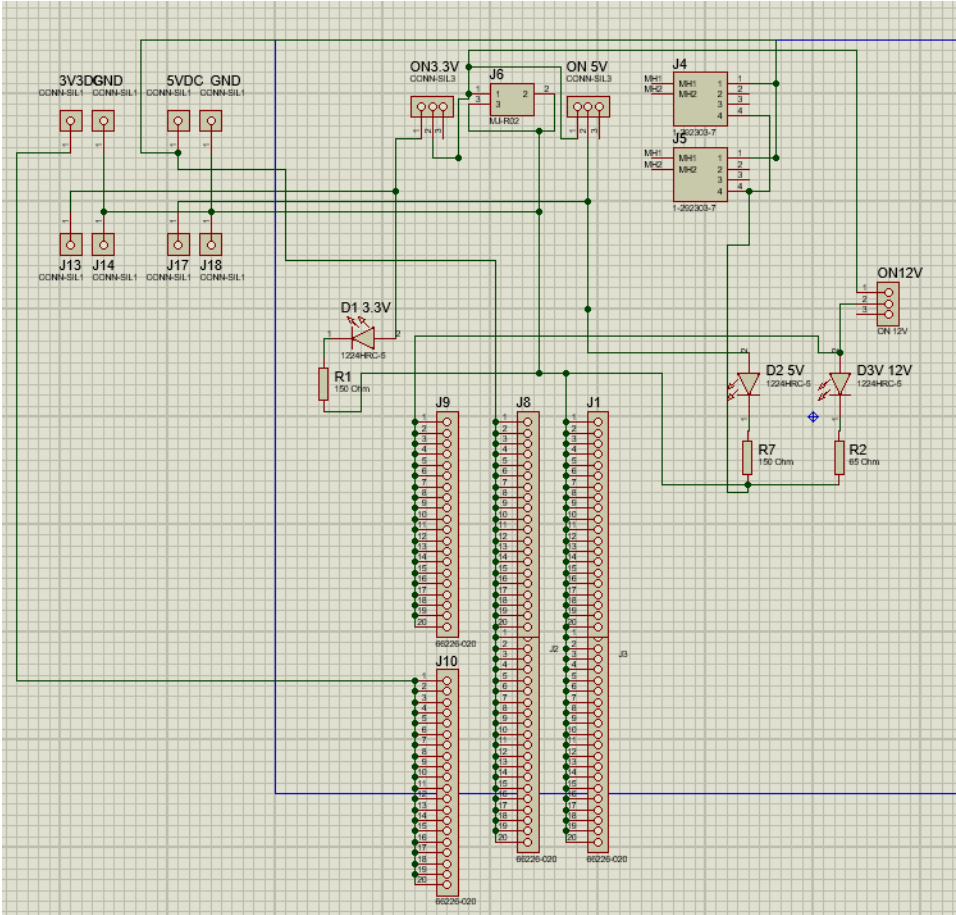


Fuente: Grabcad. (2019). *Regulador Step Down 25W 3A*. Consultado el 17 de octubre de 2022.
Recuperado de <https://grabcad.com/library/lm2596-5>

En los pines In+ e In- pueden ingresar desde 4 a 35VDC y el módulo es capaz de disminuir el voltaje a través de los pines Out+ y Out- a valores de 2 a 30VDC.

En el software Proteus se realiza el diseño del esquema electrónico y el circuito PCB, sin embargo, se tenía la limitante que el módulo no se encontraba en la librería de dispositivos disponibles por lo que se diseñó el componente para incluirlo en el módulo DC. La placa cuenta con 2 módulos LM2596 configurados con salidas de 3.3VDC la cual posee un LED indicador de color verde y una resistencia limitadora de valor comercial de 100 ohm 1/4W y una salida de 5VDC con LED indicador de encendido de color rojo con resistencia limitadora también de 100 ohm 1/4W. Cada salida de voltaje del módulo puede encenderse o apagarse a través de Jumpers de 2 pines.

Figura 48. Diseño de esquema electrónico del módulo de voltajes DC



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus 8 Profesional.

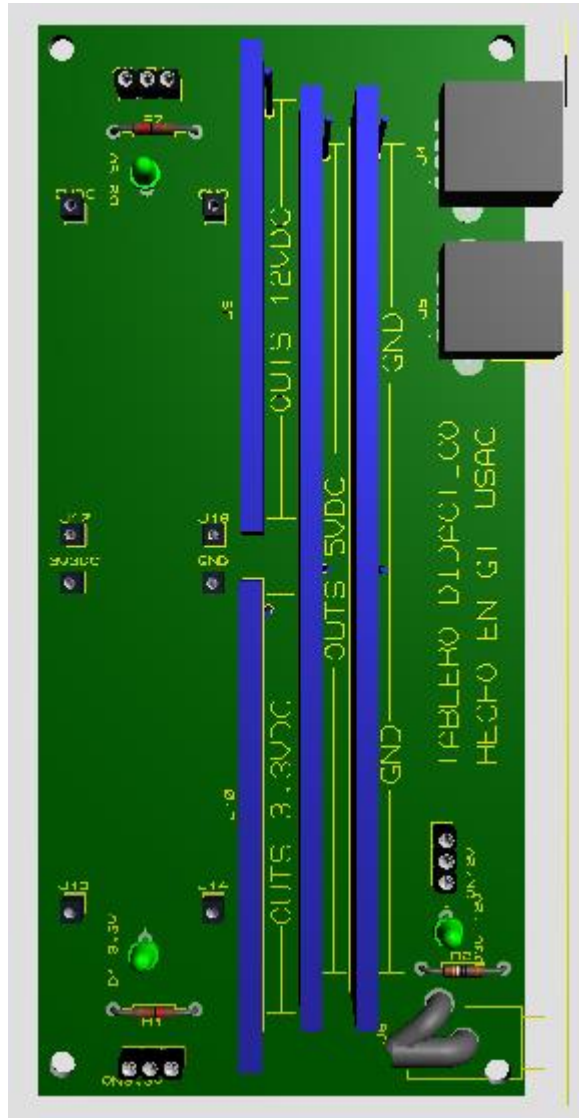
Tabla X. **Componentes y conectores, módulo de voltajes DC**

COMPONENTE	NOMENCLATURA	FUNCIÓN
Header pin de 1 contacto	J13, J14, J17, J18	(J13, J17) Voltaje + de entrada (J14, J18) Voltaje GND de entrada
Header pin de 1 contacto	3V3DC, 5VDC, GND	3V3DC: Voltaje de salida positivo de 3.3VDC 5VDC: Voltaje de salida positivo de 5VDC GND: Conexión de referencia 0V.
Header pin de 3 contactos	ON3.3V, ON 5V, ON12V	Conexión de micro interruptores ON/ OFF de 3 pines los cuales permitirán activar o desactivar los valores de salida correspondientes en el módulo de voltajes DC
Diodo LED de 3mm	D1 3.3V, D2 5V, D3 12V	Indicador visual que indica el voltaje disponible en las salidas del módulo DC.
Resistencia de carbón de 2.2K ohm 1/4W	R1	Limitar la corriente que circula por D1 3.3V
Resistencia de carbón de 2.2K ohm 1/4W	R2	Limitar la corriente que circula por D2 5V
Resistencia de carbón de 390 ohm 1/4W	R7	Limitar la corriente que circula por D3 12V
Header pin de 20 contactos	J9	Permite la conexión de cables Jumper para obtener 12VDC del módulo diseñado.
Header pin de 20 contactos	J10	Permite la conexión de cables Jumper para obtener 3.3VDC del módulo diseñado
Header pin de 20 contactos	J2, J8	Permite la conexión de cables Jumper para obtener 5VDC del módulo diseñado
Header pin de 20 contactos	J1, J3	Permite la conexión de cables Jumper con GND o voltaje de referencia del módulo diseñado
Jack DC de 2.5mm	J6	Alimentar el módulo DC con voltaje de 12VDC a 5A o superior a través de un adaptador AC-DC convencional.
Puerto USB hembra 2.0	J4, J5	Conectores útiles para alimentar todas las placas de desarrollo disponibles en el tablero didáctico.

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

En la tabla X se muestra el detalle de los componentes utilizados y en las figuras 49 y 50 el resultado final del diseño.

Figura 50. Vista 3D del módulo de voltajes DC



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus 8 Profesional.

El diseño obtenido es un PCB de 60 x 122 mm en el cual se incluyen 4 agujeros de 3mm de diámetro en las esquinas para la sujeción del módulo en el tablero didáctico.

3.4.8. Módulo de potencia

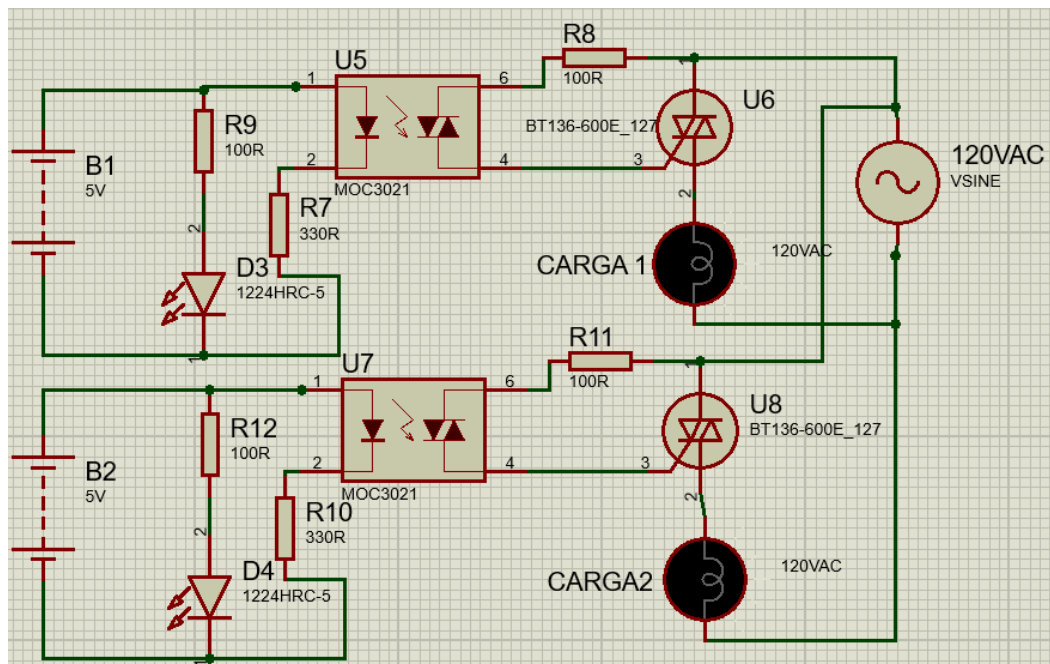
En el mundo de la electrónica industrial se requiere controlar cargas de corriente alterna para diferentes propósitos de automatización, por ejemplo, el control de motores de corriente alterna para el funcionamiento de bandas transportadoras, bombas de agua para sistemas de riego, luminarias en diferentes procesos como incubadoras, selladoras industriales para plásticos, entre otros que deben ser activadas durante ciertos lapsos de tiempo en base a las necesidades. Sin duda alguna toda la lógica de control es diseñada a través de un microcontrolador el cual es el encargado de enviar señales digitales y con ellas poder activar o desactivar circuitos de potencia.

En el mercado se comercializan módulos de relay los cuales a través de una bobina y un mecanismo de contactos es capaz de abrir o cerrar un circuito permitiendo así el encendido o apagado de dispositivos que funcionan a 120V AC a través de un microcontrolador. Estos dispositivos son muy económicos, pero soportan muy poca corriente en sus contactos y su vida útil es limitada para este propósito ya que por el uso continuo en los contactos internos del relay naturalmente se crea corrosión y desgaste, por lo que se incluye un dispositivo construido en base a semiconductores con los cuales se logra la conmutación, llamado relay de estado sólido.

Debido a que el alumno en el laboratorio de electrónica debe controlar cargas de corriente alterna se incluye en el tablero didáctico un módulo de relay de estado sólido que por medio de señales digitales de cualquiera de los microcontroladores pueda ejecutar esta tarea fácilmente.

El módulo se construye en base al circuito mostrado en la figura 54 que tiene como componentes principales un optoacoplador y un triac, elementos de electrónica de potencia que permiten la conmutación de corriente alterna de manera electrónica y no mecánica como en el caso de los relay que utilizan un electroimán.

Figura 51. Circuito de relay de estado sólido



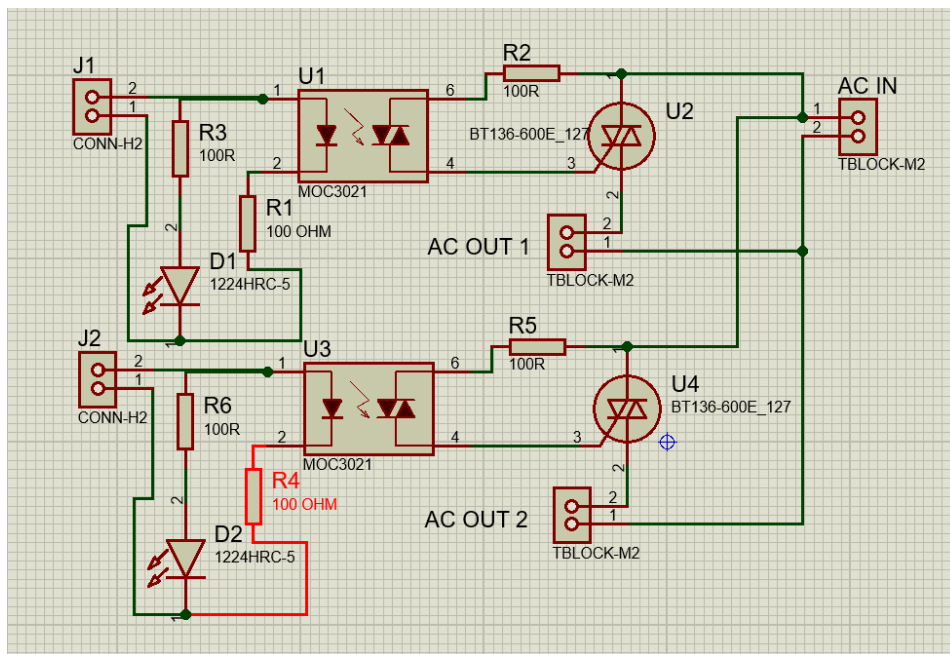
Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus 8 Profesional.

Al alimentar el circuito con 5VDC se logra el encendido de D3, D4 limitados con una resistencia de 100 ohm a 1/4W según los cálculos realizados en el módulo LED (Sección 3.3.1) y el led infrarrojo del Optoacoplador MOC3021 con un consumo de 3V que también requiere de una resistencia de 100 Ohm 1/4W que provoca el disparo del triac del dispositivo, ésta señal se utiliza para lograr el disparo del triac BT136 a través del pin 3 y con ello la conmutación entre las

terminales Main 1 y 2 obteniendo la conmutación de 120VAC en estas terminales. Es decir que a través de 5VDC se pueden encender o apagar cargas de corriente alterna a través de semiconductores.

Tomando en cuenta el circuito anterior se diseña el diagrama esquemático del módulo que será incluido en el tablero didáctico como lo muestra la figura 55.

Figura 52. **Esquema electrónico, módulo de potencia**



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus 8 Profesional.

En la tabla IX se detallan todos los componentes incluidos y la función:

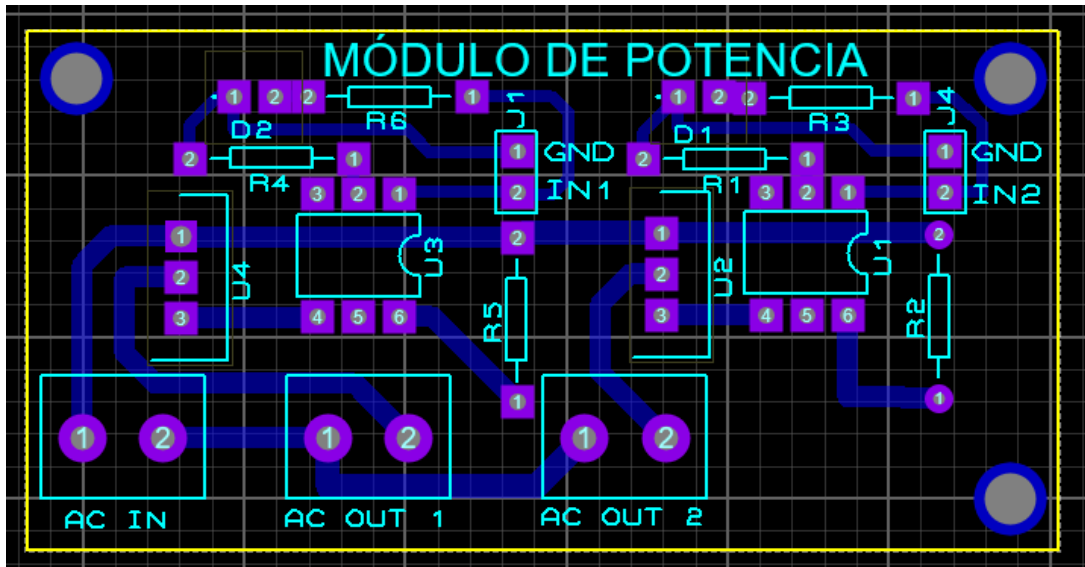
Tabla XI. **Componentes y conectores, módulo de potencia**

COMPONENTE	NOMENCLATURA	FUNCIÓN
Header pin de 2 contactos	J1, J2	Alimentación de 5VDC (Pin 2 VCC, Pin 1 GND)
Resistencia de carbón de 100 ohms 1/4W	R3, R6	Limitar la corriente que circula por los diodos Led D1y D2
Diodo LED de 5mm	D1, D2	Indicador visual de encendido, apagado
Optoacoplador MOC3021	U1, U3	Crear la conmutación de manera óptica a través del Triac interno de este dispositivo.
Resistencia de carbón de 330 ohm 1/4W	R1, R4	Limitar la corriente que circula por el diodo interno del Optoacoplador MOC3021
Resistencia de carbón de 100 ohm 1W	R2, R5	Limitar la corriente que circula por el pin Main 1 del triac interno del MOC3021 y el Triac BT136
Triac BT136	U2, U4	Conmutar a través de los pines 1 y 2 la corriente alterna de alimentación (AC IN) hacia los dispositivos de carga (AC OUT 1 y 2)
Terminal block de contactos	ACOUT 1, ACOUT 2	Permite la conexión de cables de las cargas AC de manera segura a través de contactos que se sujetan por medio de tornillos.
Terminal block de contactos	ACIN	Permite la conexión de cables de alimentación de 120VAC de manera segura a través de contactos que se sujetan por medio de tornillos.

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

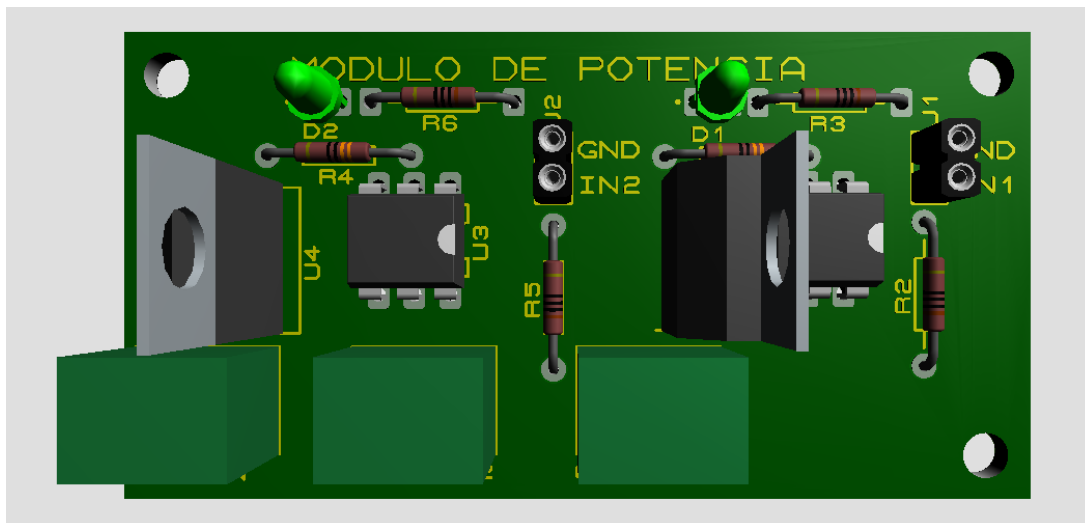
Utilizando los elementos anteriores y el esquema electrónico se diseña el PCB para la elaboración del módulo de potencia incluido en el tablero didáctico.

Figura 53. Diseño PCB del módulo de potencia



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus 8 Profesional.

Figura 54. Vista 3D del módulo de potencia



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus 8 Profesional.

El diseño obtenido es un PCB de 64 x 32.2 mm en el cual se incluyen 3 agujeros de 3mm de diámetro en las esquinas para la sujeción del módulo en el tablero didáctico

3.4.9. Módulo de carga AC

En la sección anterior se diseñó el módulo de potencia el cual permite conmutar corriente AC a través de un relay de estado sólido utilizando semiconductores para el control cargas como focos, ventiladores, motores, entre otros.

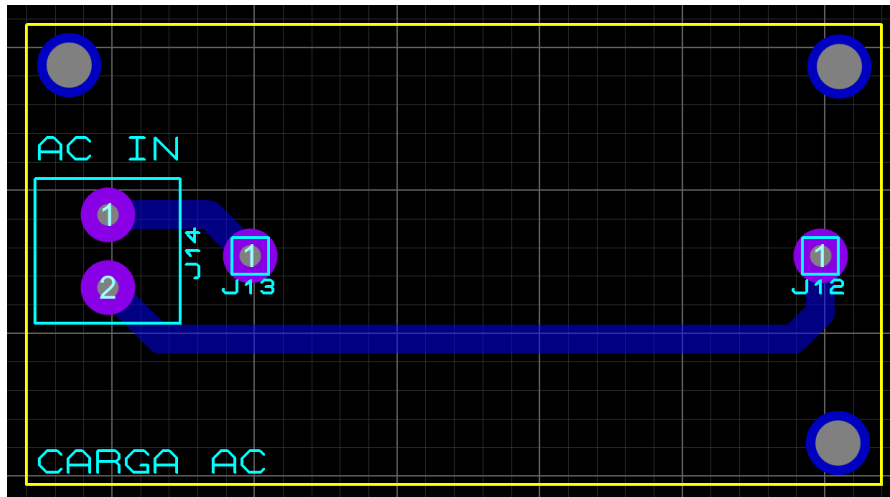
Se agrega al tablero un pequeño foco incandescente para que el alumno pueda representar la activación de cargas AC a través del módulo de potencia, debido a la modularidad del tablero se diseña una placa PCB para que pueda ser atornillada la base del foco y sujeta de manera estética en el tablero y facilite la conexión de las salidas del módulo de potencia.

Tabla XII. **Componentes y conectores, módulo de carga AC**

COMPONENTE	NOMENCLATURA	FUNCIÓN
Terminal Block de 2 contactos	J14	Conexión de la salida del módulo de potencia (AC OUT1 o AC OUT 2)
Header Pin de 1 contacto	J12, J13	Conectores para la base cerámica del mini foco incandescente.

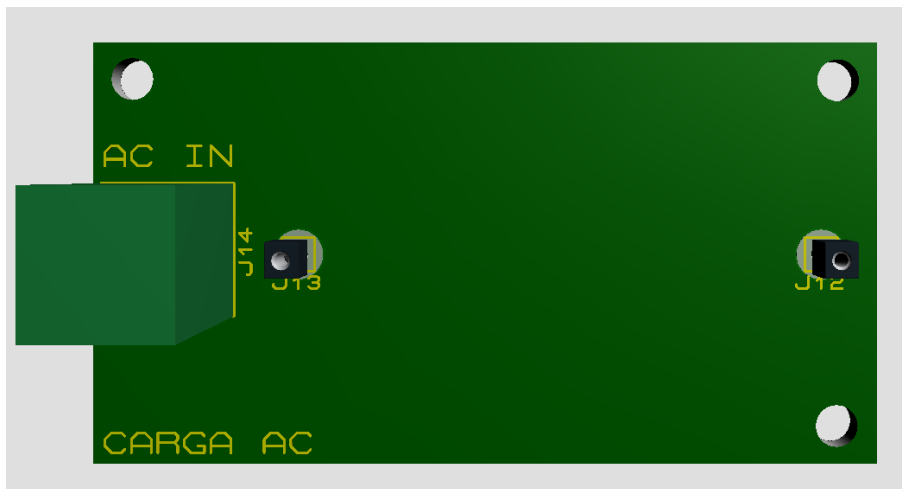
Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Figura 55. **Diseño PCB del módulo de carga AC**



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus 8 Profesional.

Figura 56. **Vista 3D del módulo de carga AC**



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus 8 Profesional.

El diseño obtenido es un PCB de 60 x 32.2 mm en el cual se incluyen 3 agujeros de 3mm de diámetro en las esquinas para la sujeción del módulo en el tablero didáctico

3.5. Diseño de complementos en 2D Y 3D

En la sección 2.2.6 se definió el prototipado y las etapas que conllevan este procedimiento para obtener un producto final.

Figura 57. Etapas del prototipado



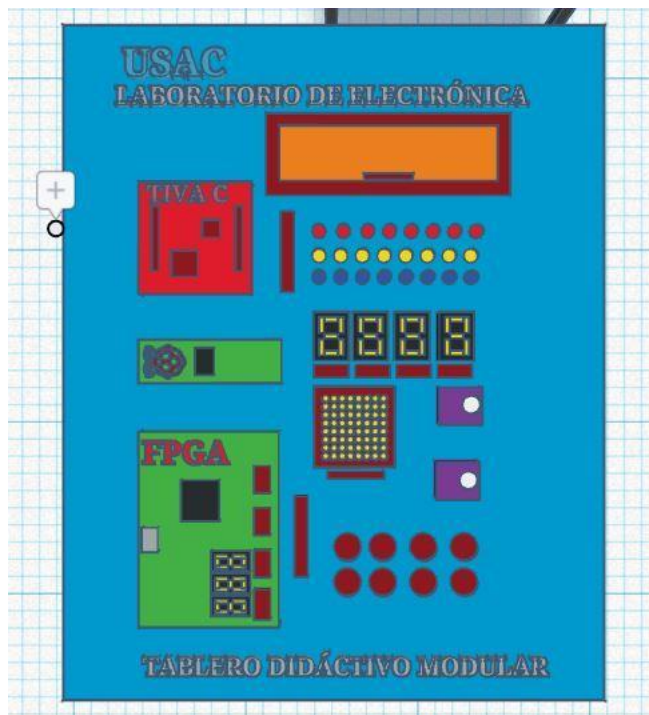
Fuente: elaboración propia, realizado con Canva.com

Como lo muestra la figura 60 en la etapa inicial se determinan los requerimientos del prototipo considerando las necesidades de los estudiantes del laboratorio de electrónica de la Universidad de San Carlos de Guatemala en los

cursos que conlleva la utilización de un microcontrolador, posteriormente se definieron las herramientas a utilizar para obtener el resultado deseado.

Una herramienta principal tanto para definir los requerimientos y proyectar el resultado final es el modelado en 3D el cual permite plasmar una idea utilizando herramientas virtuales de diseño y así visualizar el resultado final de forma gráfica y el objetivo que se desea alcanzar, para ello se utilizó Tinkercad para un bosquejo del tablero didáctico y el resultado al ser instalado en el laboratorio de electrónica de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Figura 58. **Proyección del diseño final del tablero didáctico**



Fuente: elaboración propia, realizado con Tinkercad.

Figura 59. **Proyección del tablero didáctico en el laboratorio de Electrónica**



Fuente: elaboración propia, realizado con Tinkercad.

Las figuras 58 y 59 muestran el modelado en 3D de la proyección del proyecto, sin embargo, también es necesario con el diseño 3D la elaboración de piezas que ayudarán al ensamblaje de componentes en el tablero didáctico.

Luego de diseñar todas las placas electrónicas es necesario diseñar los elementos en 2 y 3 dimensiones que serán importantes para el ensamblaje final del tablero didáctico y lograr la modularidad.

3.5.1. Base para servomotor en 3D

Actualmente la mayoría de los prototipos y proyectos elaborados por los estudiantes en el laboratorio de electrónica involucra la programación de movimientos mecánicos a través de servomotores.

En el tablero didáctico se incluye un servomotor SG90, un pequeño actuador que permite el control de movimiento angular a través de la rotación de su eje entre 0 hasta 180 grados y opera en un rango de 4.8 a 6VDC.

Figura 60. **Servomotor SG90**

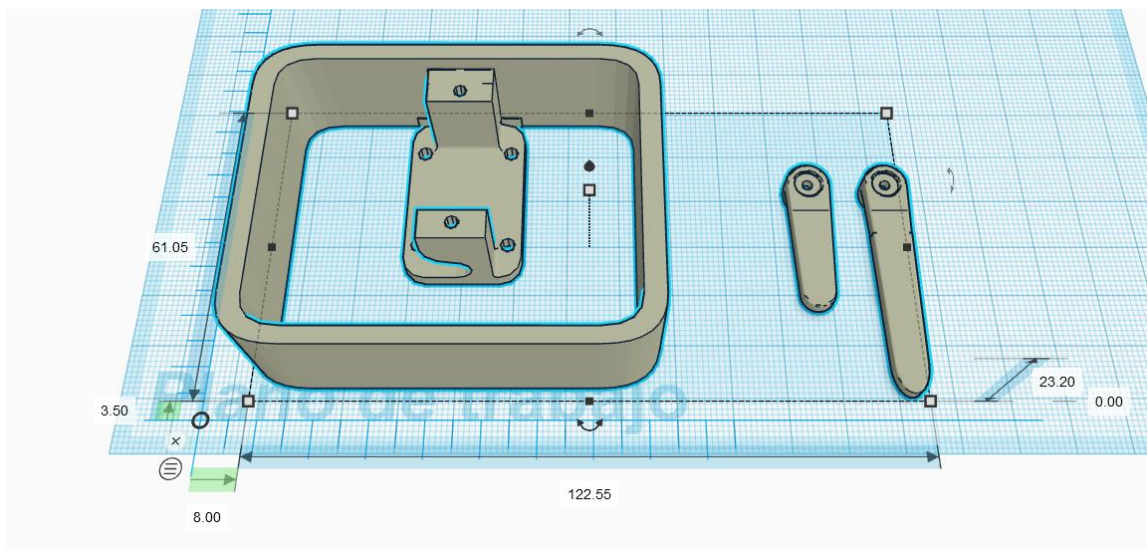


Fuente: Unit Electronics (2022). *Servo Motor SF90 RC 9g*. Consultado el 03 de noviembre de 2022. Recuperado de <https://uelectronics.com/producto/servomotor-sg90-rc-9g/>

Este servomotor permitirá realizar pruebas de funcionamiento y movimiento directamente en el tablero para luego aplicar los conocimientos adquiridos al implementarlo en proyectos electrónicos para la solución de problemáticas reales.

Debido a que es un dispositivo móvil se requiere la sujeción del dispositivo de manera segura en el tablero didáctico, para ello se diseña una base en la herramienta de código abierto Tinkercad, para la posterior impresión en 3D.

Figura 61. **Base para servomotor SG90**



Fuente: elaboración propia, realizado con Tinkercad.

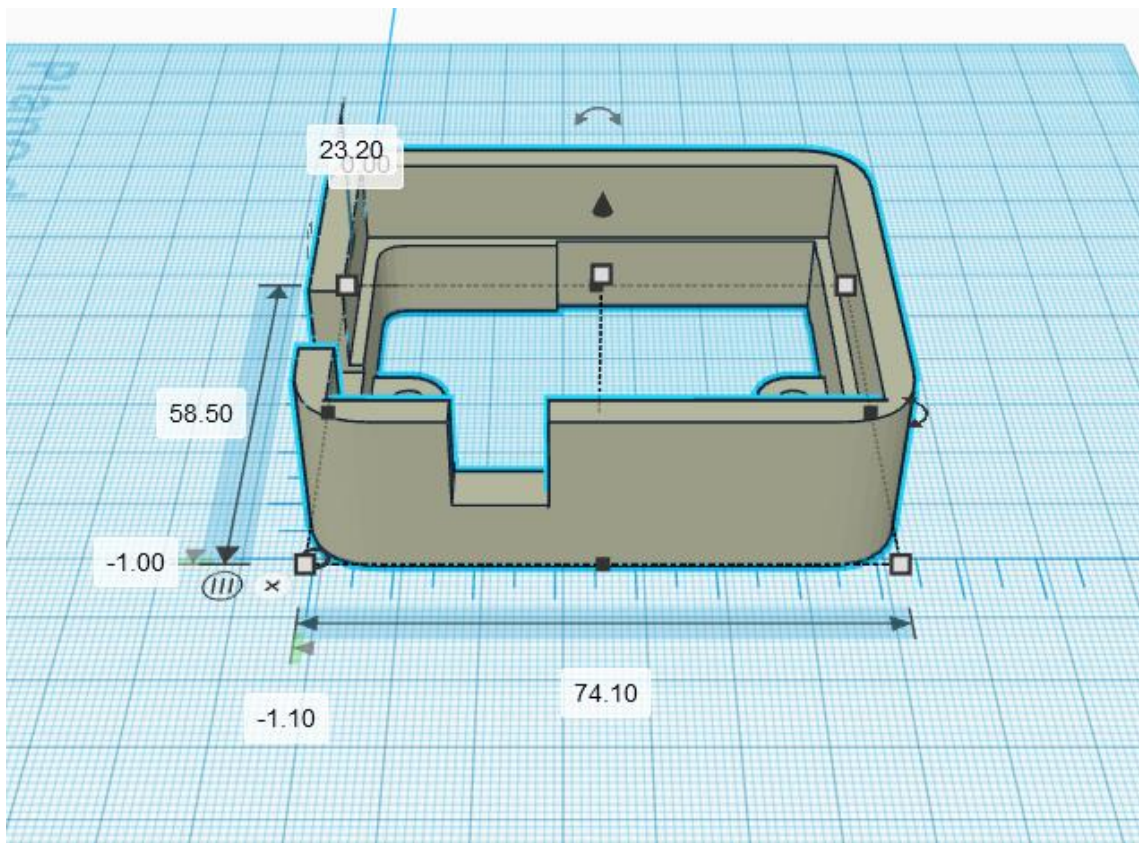
La figura 61 muestra el modelo en 3D, el cual se basa en la unión de figuras básicas como cubos con bordes curvos, cilindros y objetos con techo curvo para formar el modelo final tomando en cuenta que el servomotor SG90 debe quedar sujeto a esta pieza para la instalación en el tablero didáctico por ello se incluyen 3 orificios de 3mm para la sujeción con tornillos a la placa base. La herramienta de diseño Tinkercad permite la exportación del archivo STL el cual utilizaremos para la fabricación a través de una impresora 3D.

3.5.2. Base para microcontrolador Tiva C en 3D

El estudiante al utilizar el tablero didáctico y los microcontroladores requiere realizar conexiones a través de cables jumper hacia los módulos que componen el tablero didáctico.

Para facilitar estas conexiones e instalar la Tiva C en el tablero de forma segura se modela en 3D una base la cual permitirá la correcta sujeción.

Figura 62. Base para Tiva C en 3D



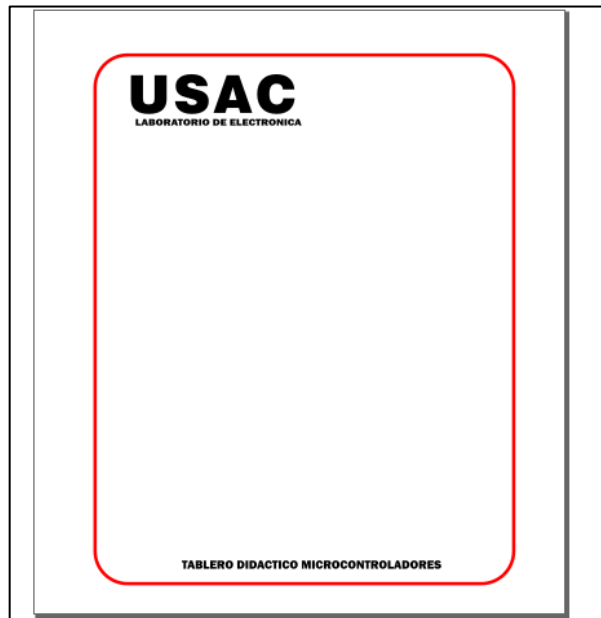
Fuente: elaboración propia, realizado con Tinkercad.

La figura 62 muestra el modelo en 3D, el cual posteriormente será impreso para el ensamblaje en el diseño de forma segura ya que cuenta con 2 orificios de 3mm los cuales se utilizarán para la sujeción mediante tornillos a la placa base del tablero didáctico. La herramienta de diseño Tinkercad permite la exportación del archivo STL el cual utilizaremos para la fabricación a través de una impresora 3D.

3.5.3. Tablero en 2D para corte láser

Para el diseño de la placa base del tablero didáctico se utiliza el software Inkscape, una herramienta profesional de edición de vectores gráficos de código abierto en el cual se pueden crear figuras a base de líneas y gráficos e ilustraciones complejas.

Figura 63. Tablero en 2D para corte láser



Fuente: elaboración propia, realizado con Inkscape.

La figura 63 muestra el modelo en 2D elaborado en Inkscape, el cual será utilizado para fabricar con material acrílico la base plástica donde se atornillarán todos los dispositivos elaborados para el tablero didáctico.

4. CONSTRUCCIÓN EL PROTOTIPO

Luego de diseñar el prototipo del tablero didáctico modular se debe materializar la idea construyendo todos los circuitos y piezas para luego poder probar el resultado final y la funcionalidad, para esta tarea se emplean diferentes técnicas, herramientas y equipo descritos en las secciones siguientes.

4.1. Fabricación de circuitos PCB

Existen diferentes métodos para la fabricación de tarjetas electrónicas luego de realizar el diseño y la selección entre uno y otro método depende de los resultados que se deseen obtener, los recursos y equipo disponible.

Los métodos más utilizados para fabricar una placa PCB al elaborar un prototipo son:

- **Impresión serigráfica:** método que en la antigüedad se utilizaba para la reproducción en masa, se basa en utilizar un marco de madera con una malla de tela tensada denominada pantalla en la cual se encuentra la plantilla del circuito que se desea fabricar. Estas pantallas permiten traspasar la tinta hacia la placa de cobre con detalles finos, pero es un método el cual requiere materiales específicos y experiencia en la técnica serigráfica para lograr resultados satisfactorios. Luego de la impresión se utilizan métodos químicos para retirar el cobre que no fue cubierto por tinta de la placa de cobre obteniendo así las pistas de circuito impreso.

- Termo transferencia: método más accesible por estudiantes de electrónica, se basa específicamente en la impresión a través de tóner de las pistas de circuito directamente un papel que permita la transferencia de esta película a la placa directamente por el aumento de temperatura.

Al realizar una impresión láser se aumenta la temperatura de la hoja de papel para lograr la adhesión de la capa de tóner a la superficie, ésta característica se aprovecha de manera inversa, ya que al aumentar nuevamente la temperatura del papel se puede retirar la capa de tóner y adherirla a otra superficie, en este caso a una placa de cobre para luego por medios químicos retirar el excedente que no fue cubierto por la capa de tóner, obteniendo así la placa de circuito impreso PCB con pistas de cobre.

- Mecanizado CNC: método es factible para prototipado, pero no para reproducción en masa ya que la fabricación de un PCB por este método requiere de una gran inversión de tiempo. Se basa específicamente en diseñar el circuito a través de cualquier software como Proteus, Eagle o KiCad y luego exportar los archivos Gerber los cuales son documentos vectoriales que contienen la descripción de capas, conexiones, vías y pads de un PCB. Luego de exportar los archivos Gerber se deben procesar mediante un software como FlatCam el cual se encarga de convertir todas las características de diseño en operaciones específicas de maquinado para luego ser ejecutadas a través de una CNC.
- Película ultravioleta: método más eficaz ya que ofrece calidad y la reproducción de un mismo modelo en serie, sin embargo, se debe emplear equipo especializado para la fabricación de PCB.

Se trata en la impresión de circuitos utilizando plantillas, las cuales por medio de luz ultravioleta son reveladas directamente en una película adherida a la placa de cobre. Este método ofrece la precisión y la impresión de detalles milimétricos y la fabricación de PCB de varias capas.

En resumen, en la tabla XI se describen las características y limitantes de los métodos descritos:

Tabla XIII. **Métodos para la fabricación de PCB**

Termo transferencia		Mecanizado CNC		Película UV		Serigráfico	
Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
Método económico	Susceptible a errores humanos en la fabricación de pistas y el perforado de pads.	Método automatizado.	Requiere específico.	Permite la reproducción con detalles milimétricos y la fabricación de PCB multicapa.	Requiere equipo específico y costoso.	Reproducción en masa de circuitos PCB	Se requieren materiales específicos.
Suministros y materiales accesibles en el mercado.	No permite realizar pistas milimétricas por la naturaleza de los equipos de impresión láser.	Permite detalles milimétricos si se cuenta con el equipo adecuado. No se utilizan procesos químicos para el revelado por lo que reduce la utilización de agua en un 100%. No involucra errores humanos en la fabricación de pistas y el perforado de pads.	El tiempo de fabricación es lento. El diseño se debe realizar en un software específico que permita la exportación de archivos Gerber.	Permite la reproducción en masa a bajo costo. No involucra errores humanos en la impresión.	Requiere procesos químicos para el revelado de pistas de circuito impreso.	Reducción de errores en impresión de circuitos. Método económico.	No permite detalles milimétricos a menos que se cuente con una pantalla con características específicas. Tiempo de fabricación si se fabrica una cantidad mínima de PCB con este método. Susceptible a errores humanos en la fabricación de pistas y el perforado de pads.

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

Tomando en cuenta las ventajas y desventajas de cada método en el prototipado del tablero didáctico se aplica la técnica de termo transferencia ya que los materiales son de fácil acceso y permite la fabricación a bajo costo.

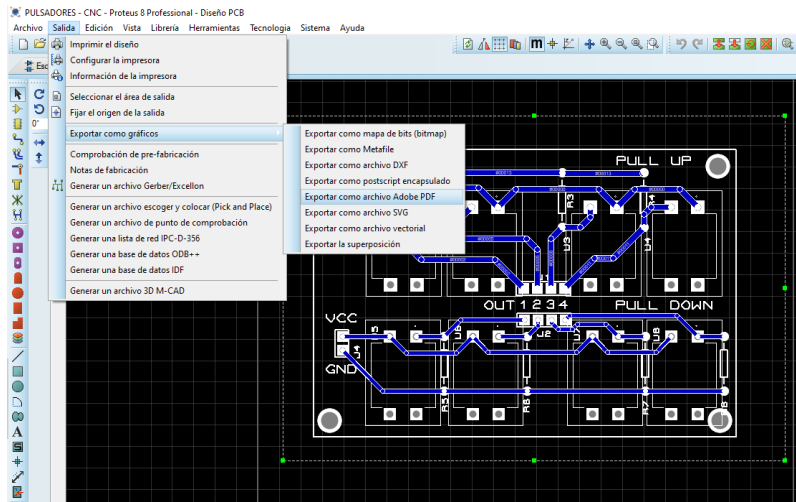
4.1.1. Técnica de termo transferencia

Esta técnica se basa en el principio de impresión láser, en este proceso se aumenta la temperatura del papel a través de un tambor en el cual por medio de un láser se graba la forma de la imagen o el texto que se requiere imprimir y la alta temperatura produce la fundición del tóner, el cual es un polvo seco de carbón y un polímero que se impregna directamente en la superficie del papel.

Para poder trasladar la impresión láser a la placa de cobre se utiliza ingeniería inversa del proceso anterior, ya que nuevamente se aumenta la temperatura del papel por métodos caseros para fundir nuevamente el tóner y trasladarlo a la placa de cobre en la que se fabrica el PCB. A continuación de detalla paso a paso la fabricación de un circuito PCB utilizando esta técnica.

- Impresión del circuito en papel termotransferible: para imprimir un circuito y fabricarlo por este método, se debe exportar un archivo PDF desde el programa de diseño teniendo el cuidado de no modificar las dimensiones.

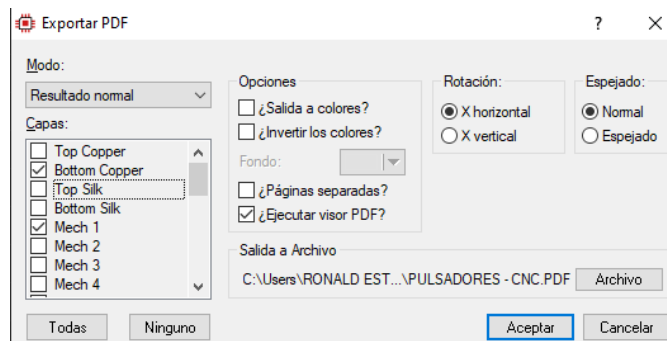
Figura 64. **Exportar diseño como PDF en Proteus 8 Profesional**



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus 8 Profesional.

En la figura 64 se muestra el procedimiento para exportar el diseño elaborado en el software Proteus 8 Profesional, para luego seleccionar las características de exportación de la figura 68.

Figura 65. **Características de exportación PDF de diseño en Proteus 8 Profesional**

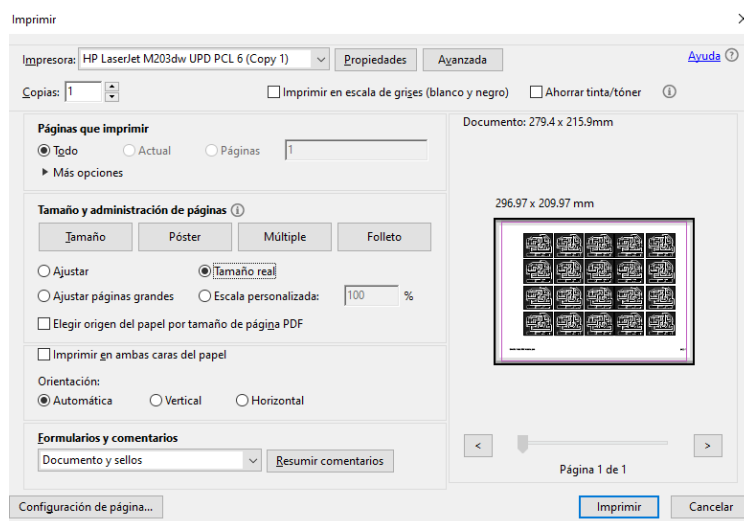


Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus 8 Profesional.

Se debe seleccionar la capa Bottom Copper la cual contiene las pistas y pads del circuito y omitir la capa Top Copper (Máscara antisolder) y Top Silk (Máscara de compontes) ya que no se requieren para este método, también se debe prestar atención a seleccionar espejado normal y no invertido.

Luego de generar el archivo PDF del circuito se procede a imprimir con una impresora láser en papel termotransferible, sin embargo, este papel es distribuido únicamente en tiendas de electrónica y el costo es elevado, por lo que una alternativa es utilizar papel propalcote o fotográfico ya que son papeles que en su exterior cuentan con una capa totalmente lisa, suave y de alto brillo que reduce la absorción de tinta y brinda una alta calidad de impresión. Se debe de tomar en cuenta seleccionar el tamaño de papel adecuado y no ajustar escala seleccionando la opción de tamaño real para no modificar las dimensiones del diseño original.

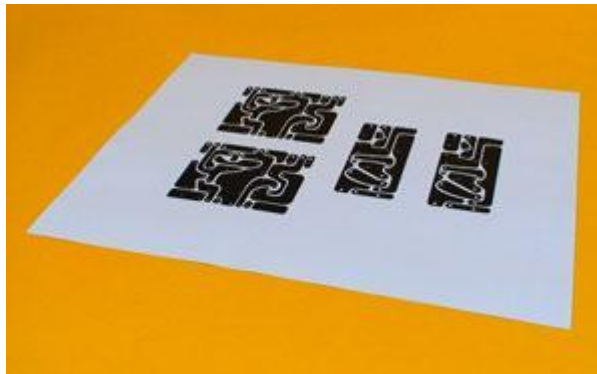
Figura 66. **Configuración de impresión del circuito en papel termotransferible**



Fuente: elaboración propia, realizado con Adobe Acrobat Reader

Tras este procedimiento, se tendrá la hoja de papel propalcote con el diseño del circuito que deseamos fabricar directamente en una placa de cobre.

Figura 67. **Impresión láser de circuito en papel propalcote**



Fuente: Video Rockola (2022). *Fabricación de circuitos PCB*. Consultado el 08 de noviembre de 2022. Recuperado de <http://www.videorockola.com/tutoriales/fabricacion-de-circuitos-impresos-pcb-2/>

- Transferencia del circuito a la placa de cobre y fibra de vidrio

En este paso se transfiere el tóner de la hoja de papel a la superficie de cobre de la placa. Para ello se debe aumentar la temperatura de la superficie del papel a aproximadamente 190 grados centígrados, la temperatura del fusor de una impresora láser común. Para ello se utiliza una plancha convencional de uso doméstico.

Se debe dimensionar la placa de cobre y fibra de vidrio respecto a la impresión en papel termotransferible, para ello se utiliza una herramienta de corte como una sierra o un bisturí como se muestra en la figura 71.

Figura 68. **Dimensionar placa de cobre e impresión del circuito**

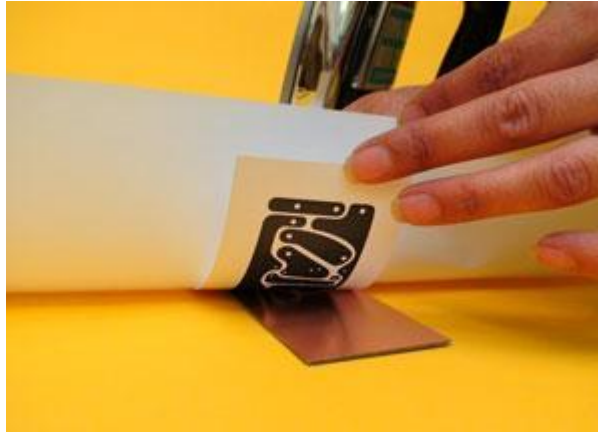


Fuente: Video Rockola (2022). *Fabricación de circuitos PCB*. Consultado el 08 de noviembre de 2022. Recuperado de <http://www.videorockola.com/tutoriales/fabricacion-de-circuitos-impresos-pcb-2/2/>

Luego de que la placa tenga las dimensiones correctas, se debe eliminar cualquier suciedad en la superficie de cobre de la placa virgen, para ello se utiliza lija de grado fino, preferiblemente No. 1000 y luego de este proceso se debe retirar cualquier partícula de polvo utilizando un paño levemente humedecido con un solvente mineral, por ejemplo, thinner o alcohol isopropílico ya que por su concentración suelen secarse rápidamente y no dejar rastros de humedad.

Luego de tener la placa totalmente limpia y libre de partículas de polvo que interfieran en la correcta adherencia se coloca la superficie de papel que contiene la impresión sobre la placa de cobre y fibra de vidrio tomando en cuenta la correcta posición para evitar la pérdida de detalles del diseño.

Figura 69. **Posicionar la impresión sobre la placa de cobre y fibra de vidrio**



Fuente: Video Rockola (2022). Fabricación de circuitos PCB. Consultado el 08 de noviembre de 2022. Recuperado de <http://www.videorockola.com/tutoriales/fabricacion-de-circuitos-impresos-pcb-2/2/>

Se recomienda colocar una hoja de papel entre la impresión y la superficie de la plancha para evitar dañar el papel que contiene la impresión y comprometer la calidad final de la termo transferencia. A continuación, utilizando una plancha de uso doméstico a temperatura máxima se alisa la superficie del papel ejerciendo leve fuerza por aproximadamente 10 minutos, aunque el tiempo depende del espesor del papel utilizado ya que si es un papel muy grueso requiere mayor tiempo de planchado. Con este procedimiento se alcanza la temperatura de fusión del tóner logrando la adherencia del diseño a la superficie del cobre de la placa virgen.

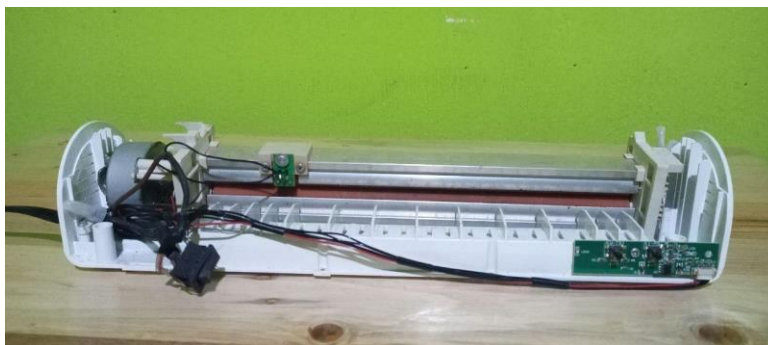
Figura 70. **Termo transferencia del circuito**



Fuente: Video Rockola (2022). Fabricación de circuitos PCB. Consultado el 08 de noviembre de 2022. Recuperado de <http://www.videorockola.com/tutoriales/fabricacion-de-circuitos-impresos-pcb-2/2/>

Una mejora de este proceso es la utilización de una laminadora utilizada para el emplastado. Este dispositivo permite aumentar la temperatura de un material de manera homogénea a través de 2 rodillos de goma.

Figura 71. **Uso de laminadora para termo transferencia**



Fuente: [Fotografía de Ronald Estuardo Alvarez González]. (Guatemala, Guatemala, 2022). Colección particular. Guatemala.

Se debe sumergir la placa de circuito impreso por 5 min en un recipiente con agua, con este procedimiento se busca humedecer el papel y poder retirarlo fácilmente con la ayuda de las yemas de los dedos sin ejercer fuerza alguna para evitar dañar la capa de tóner adherida a la superficie de cobre.

Figura 72. **Retirar el papel excedente**



Fuente: Video Rockola (2022). *Fabricación de circuitos PCB*. Consultado el 08 de noviembre de 2022. Recuperado de <http://www.videorockola.com/tutoriales/fabricacion-de-circuitos-impresos-pcb-2/2/>

Finalmente, al retirar todas las fibras de papel, se puede observar el diseño correctamente adherido a la superficie de la placa a través del método de termo transferencia, cabe mencionar que se debe revisar cada detalle del circuito para evitar que alguna fibra pueda unir secciones del circuito que posteriormente provoquen cortos circuitos en el resultado final.

Figura 73. **Resultado final del método de termo transferencia**



Fuente: Video Rockola (2022). *Fabricación de circuitos PCB*. Consultado el 08 de noviembre de 2022. Recuperado de <http://www.videorockola.com/tutoriales/fabricacion-de-circuitos-impresos-pcb-2/2/>

4.1.2. Revelado del circuito y perforación

Luego de que el diseño se encuentra impregnado en la placa de cobre y fibra de vidrio y revisado la calidad y corrección de posibles errores se debe sumergir la placa en cloruro férrico, ya que este compuesto químico reacciona con el cobre retirándolo de la superficie.

La función del cloruro férrico es de disolver el cobre que no se encuentra recubierto por la película de tóner por lo que al finalizar el proceso de revelado se obtendrán únicamente las pistas de cobre que forman el circuito.

Se debe de utilizar un recipiente plástico y no metálico para contener el cloruro férrico y tras el proceso de revelado se debe agitar el recipiente para acelerar el proceso ya que entre más tiempo se encuentre la placa sumergida se provocarán poros en las pistas de circuito que comprometen la calidad final.

Figura 74. **Revelado de PCB con cloruro férrico**



Fuente: Video Rockola (2022). *Fabricación de circuitos PCB*. Consultado el 08 de noviembre de 2022. Recuperado de <http://www.videorockola.com/tutoriales/fabricacion-de-circuitos-impresos-pcb-2/2/>

Luego de retirar la placa del recipiente se debe eliminar todo residuo de este compuesto químico con abundante agua y jabón desengrasante. Finalmente se debe retirar la capa de tóner adherida a la placa por lo que se utiliza un paño humedecido con thinner o alcohol isopropílico y así se obtiene el resultado final, un circuito PCB de muy buena calidad.

Figura 75. **Resultado final del revelado de PCB**



Fuente: Video Rockola (2022). *Fabricación de circuitos PCB*. Consultado el 08 de noviembre de 2022. Recuperado de <http://www.videorockola.com/tutoriales/fabricacion-de-circuitos-impresos-pcb-2/2/>

Finalmente, para poder introducir los pines de los componentes electrónicos en el PCB y soldarlos es necesario perforar los pads en la placa, para ello se utiliza un taladro con brocas de 1mm para componentes como circuitos integrados, resistencias de $\frac{1}{4}$ de Watt, diodos led, entre otros y 2mm para conectores tipo bloque o componentes con pines un poco más gruesos.

Figura 76. **Utilización de taladro para perforar PCBs**



Fuente: Video Rockola (2022). *Fabricación de circuitos PCB*. Consultado el 08 de noviembre de 2022. Recuperado de <http://www.videorockola.com/tutoriales/fabricacion-de-circuitos-impresos-pcb-2/2/>

Figura 77. **Resultado final del perforado**



Fuente: Video Rockola (2022). *Fabricación de circuitos PCB*. Consultado el 08 de noviembre de 2022. Recuperado de <http://www.videorockola.com/tutoriales/fabricacion-de-circuitos-impresos-pcb-2/2/>

Cabe mencionar que este procedimiento es el más utilizado por estudiantes de diferentes niveles educativos ya que es fácil obtener todos los materiales y suministros y se obtienen resultados muy satisfactorios.

Se puede utilizar este método tanto para la capa de pistas de circuito como para la capa que contiene la máscara de componentes la cual incluye el símbolo e identificación de cada elemento

4.1.3. Ensamblaje y soldadura de componentes

Luego de que la placa PCB se encuentra revelada y perforada, se procede con la soldadura de todos los componentes que conforman un módulo, para ello se utilizan las siguientes herramientas y materiales:

- Cautín tipo lápiz de 40W
- Estaño de aleación 60/40, 0.8mm de diámetro
- Pasta para soldar

- Esponja limpiadora
- Soporte para PCB, también conocido como tercera mano.
- Cepillo de cerdas suave
- Alcohol isopropílico o thinner.

Para un correcto ensamblaje y soldadura de componentes en un PCB se recomienda seguir los pasos que a continuación se describen:

- Sujetar el PCB con la ayuda del soporte o tercera mano.

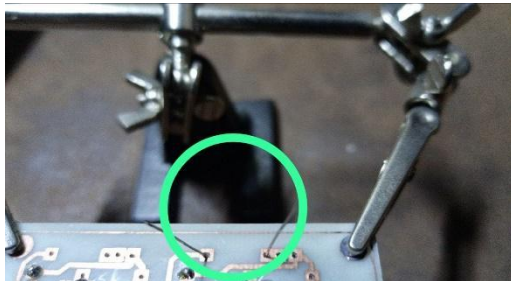
Figura 78. **Sujeción de PCB**



Fuente: [Fotografía de Ronald Estuardo Alvarez González]. (Guatemala, Guatemala, 2022).
Colección particular. Guatemala.

- Corroborar que el cautín haya alcanzado la temperatura máxima y que la punta se encuentre sin residuos de soldadura, si se desea limpiar se debe utilizar un paño o esponja humedecidos con agua.
- Colocar el componente en el sitio correspondiente introduciendo las terminales en los orificios del PCB

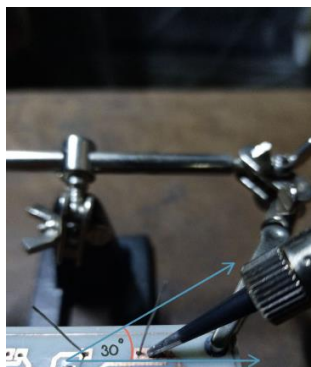
Figura 79. **Componente electrónico colocado correctamente**



Fuente: [Fotografía de Ronald Estuardo Alvarez González]. (Guatemala, Guatemala, 2022).
Colección particular. Guatemala.

- Inclinar el caudín a aproximadamente 30 grados y acercar la punta al pin que se desea soldar, luego se debe fundir una pequeña porción de estaño evitando los excesos ya que esto puede comprometer la calidad de la soldadura, si la superficie a soldar se encuentra con corrosión se utiliza pasta para soldar, ya que esto ayuda a limpiar la superficie y asegurar una adherencia de calidad.

Figura 80. **Ángulo correcto de inclinación del caudín**



Fuente: [Fotografía de Ronald Estuardo Alvarez González]. (Guatemala, Guatemala, 2022).
Colección particular. Guatemala.

- Verificar que el punto de soldadura rodee por completo el pin, si no es así se debe acercar nuevamente la punta del cautín para fundir el estaño nuevamente y distribuirlo de manera correcta.

Figura 81. **Soldadura circular correcta**

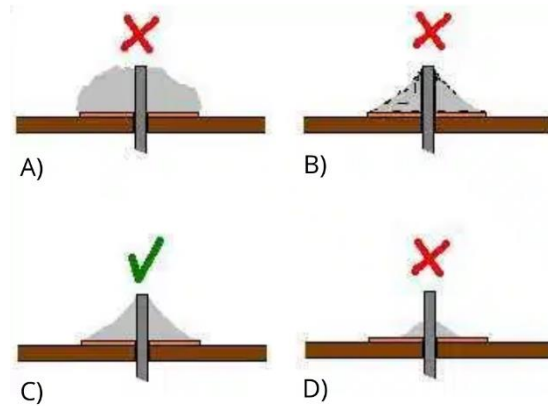


Fuente: [Fotografía de Ronald Estuardo Alvarez González]. (Guatemala, Guatemala, 2022).
Colección particular. Guatemala.

- Finalmente, tras soldar todos los componentes se debe limpiar el PCB de residuos de soldadura y pasta, para ello se utiliza un cepillo de cerdas finas humedecido con alcohol o thinner y evitar dejar rastros de humedad en la superficie.

Una mala soldadura de componentes puede provocar el funcionamiento nulo o erróneo de nuestros dispositivos. Existen errores comunes que se presentan en la figura 85

Figura 82. Errores de soldadura



Fuente: Solectro (2022). *Primeros pasos para soldar componentes electrónicos y uso de flux*.

Consultado el 09 de noviembre de 2022. Recuperado de

<https://solectroshop.com/es/blog/soldadura-primeros-pasos-para-soldar-componentes-electronicos-y-uso-del-flux-n70/>

En la figura 85 A se muestra una soldadura con exceso de estaño, lo que puede provocar cortos circuitos en PCBs de pequeñas dimensiones en la que los pines de los componentes se encuentran muy cerca, por el contrario, en la figura 85-D se utiliza muy poco estaño, lo que provoca que el componente no esté sujeto al PCB correctamente y pueda fisurarse el punto de soldadura por movimientos del componente o la tarjeta.

En la figura 85-B se muestra una soldadura que no alcanzó el punto de fusión correcto, esto debido a que no se utilizó un cautín con la suficiente potencia o no se acercó el cautín al pin el tiempo suficiente, a este tipo de error se le denomina soldadura fría.

Una soldadura de calidad se muestra en la figura 85-C, en la cual se utiliza la cantidad necesaria de estaño, provocando la correcta adherencia del pin al PCB.

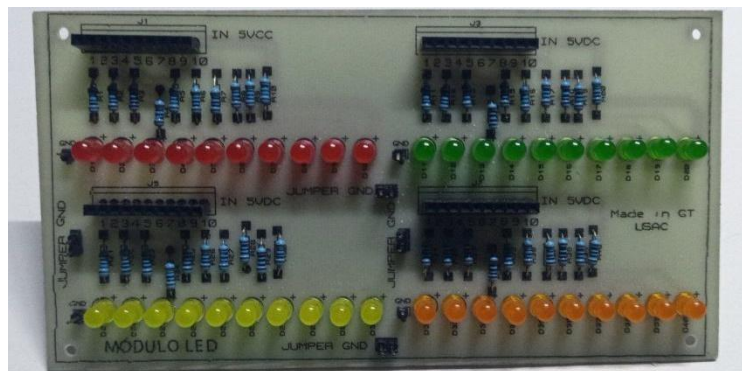
4.2. Fabricación de módulos para el tablero didáctico

Tomando en cuenta las técnicas, materiales, herramientas y consideraciones presentadas en la sección anterior para la fabricación de PCB por termo transferencia, el revelado del circuito y la soldadura de componentes se construyen los módulos que conforman el tablero didáctico modular para posteriormente ensamblar el prototipo y obtener el resultado final.

4.2.1. Módulo LED

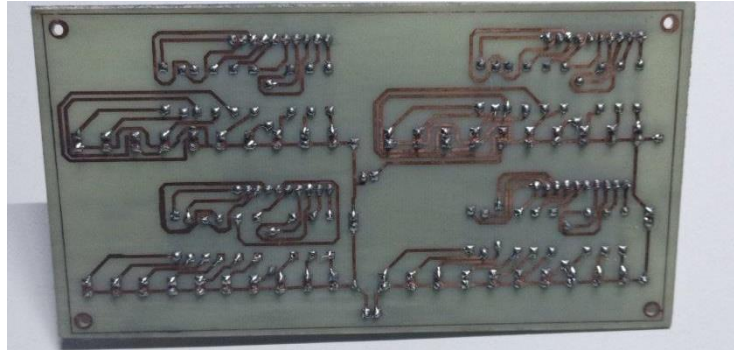
Como resultado se obtiene un PCB de 15.5x8cm que ofrece 40 leds para la interconexión con los microcontroladores del tablero didáctico.

Figura 83. Anverso, módulo LED



Fuente: [Fotografía de Ronald Estuardo Alvarez González]. (Guatemala, Guatemala, 2022).
Colección particular. Guatemala.

Figura 84. **Reverso, módulo LED**



Fuente: [Fotografía de Ronald Estuardo Alvarez González]. (Guatemala, Guatemala, 2022).
Colección particular. Guatemala.

El módulo cuenta con 9 conectores con los cuales el usuario puede interactuar con otros módulos o los microcontroladores que ofrece el tablero, en la tabla XIV se detallan las características.

Tabla XIV. **Conectores del módulo LED**

CONECTOR	NOMENCLATURA	FUNCIÓN
Header pin hembra de 10 contactos	J1, IN 5VDC	Enumerados del 1 al 10, estos conectores permiten alimentar con 5V los 10 diodos LED de color rojo.
Header pin hembra de 10 contactos	J3, IN 5VDC	Enumerados del 1 al 10, estos conectores permiten alimentar con 5V los 10 diodos LED de color verde.
Header pin hembra de 10 contactos	J5, IN 5VDC	Enumerados del 1 al 10, estos conectores permiten alimentar con 5V los 10 diodos LED de color amarillo.
Header pin hembra de 10 contactos	J7, IN 5VDC	Enumerados del 1 al 10, estos conectores permiten alimentar con 5V los 10 diodos LED de color naranja.
Header pin macho de 1 contacto	GND (4 disponibles)	Cada grupo de leds por colores cuenta con su propio conector GND, para poder utilizarlos con cualquier microcontrolador o bien, interconectarlo a otro módulo.

Continuación de la tabla XIV.

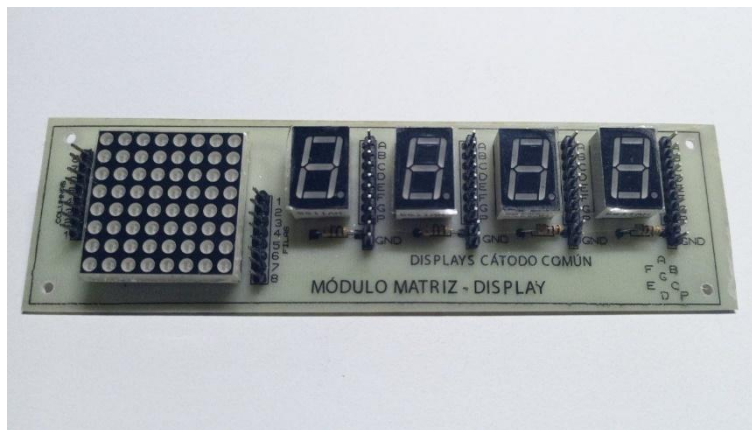
CONECTOR	NOMENCLATURA	FUNCIÓN
Header pin macho de 2 contactos	JUMPER GND (4 disponibles)	Permiten interconectar los grupos de colores de LED de manera vertical:(GND del grupo rojo al grupo amarillo, GND del grupo verde a naranja) o de manera horizontal (GND del grupo rojo a verde, GND del grupo amarillo al naranja). Colocando 4 jumpers en estos conectores se obtiene la conexión GND general en todo el módulo.

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

4.2.2. Módulo de matriz y display LED

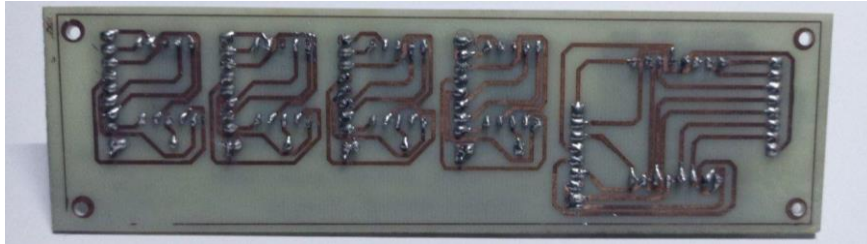
El resultado final es un PCB de 15.5x4.5cm conformado por una matriz, 4 display LED con pines de conexión identificados, ordenados y de fácil conexión hacia los microcontroladores del tablero o la interconexión con otro módulo.

Figura 85. **Anverso, módulo matriz y display LED**



Fuente: [Fotografía de Ronald Estuardo Alvarez González]. (Guatemala, Guatemala, 2022).
Colección particular. Guatemala.

Figura 86. **Reverso, módulo matriz y display LED**



Fuente: [Fotografía de Ronald Estuardo Alvarez González]. (Guatemala, Guatemala, 2022).
Colección particular. Guatemala.

El módulo cuenta con 6 columnas de conectores con los cuales el usuario puede interactuar con otros módulos o los microcontroladores que ofrece el tablero, a continuación, en la tabla XV se detallan las características.

Tabla XV. **Conectores del módulo matriz y display LED**

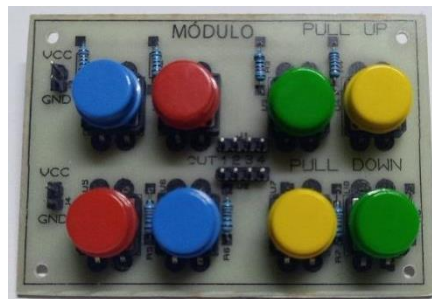
CONECTOR	NOMENCLATURA	FUNCIÓN
Header pin macho de 8 contactos	COLUMNAS	Enumerados del 1 al 8, estos conectores alimentan el ánodo de los LED internos que conforman la matriz.
Header pin macho de 8 contactos	FILAS	Enumerados del 1 al 8, estos conectores alimentan el cátodo de los LED internos que conforman la matriz.
Header pin macho de 10 contactos	A, B, C, D, E, F, G, P, GND	Enlistados de A hacia G y P, estos pines permiten la alimentación del ánodo de los segmentos que conforman el display. Al final de la columna se agregan 2 pines para conexión GND debidamente identificados en la nomenclatura del PCB.

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

4.2.3. Módulo *Pull Up* – *Pull Down*

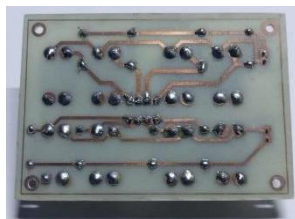
Se obtiene un PCB de 8x58 cm con 4 pulsadores en configuración *Pull Up* y que en reposo brindan un estado lógico 1 y al ser presionados brindan un estado lógico 0, por el contrario 4 pulsadores en configuración *Pull Down* que en reposo brindan un estado lógico 0 y al ser presionados brindan un estado lógico 1.

Figura 87. **Anverso, módulo *Pull Up* – *Pull Down***



Fuente: [Fotografía de Ronald Estuardo Alvarez González]. (Guatemala, Guatemala, 2022).
Colección particular. Guatemala.

Figura 88. **Reverso, módulo *Pull Up* – *Pull Down***



Fuente: [Fotografía de Ronald Estuardo Alvarez González]. (Guatemala, Guatemala, 2022).
Colección particular. Guatemala.

El módulo cuenta con 6 columnas de conectores con los cuales el usuario puede interactuar con otros módulos o los microcontroladores que ofrece el tablero, en la tabla XVI se detallan las características.

Tabla XVI. **Conectores del módulo Pull Up – Pull Down**

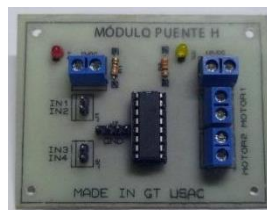
CONECTOR	NOMENCLATURA	FUNCIÓN
Header pin macho de 2 contactos	VCC, GND (2 pares disponibles)	En estos conectores se debe alimentar el módulo en los pines VCC (5V) y GND (Referencia) para obtener niveles lógicos en la salida.
Header pin macho de 4 contactos	OUT 1, 2, 3, 4	Enumerados del 1 al 4, en estos conectores se obtienen los estados lógicos como resultado de los pulsadores en reposo o activados.

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

4.2.4. **Módulo controlador de motores DC**

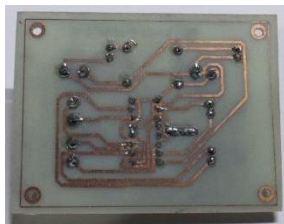
El módulo fabricado es un PCB de 7.5x5.5 cm en el cual el principal componente es el circuito integrado L293D lo que nos permitirá controlar 2 motores DC de 5 o 12VDC seleccionando el sentido de giro a través de 4 pines que recibirán un estado lógico de un microcontrolador del tablero didáctico.

Figura 89. **Anverso, módulo controlador de motores DC**



Fuente: [Fotografía de Ronald Estuardo Alvarez González]. (Guatemala, Guatemala, 2022).
Colección particular. Guatemala.

Figura 90. **Reverso, módulo controlador de motores DC**



Fuente: [Fotografía de Ronald Estuardo Alvarez González]. (Guatemala, Guatemala, 2022).
Colección particular. Guatemala.

El módulo cuenta con 3 grupos de conectores con los cuales el usuario puede interactuar con otros módulos o los microcontroladores que ofrece el tablero, a continuación, se detallan las características:

Tabla XVII. **Conectores del módulo *Pull Up – Pull Down***

CONECTOR	NOMENCLATURA	FUNCIÓN
Header pin macho de 2 contactos	IN1, IN2	En estos conectores se debe ingresar el estado lógico a través del microcontrolador que activará el movimiento del motor 1 conectado a la salida. (IN 1, giro a favor del movimiento de las manecillas del reloj e IN 2 en contra del movimiento de las agujas del reloj).
Header pin macho de 2 contactos	IN3, IN4	En estos conectores se debe ingresar el estado lógico a través del microcontrolador que activará el movimiento del motor 2 conectado a la salida. (IN 3, giro a favor del movimiento de las manecillas del reloj e IN 4 en contra del movimiento de las agujas del reloj).
Header pin macho de 4 contactos	GND	Se utiliza para conectar la referencia de cualquiera de los microcontroladores o cualquier otro módulo.
Terminal Block de 2 contactos	5VDC (Contacto Izquierdo GND, derecho 5VDC)	Alimentación del módulo general con 5V, si se desean utilizar motores del mismo voltaje.

Continuación de la tabla XVII.

CONECTOR	NOMENCLATURA	FUNCIÓN
Terminal Block de 2 contactos	12VDC (Contacto izquierdo 12VDC, derecho GND)	Alimentación de 12V, si se desean utilizar motores del mismo voltaje.

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

4.2.5. **Shield para pantalla LCD e interfaz I2C**

Debido a que la pantalla LCD de 16x02 caracteres cuenta con los pines de conexión en la parte trasera y se desea colocarla de manera segura en el tablero, se fabrica este PCB de 10x4.5cm el cual cuenta con pines hembra donde se incrusta directamente el LCD y las salidas son identificadas y colocadas en un lugar estratégico que facilite la conexión hacia los microcontroladores del tablero didáctico.

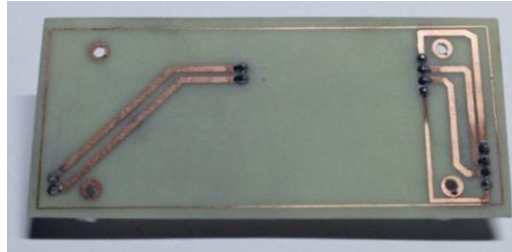
Figura 91. **Anverso, Shield para pantalla LCD e interfaz I2C**



Fuente: [Fotografía de Ronald Estuardo Alvarez González]. (Guatemala, Guatemala, 2022).

Colección particular. Guatemala.

Figura 92. **Reverso, *Shield* para pantalla LCD e interfaz I2C**



Fuente: [Fotografía de Ronald Estuardo Alvarez González]. (Guatemala, Guatemala, 2022).
Colección particular. Guatemala.

Figura 93. **Montaje de *Shield* para pantalla LCD e interfaz I2C**



Fuente: [Fotografía de Ronald Estuardo Alvarez González]. (Guatemala, Guatemala, 2022).
Colección particular. Guatemala.

El módulo cuenta con 2 grupos de conectores en los laterales distribuidos de la siguiente manera (ver tabla XVIII):

Tabla XVIII. **Conectores de *Shield* para pantalla LCD e interfaz I2C**

CONECTOR	NOMENCLATURA	FUNCIÓN
Header pin hembra de 4 contactos	VCC, GND, SDA, SCL	VCC: Alimentación de 5VDC, GND: Referencia SDA: Conector por donde se transmite la señal de datos.

Continuación de la tabla XVIII.

	SCL: conector por donde se transmite la señal de reloj del sistema.
Header pin macho de LED PWR 2 contactos	En estos dos contactos colocando un jumper activamos el backlight de la pantalla LDC

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

4.2.6. **Shield para módulo ESP32**

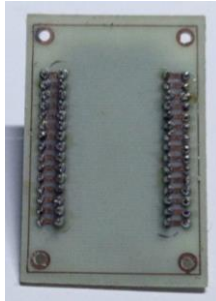
Debido a que el módulo ESP32 posee pines tipo macho de conexión en la parte trasera y se debe ensamblar en el tablero de manera segura se fabrica la placa base que facilita la accesibilidad de los pines de conexión y permitirá la sujeción al tablero didáctico por medio de tornillos. Cabe mencionar que en este PCB no se agrega la máscara de componentes ya que en el módulo se encuentran identificados todos los pines de conexión y no se requiere identificación extra.

Figura 94. **Anverso, Shield para módulo ESP32**



Fuente: [Fotografía de Ronald Estuardo Alvarez González]. (Guatemala, Guatemala, 2022).
Colección particular. Guatemala.

Figura 95. **Reverso, Shield para módulo ESP32**



Fuente: [Fotografía de Ronald Estuardo Alvarez González]. (Guatemala, Guatemala, 2022).
Colección particular. Guatemala.

4.2.7. *Shield* para Raspberry pi Pico

La placa de desarrollo Raspberry Pi Pico de fábrica no cuenta con pines de conexión del tipo macho o hembra, por lo que se fabrica la placa base para soldar directamente junta la Raspberry pines hembra de conexión lo que permitirá la sujeción correcta y la interconexión de los pines de manera fácil a través de cables Jumper macho hacia cualquier módulo o shield del tablero. Se identifica en el PCB cada pin de conexión ya que originalmente la Raspberry cuenta con esa información en la parte trasera y al atornillarse al tablero didáctico no será visible.

El módulo fabricado es un PCB de 13.5 x 6.5cm el cual contiene 20 pines de voltaje de salida de 3.3VDC, 20 pines de voltaje de salida de 12VDC, 40 pines de voltaje de salida de 5VDC y 40 pines de conexión GND.

Figura 98. **Anverso, módulo de voltajes DC**



Fuente: [Fotografía de Ronald Estuardo Alvarez González]. (Guatemala, Guatemala, 2022).
Colección particular. Guatemala.

Figura 99. **Reverso, Módulo de voltajes DC**



Fuente: [Fotografía de Ronald Estuardo Alvarez González]. (Guatemala, Guatemala, 2022).
Colección particular. Guatemala.

El módulo cuenta con una variedad de conectores, cada uno con funciones específicas que se detallan a continuación en la tabla XVII.

Tabla XIX. **Conectores del módulo de voltajes DC**

CONECTOR	NOMENCLATURA EN PCB	FUNCIÓN
Jack DC para PCB de 5.5mm x 2.5mm	J6	Conexión con adaptador 120VAC – 12VDC 5A
Header pin macho de 3 contactos	ON 3.3V	Interconectando el pin del centro con los extremos del conector podemos encender o apagar la salida de voltaje de 3.3VDC pudiendo visualizar el estado en el led indicador verde.
Header pin macho de 3 contactos	ON 5V	Interconectando el pin del centro con los extremos del conector podemos encender o apagar la salida de voltaje de 5VDC pudiendo visualizar el estado en el led indicador rojo.
Header pin macho de 3 contactos	ON 12V	Interconectando el pin del centro con los extremos del conector podemos encender o apagar la salida de voltaje de 12VDC pudiendo visualizar el estado en el led indicador azul.
Header pin macho de 20 contactos	OUTS 3.3VDC	Pines de conexión de 3.3VDC
Header pin macho de 40 contactos	OUTS 5VDC	Pines de conexión de 5VDC
Header pin macho de 20 contactos	OUTS 12VDC	Pines de conexión de 12VDC
Header pin macho de 40 contactos	GND	Pines de conexión de GND
USB hembra	J4, J5	Disponibles para la conexión de cables USB para alimentación directa hacia los microcontroladores.

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

4.2.9. Módulo de potencia

El módulo fabricado es un PCB de 6.5x3.5 cm el cual es capaz de controlar el encendido y apagado de cargas AC a partir de un estado lógico que puede ser enviado a través de cualquier microcontrolador del tablero.

Figura 100. **Anverso, módulo de potencia**



Fuente: [Fotografía de Ronald Estuardo Alvarez González]. (Guatemala, Guatemala, 2022).
Colección particular. Guatemala.

Figura 101. **Reverso, módulo de potencia**



Fuente: [Fotografía de Ronald Estuardo Alvarez González]. (Guatemala, Guatemala, 2022).
Colección particular. Guatemala.

Los pines de activación y conexión se encuentran impresos en la capa frontal del PCB, se detalla la descripción en la tabla XVIII.

Tabla XX. **Conectores del módulo de potencia**

CONECTOR	NOMENCLATURA EN PCB	FUNCIÓN
Terminal block de 2 contactos	AC IN	Conexión de 120VAC a través de un cable de alimentación.
Terminal block de 2 contactos	AC OUT 1	Conexión de la carga 1 AC de 120V, en el tablero didáctico se incluye un pequeño foco incandescente el cual puede sustituirse por un ventilador, un pequeño motor, entre otros.

Continuación de la tabla XX.

Terminal block de 2 contactos	AC OUT 2	Conexión de la carga 2 AC de 120V, en el tablero didáctico se incluye un pequeño foco incandescente el cual puede sustituirse por un ventilador, un pequeño motor, entre otros.
Header pin macho de 2 contactos	IN1, GND	Conexión de estado lógico de activación del canal 1 (IN1) y GND, al ingresar 5VDC en estos pines se activa la carga AC 1.
Header pin macho de 2 contactos	IN2, GND	Conexión de estado lógico de activación del canal 1 (IN1) y GND, al ingresar 5VDC en estos pines se activa la carga AC 2.

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

4.2.10. Módulo de carga AC

Debido al modularidad con que se diseña el tablero didáctico se agrega una pequeña carga de 120VAC para facilitar las pruebas y prácticas al utilizar el módulo de potencia.

Para ello se incluye un foco incandescente de 120VAC de 1W para el cual se fabrica un pequeño PCB de 6.5x3.5cm en el cual es posible colocar la base cerámica y colocar conectores que faciliten al usuario del tablero la conexión.

Figura 102. Anverso, Módulo de carga AC



Fuente: [Fotografía de Ronald Estuardo Alvarez González]. (Guatemala, Guatemala, 2022).

Colección particular. Guatemala.

El PCB cuenta con un terminal Block de 2 contactos en el cual es posible conectar cualquiera de las 2 salidas del módulo de potencia.

4.3. Fabricación de complementos en 2D y 3D

El primer prototipo de los diseños presentados en la sección 3.4 se fabrican a través de la impresión en 3D y el corte láser CNC. Este procedimiento se realizó en el laboratorio FABLAB ubicado en la Universidad de San Carlos de Guatemala, Campus Central zona 12, posteriormente tras una prueba satisfactoria con materiales los modelos posteriores se fabricaron con equipo particular.

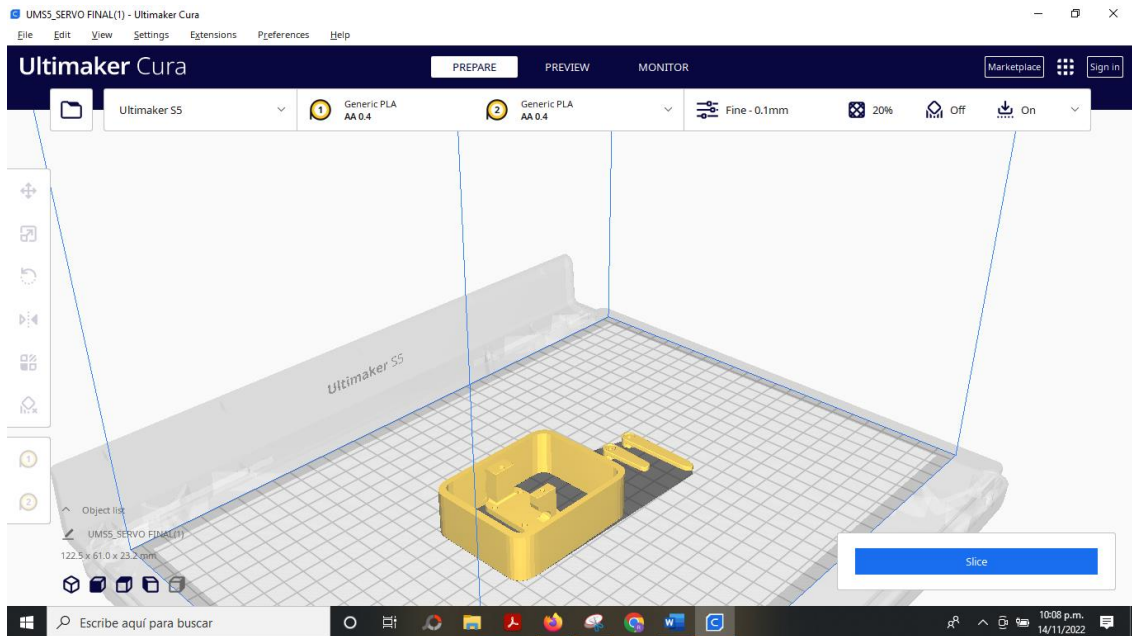
4.3.1. Fabricación de base para servomotor con impresión 3D

En el apartado 3.4 se obtienen archivos STL que significa, una tecnología para la fabricación de objetos por la adición de varias capas.

Los archivos STL definen la geometría de objetos en 3D sin incluir información como el color o texturas ya que interesan únicamente las dimensiones y formas establecidas en el diseño, sin embargo, se debe utilizar el software de código abierto Ultimaker Cura para procesarlos. En este software se exportan todas las instrucciones que interpretará la impresora 3D para fabricar el diseño del archivo STL y también las características del dispositivo de impresión como temperatura, diámetro de la boquilla, altura de capa, incluir soportes, entre otros.

Finalmente se exportan en un archivo Gcode todas las configuraciones realizadas en el software Ultimaker Cura que la impresora interpretará para construir la pieza final correctamente.

Figura 103. **Software Ultimaker Cura**



Fuente: elaboración propia, realizado con Ultimaker Cura.

Para la fabricación de las piezas se utiliza filamento PLA, un termoplástico que podrá fundirse a través del extrusor de la impresora 3D para formar las capas que constituyen el objeto 3D. El archivo Gcode es almacenado en una memoria micro SD, cargado a la impresora 3D y finalmente bastará con iniciar el proceso de impresión para obtener el resultado final.

Figura 104. **Impresión 3D de base para servomotor**



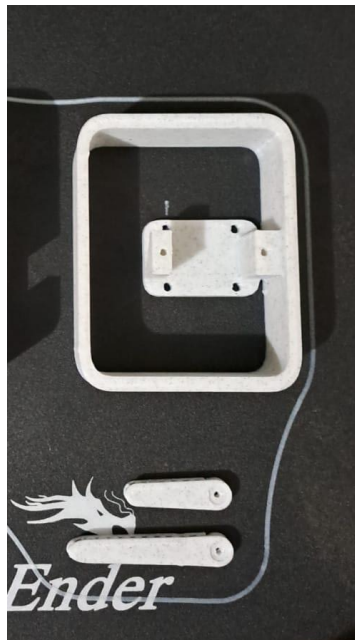
Fuente: [Fotografía de Ronald Estuardo Alvarez González]. (Guatemala, Guatemala, 2022).
Colección particular. Guatemala.

4.3.2. Fabricación de base para microcontrolador TIVA C con impresión 3D

Siguiendo los pasos de configuración y procesado del archivo STL de diseño y obtener el archivo Gcode para la impresión en 3D, se fabrica la base para la Tiva C.

Este objeto impreso en 3D permitirá la sujeción correcta del microcontrolador de manera modular y facilitará la conexión de cables jumper en todos los conectores de este dispositivo.

Figura 105. **Impresión 3D de base para Tiva C**

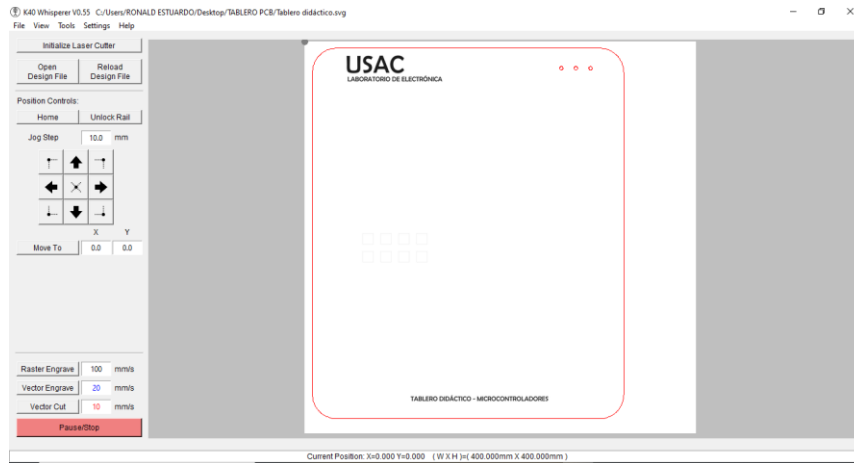


Fuente: [Fotografía de Ronald Estuardo Alvarez González]. (Guatemala, Guatemala, 2022).
Colección particular. Guatemala.

4.3.3. Fabricación de tablero en 2D usando corte láser

Para este propósito se utiliza el software K40 Whisperer, en el cual se carga el diseño vectorial SVG obtenido con Inkscape, lo interpreta y envía las instrucciones directamente a la CNC al presionar el botón Initialize Laser Cutter.

Figura 106. Envío de diseño a la CNC de corte láser



Fuente: elaboración propia, realizado con K40 Whisperer V0.55.

El tablero se fabrica en una placa de acrílico de color azul de 3mm de espesor y el láser se encarga de realizar el corte para las dimensiones correctas.

Figura 107. Proceso de corte láser en CNC

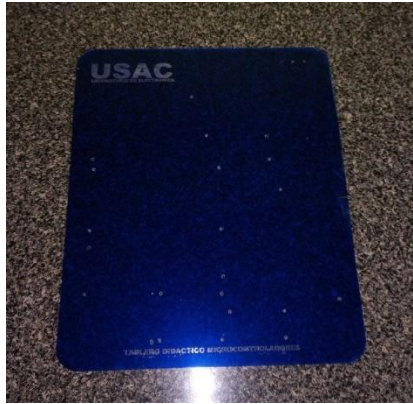


Fuente: [Fotografía de Ronald Estuardo Alvarez González]. (Guatemala, Guatemala, 2022).

Colección particular. Guatemala.

Como resultado final se obtiene un tablero de 38x32cm en el cual serán sujetos todos los elementos que conforman el tablero didáctico.

Figura 108. **Tablero fabricado en acrílico con corte láser en CNC**



Fuente: [Fotografía de Ronald Estuardo Alvarez González]. (Guatemala, Guatemala, 2022).
Colección particular. Guatemala.

4.4. Ensamblaje de elementos e instalación del tablero didáctico en el laboratorio

Finalmente se realiza el ensamblaje del tablero didáctico instalando todos los módulos PCB fabricados en la sección 4.2.

Todos los elementos son sujetos con tornillos de $\frac{3}{4}$ de pulgada y tuerca de 3mm ya que cuentan con orificios para este propósito.

Figura 109. **Ensamblaje de elementos en el tablero didáctico**



Fuente: [Fotografía de Ronald Estuardo Alvarez González]. (Guatemala, Guatemala, 2022).
Colección particular. Guatemala.

El resultado final cumple con todas las consideraciones iniciales y es instalado en el Laboratorio de Electrónica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, con el que los catedráticos y alumnos podrán desarrollar clases y prácticas contando con todas las herramientas electrónicas que proporciona el tablero didáctico.

Figura 110. **Resultado final, tablero didáctico modular**



Fuente: [Fotografía de Ronald Estuardo Alvarez González]. (Guatemala, Guatemala, 2022).
Colección particular. Guatemala.

5. PLANIFICACIÓN DE UNA PRÁCTICA DE LABORATORIO DE ELECTRÓNICA 3 UTILIANDO EL TABLERO DIDÁCTO

Luego de diseñar el prototipo del tablero didáctico modular, siguiendo las etapas del prototipado se debe testear el producto para observar y registrar el desempeño del prototipo en base al propósito o el problema a resolver, para ello se diseña una práctica de laboratorio de microcontroladores del curso de electrónica 3 para evidenciar la utilidad y funcionamiento del dispositivo. Ya que en el laboratorio se han utilizado los microcontroladores FPGA Spartan 3A y TIVA C, se propone una práctica sencilla utilizando el microcontrolador Raspberry Pi Pico para el desarrollo, tomando en cuenta que este dispositivo es actualmente uno de los más utilizados por estudiantes universitarios debido a las características y lenguaje de programación micro Python. Todas las conexiones en los módulos del tablero didáctico o microcontroladores se pueden desarrollar fácilmente tomando en cuenta toda la nomenclatura de los PCBs.

5.1. Práctica: Construcción de un semáforo utilizando un microcontrolador Raspberry Pi Pico

- **Objetivo general**
 - Utilizar correctamente las salidas GPIO del microcontrolador Raspberry Pi Pico para la solución de una problemática real.

- **Objetivos específicos**
 - Familiarizarse con el dispositivo Raspberry Pi Pico, el software de programación e instrucciones básicas.

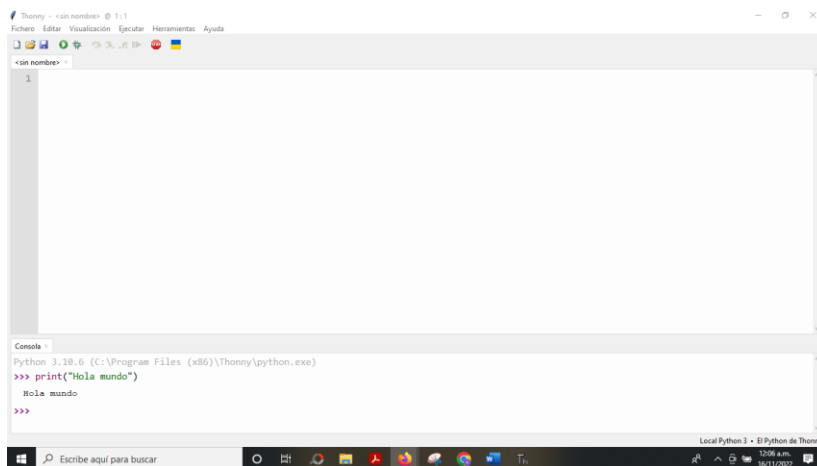
- Utilizar el tablero didáctico modular para la implementación y prueba de funcionamiento.

La práctica consiste en simular el funcionamiento de un semáforo, para ello el microcontrolador debe ejecutar la siguiente secuencia: Led rojo encendido por 10 segundos, al transcurrir el tiempo se debe apagar el led rojo y encender un led amarillo por 3 segundos de manera intermitente para anunciar el cambio de estado, luego apagarse y encender un led verde por 10 segundos y repetir la secuencia indefinidamente.

- Solución:

Para desarrollar la programación del microcontrolador se utiliza el software Tonny recomendado por la fundación Raspberry Pi, el cual nos permitirá escribir código y cargarlo al microcontrolador directamente. Se utiliza la versión 4.0.1 descargada del siguiente enlace: <https://thonny.org/>

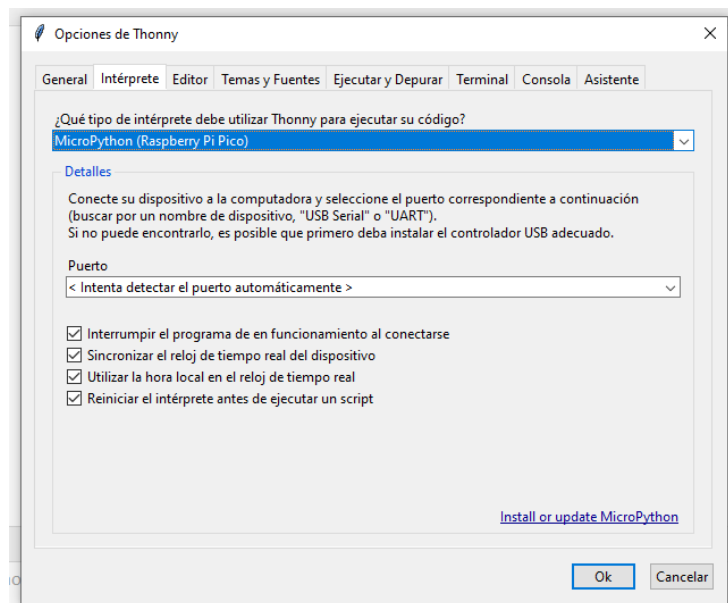
Figura 111. **Software Tonny para la programación de Raspberry Pi Pico**



Fuente: elaboración propia, realizado con Tonny.

Luego de ejecutar el software Tonny y conectar el microcontrolador a través del cable USB a la computadora se debe elegir el intérprete del lenguaje o el dispositivo que se usará para ejecutar el código de programación. Para ello en la pestaña ejecutar de la barra de tareas se selecciona MicroPython (Raspberry Pi Pico).

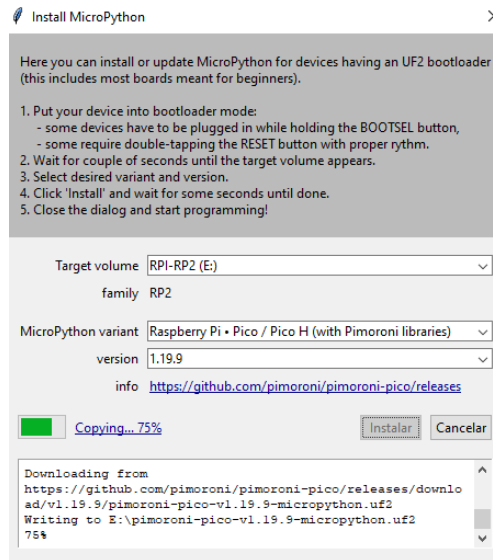
Figura 112. Selección de intérprete en Software Tonny



Fuente: elaboración propia, realizado con Tonny.

Finalmente, en la misma ventana de configuración de intérprete se debe instalar el firmware de control de la Raspberry Pi Pico para poder iniciar a programar el microcontrolador, este proceso se realiza solo al iniciar el ide por primera vez. En la figura 116 se muestran las opciones que se deben seleccionar.

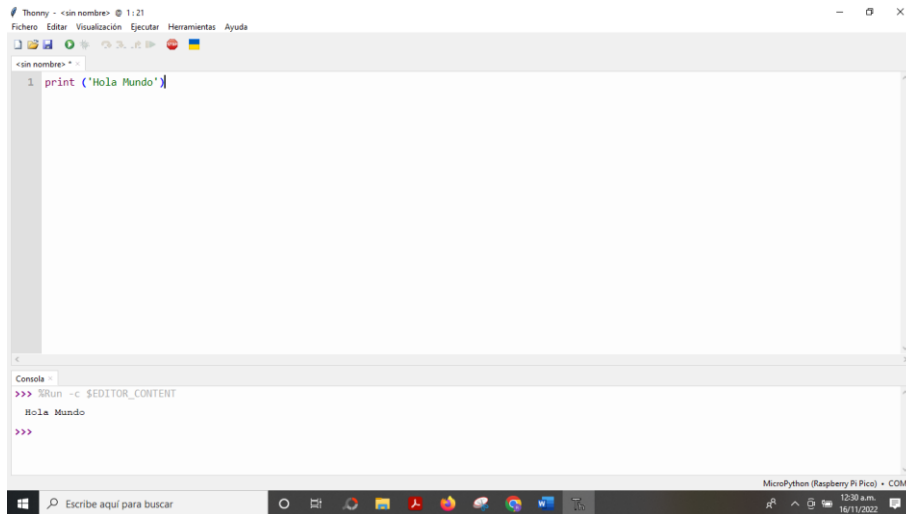
Figura 113. **Instalación de Firmware a Raspberry Pi Pico**



Fuente: elaboración propia, realizado con captura de pantalla.

Para comprobar que el entorno de programación se encuentre completo y se ejecute de manera correcta se carga al Raspberry Pi Pico un código simple de ejemplo a través del botón Ejecutar de la barra de tareas o bien presionando la tecla F5 tomando en cuenta seleccionar el puerto de comunicación correcto en la ventana: elegir intérprete, en el ejemplo se selecciona el puerto COM6.

Figura 114. **Instalación de Firmware a Raspberry Pi Pico**



Fuente: elaboración propia, realizado con Tonny.

Como se observa en la figura 114, en consola se puede obtener el mensaje `%Run -c $EDITOR_CONTENT` que indica que el código ha sido cargado de manera satisfactoria al microcontrolador Raspberry Pi Pico.

Para desarrollar la práctica se deben utilizar 3 pines GPIO como salidas conectadas hacia los diodos LED y 1 como entrada para la activación del modo de precaución. Se utilizará el GPIO 13 para la conexión al LED rojo, GPIO 14 para la conexión al LED amarillo y GPIO 15 para la conexión del LED verde, será fácil identificar estos pines de conexión gracias a la información que proporciona la Shield para Raspberry Pi Pico en el tablero didáctico.

Para la utilización de los GPIO se deben importar la librería `machine`, un módulo específico de MicroPython que contiene funciones y clases que permiten obtener acceso directo y sin restricciones sobre el hardware del microcontrolador,

lo que permitirá utilizar los pines seleccionados; también se debe importar la librería `utime` la cual nos permitirá medir tiempos y configurar retardos.

Seguidamente se declaran los pines de la Raspberry Pi Pico encargados de controlar el encendido y apagado de los diodos Led, por simplicidad se utilizará el Pin 13 para el color rojo, Pin 14 para el color amarillo y el Pin 15 para el color verde, para ello se utiliza la instrucción `machine.Pin`. Como el requerimiento es ejecutar indefinidamente la secuencia se utiliza la instrucción `While True` la cual permitirá ejecutar instrucciones de manera cíclica ya que no se utiliza ninguna condición para finalizar el ciclo.

Para controlar directamente los diodos LED se utiliza el valor 1 (Estado lógico alto) para indicar el encendido y el valor 0 (Estado lógico bajo) para indicar el apagado. El tiempo de cada estado se indica mediante la instrucción `utime.sleep` indicando la cantidad en segundo que deseamos encender o apagar un pin.

A continuación, se presenta el código de solución de la práctica y en cada línea el comentario y explicación detallada de su aplicación:

```
import machine #Librería que permite el control de los pines GPIO
import utime #Librería que permite el control de tiempo

led_Rojo = machine.Pin(13,machine.Pin.OUT) #Declaración del pin 13
como salida
led_Amarillo = machine.Pin(14,machine.Pin.OUT) #Declaración del pin 14
como salida
led_Verde = machine.Pin(15,machine.Pin.OUT) #Declaración del pin 15
como salida
```

```

while True:
    led_Rojo.value(1) #Coloca el pin 13 que controla el Led rojo en
estado alto "1"
    utime.sleep(10) #Espera de 10 segundos
    led_Amarillo.value(1) #Coloca el pin 14 que controla el Led amarillo
en estado alto "1"
    utime.sleep(0.5) #Espera de 0.5 segundos
    led_Amarillo.value(0) #Coloca el pin 14 que controla el Led amarillo
en estado bajo "0"
    utime.sleep(0.5) #Espera de 0.5 segundos
    led_Amarillo.value(1) #Coloca el pin 14 que controla el Led amarillo
en estado alto "1"
    utime.sleep(0.5) #Espera de 0.5 segundos
    led_Amarillo.value(0) #Coloca el pin 14 que controla el Led amarillo
en estado bajo "0"
    utime.sleep(0.5) #Espera de 0.5 segundos
    led_Amarillo.value(1) #Coloca el pin 14 que controla el Led amarillo
en estado alto "1"
    utime.sleep(0.5) #Espera de 0.5 segundos
    led_Amarillo.value(0) #Coloca el pin 14 que controla el Led amarillo
en estado bajo "0"
    led_Rojo.value(0) #Coloca el pin 13 que controla el Led rojo en
estado bajo "0"
    utime.sleep(0.5) #Espera de 0.5 segundos
    led_Verde.value(1) #Coloca el pin 15 que controla el Led verde en
estado alto "1"
    utime.sleep(10) #Espera de 10 segundos
    led_Amarillo.value(1) #Coloca el pin 14 que controla el Led amarillo
en estado alto "1"

```

```
    utime.sleep(0.5) #Espera de 0.5 segundos
    led_Amarillo.value(0) #Coloca el pin 14 que controla el Led amarillo
en estado bajo "0"
    utime.sleep(0.5) #Espera de 0.5 segundos
    led_Amarillo.value(1) #Coloca el pin 14 que controla el Led amarillo
en estado alto "1"
    utime.sleep(0.5) #Espera de 0.5 segundos
    led_Amarillo.value(0) #Coloca el pin 14 que controla el Led amarillo
en estado bajo "0"
    utime.sleep(0.5) #Espera de 0.5 segundos
    led_Amarillo.value(1) #Coloca el pin 14 que controla el Led amarillo
en estado alto "1"
    utime.sleep(0.5) #Espera de 0.5 segundos
    led_Amarillo.value(0) #Coloca el pin 14 que controla el Led amarillo
en estado bajo "0"
    led_Rojo.value(0) #Coloca el pin 13 que controla el Led rojo en
estado bajo "0"
    utime.sleep(0.5) #Espera de 0.5 segundos
```

Posteriormente se realizan las conexiones de la Shield del microcontrolador Raspberry Pi Pico hacia el módulo de LED del tablero didáctico según la tabla XXI:

Tabla XXI. **Conexiones realizadas del tablero didáctico a la Raspberry Pi Pico**

Pin Módulo de LED	Pin Raspberry Pi Pico
Pin 10, Sección Diodos LED rojos	GP 13
Pin 10, Sección Diodos LED verdes	GP 14
Pin 10, Sección Diodos LED amarillos	GP 15
GND	GND

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Finalmente se carga el código de programación al microcontrolador, a través del botón Ejecutar Script o presionando F5 en el software Thonny.

Cabe mencionar que se cumple el objetivo principal al ejecutar esta práctica de laboratorio en el tablero didáctico ya que es mucho más sencillo contar con los módulos con componentes electrónicos listos y con una conexión accesible con pocos cables y mucho más entendible. Además, se disminuye la inversión por estudiante en componentes, ya que en el tablero didáctico se pueden realizar muchas más prácticas apoyándose de los recursos que brinda el tablero didáctico directamente en el laboratorio de electrónica.

Tomando en cuenta la etapa de testeo del prototipado, se evidencia el funcionamiento del tablero didáctico modular y reafirman los beneficios tanto para estudiantes de laboratorio como ingenieros instructores.

6. RESULTADOS CON LA INSTALACIÓN DEL TABLERO DIDÁCTICO EN EL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA

Tras la instalación del prototipo de tablero didáctico modular en el laboratorio de electrónica de deben evaluar los resultados del proyecto en base a los requerimientos iniciales, evaluar el prototipo y si es posible mejorar la solución, como una de las últimas etapas del prototipado. Es evidente que se cuenta con un dispositivo de mucha utilidad tanto para catedráticos como para todo el estudiantado de la escuela de ingeniería mecánica eléctrica, pues este dispositivo consolida y pone a disposición una gran cantidad de componentes electrónicos para que puedan ser utilizados por muchas generaciones de estudiantes durante semestres permitiendo el desarrollo de prácticas básicas y complejas con todos los recursos que brinda.

6.1. Equipamiento del laboratorio con la instalación del tablero didáctico

En la figura 115 se muestra que el único recurso en el laboratorio de electrónica antes del desarrollo del prototipo tanto para catedráticos como alumnos son mesas y sillas, ya que no se contaba con una herramienta didáctica en la que el catedrático pudiera desarrollar demostraciones de funcionamiento y el alumno realizar prácticas para fortalecer y mejorar las habilidades, también familiarizarse con el mundo real en el que surge la necesidad de solucionar problemáticas o situaciones en el campo laboral gracias a la programación de microcontroladores y la utilización de componentes electrónicos diversos.

Figura 115. **Laboratorio antes de la instalación del tablero didáctico**



Fuente: [Fotografía de Ronald Estuardo Alvarez González]. (Guatemala, Guatemala, 2022).
Colección particular. Guatemala.

Cómo se puede observar en la figura 119, tras la instalación del prototipo en el laboratorio el catedrático de electrónica 3 posee 4 microcontroladores disponibles para su programación en un tablero de 38x32cm en el cual se incluyen 11 módulos constituidos por más de 130 componentes electrónicos y 283 conectores, además de un tablero de pruebas (Protoboard) en el cual se pueden realizar conexiones con dispositivos muy específicos que no se incluyen en el tablero. Sin duda alguna, este prototipo se podría implementar para cada mesa del laboratorio y así el alumno disponer de herramientas clave que le permitan desarrollar su formación de manera satisfactoria, por lo que también se beneficia de manera económica pues simplemente puede presentarse a clases con computadora y cables tipo Jumper para realizar todas las conexiones en el

tablero en la etapa de aprendizaje e incluso desarrollar sus proyectos finales en el tablero.

Figura 116. **Tablero didáctico instalado en el laboratorio de electrónica**



Fuente: [Fotografía de Ronald Estuardo Alvarez González]. (Guatemala, Guatemala, 2022).
Colección particular. Guatemala.

Según la consulta realizada el 28 de noviembre en la base de datos abiertos del Centro de Cálculo e Investigación educativa de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en el 2021 se inscribieron 2668 estudiantes en la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica distribuidos en 1149 estudiantes de ingeniería electrónica, 624 estudiantes de

ingeniería mecánica eléctrica y 895 estudiantes de ingeniería eléctrica, fuente: <https://datosabiertos.ingenieria.usac.edu.gt/dataset/estudiantes-inscritos/resource/fbc6497e-843f-4a42-81df-9bbbdd163d00>.

El curso y laboratorio de electrónica 3 forma parte del pensum de todos los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica según la red de estudios consultada el 29 de noviembre del 2022 en el sitio oficial de la Facultad de Ingeniería: <https://portal.ingenieria.usac.edu.gt/>, por lo que si se instalaran tableros didácticos en el laboratorio se beneficiaría a todos los estudiantes de la Escuela siendo este un número considerable y tomando en cuenta que la carrera de Ingeniería Electrónica según la consulta es la que alcanza mayor cantidad de estudiantes siendo una necesidad la implementación de nuevas herramientas que permitan atender y formar a los participantes de los diferentes laboratorios.

6.2. Resultados del proyecto en base a los requerimientos iniciales

En la primera etapa del prototipado, al definir los requerimientos y formular la idea del tablero didáctico se realizó un bosquejo del resultado final deseado tomando en cuenta las sugerencias del catedrático del laboratorio de Electrónica 3 a través de un diseño en 3D. En la figura 120 se muestra la comparativa del bosquejo y el resultado final, reafirmando que tras seguir todas las etapas que conforman el desarrollo de un prototipo según la figura 60, se confirma el obtener un resultado satisfactorio que además de apegarse al bosquejo cumple con todos los requerimientos de diseño en base a técnicas de prototipado de ingeniería electrónica, sin embargo en la etapa de diseño se toman decisiones como redimensionado o la ubicación de conectores en puntos estratégicos que garanticen la modularidad y accesibilidad a los estudiantes al elaborar circuitos.

Figura 117. **Comparativa de requerimientos y resultados al instalar el tablero didáctico**



Fuente: [Fotografía de Ronald Estuardo Alvarez González]. (Guatemala, Guatemala, 2022).
Colección particular. Guatemala.

Como se observa en la figura 120, al seguir los pasos que conforman el proceso de prototipado iniciando al definir los requerimientos y las herramientas, diseñar, testear el producto y analizar los resultados podemos obtener un modelo que sin duda alguna puede brindar recursos tecnológicos a alumnos y catedráticos de la educación superior.

6.3. Participación en LAEDC 2022

El prototipo fue presentado en el evento LAEDC 2022, la principal conferencia de dispositivos electrónicos y campos relacionados de América Latina del IEEE ((Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos). Patrocinada por la Sociedad de Dispositivos Electrónicos (EDS). Su objetivo principal es reunir a especialistas de la industria y la academia en todos los campos relacionados

con dispositivos electrónicos. La cuarta edición se llevó a cabo del 4 al 6 de julio del 2022 en Puebla, México como un evento híbrido donde se presentaron distintos proyectos desarrollados por estudiantes de América Latina. Como autor, se presentó un Póster y fue aceptado para formar parte de las exposiciones como un prototipo novedoso en apoyo de la educación universitaria. El póster se adjunta en la sección de anexos de este documento y en la figura 118 el certificado de participación y reconocimiento al proyecto.

6.4. Evaluación de mejoras del tablero didáctico

Como última etapa del prototipado al analizar los resultados se debe evaluar y si es posible proponer mejoras. A continuación, se enlistan las mejoras y sugerencias que se proponen luego de concluir todas las etapas del prototipado si se realiza la implementación de un tablero en cada mesa del Laboratorio de Electrónica.

- Fabricación de PCBs con foto revelado: en el prototipo se aplicó la técnica de termo transferencia para la realización de placas de circuito impreso debido a que es posible la fabricación a bajo costo obteniendo resultados de muy buena calidad, sin embargo, se podrían realizar todos los PCBs que conforman el tablero didáctico con la técnica de película fotosensible para obtener una mejor calidad y poder obtener PCBs más compactos. La fabricación se puede realizar en industrias que ofrezcan este servicio, y si se requiere una cantidad considerable el costo disminuye por lo que es una opción si el prototipo se reproduce en masa.
- Utilización de componentes SMD: en el prototipo se utilizaron componentes THT en la fabricación de los módulos, sin embargo, una alternativa puede ser la utilización de componentes SMD lo que permitiría

la reducción de las dimensiones de los módulos y por tanto el tamaño del tablero en general.

- Evitar la obsolescencia o desuso del dispositivo: debido a que las tecnologías cada día evolucionan y presentan mejoras, se brinda un repositorio donde se incluyen todos los archivos de diseño del prototipo para que pueda ser actualizado o bien pueda ser reemplazado un módulo si presenta fallas por desgaste de uso. La modularidad permite que algún dispositivo pueda ser sustituido en cualquier momento y evitar la pérdida de un tablero completo. Todos los archivos se encuentran en el siguiente enlace:

<https://drive.google.com/drive/folders/1G5NhAtSbvTAcnDeBSXpyKcFwjziW8mME?usp=sharing>

CONCLUSIONES

1. Es importante prototipar e implementar herramientas educativas para fomentar el diseño electrónico y con ello solucionar problemáticas reales que permitan el desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías en un laboratorio de Electrónica.
2. Un tablero didáctico en un laboratorio de electrónica es una herramienta muy útil para desarrollar distintas habilidades en un estudiante, pero sobre todo permite la experimentación en base a materiales disponibles de manera práctica.
3. Según las necesidades que se desean suplir con un tablero didáctico para el desarrollo de prácticas de laboratorio en electrónica se deben seleccionar microcontroladores modernos y prácticos que permitan la implementación de nuevas tecnologías como conexiones inalámbricas que puedan ser implementadas en los cursos de Electrónica 3 y Microcontroladores.
4. Al aplicar las etapas del proceso de prototipado y evaluar la utilización de las diferentes técnicas para elaborar circuitos PCB es útil la técnica de termo transferencia ya que permite fabricar circuitos a bajo costo lo que brinda versatilidad para cambios o mejoras en dispositivos electrónicos.

5. Se entrega un prototipo funcional puesto en marcha instalado en el laboratorio de Electrónica y se brindan todos los archivos de diseño para que cualquier módulo pueda ser sustituido por avería o desgaste de uso, rediseñado o bien reemplazado con tecnologías que se actualicen y el tablero didáctico no sea afectado por obsolescencia.

RECOMENDACIONES

1. Implementar de prácticas en el tablero didáctico a estudiantes de los cursos de Introducción a la programación de computadoras y Lenguajes de programación aplicados a ingeniería eléctrica, para que tengan estos conocimientos previos sobre las asignaturas del área profesional de electrónica y sea más fácil su aprendizaje y aplicación.
2. Realizar una familiarización inicial con el equipo detallando las conexiones y límites de voltaje en el tablero didáctico modular. Si se realiza la implementación de tableros en las mesas de trabajo del laboratorio el instructor debe hacer énfasis en el cuidado de los equipos ya que una incorrecta manipulación o conexión puede comprometer el funcionamiento correcto de un microcontrolador.
3. Capacitar a los alumnos para el uso responsable del material y garantizar el uso adecuado y correcto para maximizar el tiempo de vida de los componentes electrónicos y microcontroladores que conforman el tablero didáctico semestralmente.
4. Fabricar los PCBs de manera industrial (Fabricados en una planta especializada) para tener una mayor calidad y aumentar el tiempo de vida útil del tablero.

REFERENCIAS

1. Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica. (5 de enero de 2023). *Historia*. EIME. Recuperado de <https://eime.ingenieria.usac.edu.gt>.
2. FIUSAC. (8 de febrero de 2023). *Historia*. Facultad de Ingeniería. Recuperado de <https://portal.ingenieria.usac.edu.gt/index.php/aspirante/antecedentes>
3. Rodríguez, L. (28 de enero de 2020). *Universidad de San Carlos de Guatemala*. Guatemala.com. Recuperado de <https://aprende.guatemala.com/centros-educativos/universidades/universidad-de-san-carlos-de-guatemala/>
4. USAC. (3 de enero de 2023). *Desarrollo histórico de la USAC*. USAC. Recuperado <https://www.usac.edu.gt/historiaUSAC.php>
5. USAC. (3 de enero de 2023). *Misión, Visión y Valores*. USAC. Recuperado de <https://www.usac.edu.gt/misionvision.php>

APÉNDICES

Apéndice 1. Poster LAEDC página 1

Prototype of modular educational board of microcontrollers and electronic devices

1st Ronald Estuardo Alvarez, González
Faculty of Engineering
Universidad de San Carlos de Guatemala
Guatemala, Guatemala
3024445800102@ingenieria.usac.edu.gt

2nd Miguel Ventura, Engineer
Faculty of Engineering, contributor/ advisor
Universidad de San Carlos de Guatemala
Guatemala, Guatemala
inmiguel@gmail.com

Abstract—An educational board is a tool aimed to teach or develop a study topic. This modular educational board is designed to address a problem area in Electronics Laboratory of Universidad de San Carlos de Guatemala because it does not have teaching tools for Microcontroller Programming learning. A board with modules of electronic components is built using electronic design and prototyping tools, the student will be able to interact, program and perform tests in a specific field of study, it is a useful tool that will be used by all electronics and electrical engineering students when returning to in-person classes considering that physical interaction was not possible in online classes. This board consolidates all the devices, that are used in the courses, into one device only.

Keywords—Prototyping, educational, components, microcontrollers.

I. INTRODUCTION

Education institutions use educational boards to reinforce the professor's oral explanation and increase students' participation, improving understanding and memorization of the learning contents. This concept is used to develop a modular educational board which allows the students to have access to microcontrollers and electronic devices during the development of all their learning practices in a test board that has all the necessary devices in test modules, it is designed to fulfill educational competencies when returning to in-person classes.

II. OBJECTIVES

A. General

- Provide a tool to the professors and students that facilitates the access to technology and competitive learning through an educational board with all the necessary tools for laboratory practices in accordance with courses plan.

B. Especificos

- Apply electronic design and devices prototyping knowledge.
- Create modular devices that enable interaction and test of microcontrollers programming.

III. METODOLOGY

The following stages were carried out to achieve the final result:

- Selection of the microcontrollers to be used: according to the courses requirements, the educational board will have a FPGA Elvert V2, a TIVA C 123GX Texas Instruments, Raspberry Pi Pico and an ESP32 module which will allow a Bluetooth and Wi-Fi connection.
- Circuit and PCBs Design: considering the needs, electronic components modules were designed using PROTEUS software.
- 2D board design: AUTOCAD is used to create the board base for the fabrication in a CNC of laser cutting.
- Design of 3D complements: Tinkercard is used to fabricate microcontroller bases and servomotors which allow us to safely attach these devices for its further printing.
- Power modules design: it will allow the AC load control directly from the microcontrollers.
- PCBs fabrication: for the prototype implementation, all the printed circuit boards were fabricated by thermal transfer method.
- Components welding: all the electronic devices that are part of the modules, were assembled manually.
- Prototype assembly: the educational board is assembled with all the modules and parts that were previously fabricated.

IV. RESULTS

The prototype is currently installed at the Microcontrollers Laboratory in the Faculty of Engineering of Universidad de San Carlos de Guatemala. It is expected to build 4 boards for the use of the students and to also facilitate learning when returning to in-person classes as it has a lot of benefits for both professors and students, it will have all the materials and devices and can be used by many students from different semesters. It is a reusable device and suitable for different courses as Electrical, Electronics and Programming Engineering.

V. CONCLUSIONS

- A modular education board provides all the necessary tools to the students and professors for a constructivist learning.
- The phases required to fabricate prototypes are important to obtain a final and professional result.

Fuente: elaboración propia, realizado con LATEX.



Fig. 1. Prototype: modular educational board



Fig. 2. Educational board at Electronics Laboratory

REFERENCES

- [1] Programación Fácil, "Resistencia pull up y pull down", 2022. [Online]. Available online: <https://programafacil.com/blog/arduino-blog/resistencia-pull-up-y-pull-down/> [Accessed on 12 March 2022].
- [2] Electrónica Lago, "Relé de estado sólido", 2022. [Online]. Available online: <https://electronicalago.com/como-hacer-rele-de-estado-solido-diy/> [Accessed on 15 March 2022].
- [3] Circuitos Electrónicos, "Cómo Fabricar circuitos impresos", 2010. [Online]. Available online: <http://www.circuitoselectronicos.org/2010/08/como-fabricar-circuitos-impresos-metodo.html> [Accessed on 20 March 2022].

- A specialized equipment is required to fabricate professional PCBs, while by home methods, only results for prototyping can be obtained.
- When returning to in-person classes, it is important to have tools that facilitate learning and that are easily accessible to students and professors.

Fuente: elaboración propia, realizado con LATEX.

ANEXO

Anexo 1. Certificado de participación, LAEDC 2022



CERTIFICATE

The Organizing Committee of IEEE 2022
Latin American Electron Devices Conference LAEDC

Acknowledges that:

Ronald Estuardo Alvarez González

Presented the talk

POSTER - Prototype of modular educational board of
microcontrollers and electronic devices

Puebla, Mexico, 4 - 6 July, 2022

A blue ink signature of Edmundo A. Gutiérrez Domínguez.

Edmundo A. Gutiérrez Domínguez PhD.
General Chair, IEEE 2022 LAEDC



Fuente: IEEE (2022). LAEDC 2022.