



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

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLACA ELECTRÓNICA DE
PRUEBAS DIDÁCTICAS CONTROLADA POR UNA APLICACIÓN
EN ANDROID MEDIANTE BLUETOOTH**

Alvaro José Toledo Lima

Asesorado por el Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar

Guatemala, febrero de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLACA ELECTRÓNICA DE
PRUEBAS DIDÁCTICAS CONTROLADA POR UNA APLICACIÓN
EN ANDROID MEDIANTE BLUETOOTH**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ALVARO JOSÉ TOLEDO LIMA

ASESORADO POR EL ING. CARLOS EDUARDO GUZMÁN SALAZAR

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRÓNICO

GUATEMALA, FEBRERO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
EXAMINADOR	Ing. Sergio Leonel Gómez Bravo
EXAMINADOR	Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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 UNA PLACA ELECTRÓNICA DE PRUEBAS DIDÁCTICAS CONTROLADA POR UNA APLICACIÓN EN ANDROID MEDIANTE BLUETOOTH

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 6 de septiembre de 2016

A handwritten signature in black ink, consisting of several fluid, overlapping strokes. The signature is positioned to the right of the text above it.

Alvaro José Toledo Lima

Guatemala, 19 de agosto de 2022

Ingeniero
Julio César Solares Peñate
Coordinador del Área de Electrónica
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

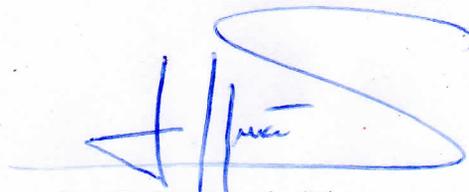
Estimado Ingeniero:

Por este medio me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLACA ELECTRÓNICA DE PRUEBAS DIDÁCTICAS CONTROLADA POR UNA APLICACIÓN EN ANDROID MEDIANTE BLUETOOTH**, desarrollado por el estudiante Alvaro José Toledo Lima, ya que considero que cumple con los requisitos establecidos.

Por lo tanto, el autor de este trabajo y yo como asesor, nos hacemos responsables del contenido y conclusiones del mismo.

-Sin otro en particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Carlos Guzmán Salazar
Asesor

CARLOS GUZMÁN SALAZAR
Ingeniero Electricista
Col. No. 2762



Guatemala, 25 de agosto de 2022

Señor director
Armando Alonso Rivera Carrillo
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC

Estimado Señor director:

Por este medio me permito dar aprobación al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLACA ELECTRÓNICA DE PRUEBAS DIDÁCTICAS CONTROLADA POR UNA APLICACIÓN EN ANDROID MEDIANTE BLUETOOTH**, desarrollado por el estudiante **Alvaro José Toledo Lima**, ya que considero que cumple con los requisitos establecidos.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Julio César Solares Peñate'.

Ing. Julio César Solares Peñate
Coordinador de Electrónica

REF. EIME 68.2022.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área , al trabajo de Graduación del estudiante Alvaro José Toledo Lima: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLACA ELECTRÓNICA DE PRUEBAS DIDÁCTICAS CONTROLADA POR UNA APLICACIÓN EN ANDROID MEDIANTE BLUETOOTH**, procede a la autorización del mismo.



Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo

Guatemala, 19 de octubre de 2022.

LNG.DECANATO.OI.189.2023

La Decana 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 UNA PLACA ELECTRÓNICA DE PRUEBAS DIDÁCTICAS CONTROLADA POR UNA APLICACIÓN EN ANDROID MEDIANTE BLUETOOTH**, presentado por: **Alvaro José Toledo Lima**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana



Guatemala, febrero de 2023

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por todo lo que me ha brindado y haber sido mi guía y referencia.
Mi mamá	Ulianova Toledo por ser la mejor mamá del mundo. Su amor será siempre mi inspiración.
Mis tíos	Patricia y Erick Toledo por haberme apoyado siempre desde antes de que naciera.
Mis tíos abuelos	Armando, Gloria, Willy y Alfredo Toledo (q. e. p. d.) por su guía y apoyo incondicional.
Mis abuelitas	Alcira Flores (q. e. p. d.) y Judith Ángel por haber sido ángeles en mi vida.
Jorge Escobedo	Por ser mi padrino, mentor y una importante influencia en mi vida.
Josué Mendía	Por haber sido mi mejor amigo (q. e. p. d.)
Kyra	Por ser ese angelito que me acompañó en todo este proceso. Este trabajo es un homenaje a tu amor.
Max y Hanny	Por ser nuestros perritos guardianes.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por haberme dado la oportunidad de formarme académicamente en tan prestigiosa institución.
Facultad de Ingeniería	Por haberme educado profesionalmente.
Familia Toledo	Por su amor y por brindarme la oportunidad de formarme académicamente en el Colegio Italiano de Guatemala y haber compartido todos esos bonitos momentos.
Mis amigos de la Facultad	Por brindarme su amistad, por haber recorrido juntos este proceso, por la ayuda, por el ejemplo, y por todos esas lecciones y logros que cosechamos juntos.
Mis amigos de la vida	Por su amor, por su apoyo incondicional, por sus consejos y por todos esos lindos recuerdos que llevo en el corazón.
Grupo STG	Por formarme profesionalmente en el ámbito laboral, y a todas esas grandes personas con las que tuve el gusto de trabajar y aprender de ellas.
A todo y todas las personas	Que he tenido el gusto de conocer, aprender y compartir, por haberme ayudado a crecer.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN	XXIII
OBJETIVOS.....	XXV
INTRODUCCIÓN.....	XXVII
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. Componentes electrónicos	1
1.1.1. Componentes electrónicos pasivos.....	1
1.1.1.1. Resistencia	2
1.1.1.1.1. Resistencias	
bobinadas	2
1.1.1.1.2. Potenciómetro.....	2
1.1.1.1.3. Fotorresistencia	3
1.1.1.2. Capacitores	4
1.1.1.2.1. Capacitores	
cerámicos.....	4
1.1.1.2.2. Capacitores	
electrolíticos	5
1.1.1.3. Bobina.....	5
1.1.1.3.1. Relay	5
1.1.1.4. <i>Push-button</i>	6
1.1.1.5. Teclado matricial	7
1.1.1.6. Oscilador cristal de cuarzo	7

1.1.2.	Motores	8
1.1.2.1.	Motor DC	8
1.1.2.2.	Servomotor	9
1.1.2.3.	Cargas AC	9
1.1.2.3.1.	Motores AC	10
1.1.3.	Componentes electrónicos activos	11
1.1.3.1.	Fuente de voltaje	11
1.1.3.1.1.	Fuente de voltaje DC	11
1.1.3.1.2.	Fuente de voltaje AC	12
1.1.4.	Semiconductores	12
1.1.4.1.	Diodos	12
1.1.4.2.	Led	13
1.1.4.2.1.	Led RGB	13
1.1.4.2.2.	<i>Display</i> de 7 segmentos	14
1.1.4.3.	Pantalla LCD	14
1.1.4.4.	Transistor	15
1.1.4.4.1.	Transistor Darlington	16
1.1.4.5.	TRIAC	17
1.1.4.6.	Sensor de temperatura LM35	18
1.1.5.	Circuitos Integrados	18
1.1.5.1.	Optoacoplador	19
1.1.5.2.	Decodificador BCD a 7 segmentos	19
1.2.	Microcontrolador	21
1.2.1.	PICMicro	21
1.2.2.	Programación	23
1.2.2.1.	El compilador MikroC PRO	23
1.2.2.1.1.	Lenguaje de programación C	24

1.3.	Simulación de circuitos electrónicos.....	25
1.3.1.	El simulador ISIS de Proteus.....	25
1.4.	PCB.....	26
1.4.1.	Componentes del PCB	27
1.4.1.1.	Pistas	27
1.4.1.2.	<i>Holes</i>	27
1.4.1.3.	Vías.....	27
1.4.1.4.	<i>Footprints</i>	28
1.4.1.5.	<i>Antisolder</i>	28
1.4.2.	Programas de diseño PCB	28
1.4.2.1.	DipTrace	28
1.4.3.	Manufactura automatizada PCB.....	29
1.4.3.1.	Bay Area Circuits.....	29
1.4.4.	Fijar los componentes al PCB	30
1.4.4.1.	Camitas.....	30
1.4.4.2.	Conectores SIL.....	31
1.4.4.3.	Bornera	31
1.4.5.	Tornillos de plástico	32
1.5.	Bluetooth.....	32
1.5.1.	Funcionamiento Bluetooth.....	33
1.5.2.	Configuración Bluetooth	34
1.6.	Android.....	34
1.6.1.	Aplicación móvil	35
1.6.1.1.	<i>Software</i> de desarrollo apps.....	36
1.6.1.1.1.	MIT App Inventor	36
2.	DISEÑO	39
2.1.	Descripción del sistema	39
2.1.1.	Microcontrolador PIC16F877A	40

2.2.	Circuitos electrónicos.....	42
2.2.1.	Circuitos básicos del PIC.....	43
2.2.1.1.	Circuito de alimentación.....	43
2.2.1.2.	Circuito MCLR y reinicio del PIC.....	44
2.2.1.3.	Circuito de oscilación	45
2.2.2.	Circuitos de control del sistema.....	46
2.2.2.1.	Circuito control manual.....	47
2.2.2.2.	Circuito control serial.....	48
2.2.3.	Visualización de datos.....	49
2.2.3.1.	Circuito pantalla LCD	49
2.2.4.	Circuitos sensores	50
2.2.4.1.	Circuito sensor de luz.....	50
2.2.4.2.	Circuito sensor de temperatura.....	52
2.2.5.	Circuitos de entradas y salidas de datos.....	53
2.2.5.1.	Circuito teclado matricial 4x4	53
2.2.5.2.	Circuito led RGB.....	54
2.2.5.3.	Circuito decodificador BCD a 7 segmentos.....	55
2.2.6.	Circuitos actuadores y potencia	57
2.2.6.1.	Circuito <i>relay</i>	57
2.2.6.2.	Circuito optoacoplador	58
2.2.6.3.	Circuito servomotor	60
2.2.6.4.	Circuito control de motor DC con puente H.....	61
2.3.	Integración del sistema.....	62
2.3.1.	Programación	64
3.	IMPLEMENTACIÓN.....	67
3.1.	PCB.....	67

3.1.1.	Diseño del PCB.....	67
3.1.2.	Manufactura del PCB.....	72
3.1.3.	Componentes fijos y móviles del PCB.....	74
3.2.	Aplicación Android	80
3.2.1.	Desarrollo de la aplicación.....	80
3.2.2.	Aplicación en el celular	84
4.	OPERACIÓN.....	87
4.1.	Inicialización del sistema	87
4.1.1.	Operación de los circuitos básicos del PIC	87
4.1.2.	Operación del circuito pantalla LCD	89
4.2.	Interfaces de control del sistema	91
4.2.1.	Manual	91
4.2.2.	Inalámbrico	93
4.2.2.1.	Emparejar dispositivos Bluetooth	93
4.2.2.2.	Inicializar la aplicación.....	94
4.3.	Operación del sistema	95
4.3.1.	Operación del circuito sensor de luz	95
4.3.2.	Operación del circuito sensor de temperatura	97
4.3.3.	Operación del circuito teclado matricial 4x4	98
4.3.4.	Operación del circuito led RGB	99
4.3.5.	Operación del circuito decodificador BCD a 7 segmentos	100
4.3.6.	Operación del circuito relevador	101
4.3.7.	Operación del circuito optoacoplador	103
4.3.8.	Operación del circuito servomotor	105
4.3.9.	Operación del circuito de control de motor DC	107

CONCLUSIONES..... 113
RECOMENDACIONES 115
BIBLIOGRAFÍA..... 117
APÉNDICE 119

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Resistencias bobinadas de varios valores	2
2.	Potenciómetro de 5 k Ω	3
3.	Fotorresistencia	3
4.	Capacitor cerámico de 15 pF.....	4
5.	Capacitor electrolítico de 16 V y 1 000 μ F.....	5
6.	<i>Relay</i>	6
7.	<i>Push-button</i> de 2 pines.....	6
8.	Teclado matricial de 4 líneas x 4 columnas.....	7
9.	Oscilador cristal de cuarzo de 20 MHz.....	7
10.	Motor DC.....	8
11.	Servomotor	9
12.	Bombilla AC	10
13.	Motor AC.....	10
14.	Cargador de 5 VDC	11
15.	Conexión por cable a una red doméstica de 120 VAC	12
16.	Diodo	13
17.	Led RGB	13
18.	<i>Display</i> de 7 segmentos	14
19.	LCD de 2 líneas x 16 columnas y de 4 líneas x 20 columnas.....	15
20.	Transistor NPN 2N3904.....	16
21.	Transistor Darlington NPN TIP111	16
22.	Transistor Darlington PNP TIP117	17
23.	TRIAC BTA16	17

24.	Sensor de temperatura LM35.....	18
25.	Optoacoplador MOC3021.....	19
26.	Circuito integrado 74LS48.....	19
27.	Microcontrolador PIC 16F877A.....	21
28.	Programador de PIC iCP03.....	22
29.	El compilador MikroC PRO.....	24
30.	El simulador ISIS de Proteus.....	26
31.	DipTrace PCB Layout.....	29
32.	Camita para circuito integrado de 14 pines.....	30
33.	Conectores SIL macho hembra y macho-macho.....	31
34.	Bornera de 2 pines.....	32
35.	Tornillos de plástico.....	32
36.	Módulo Bluetooth HC-05.....	34
37.	MIT APP Inventor.....	37
38.	Diagrama de bloques de la estructura del sistema.....	39
39.	Diagrama de pines del PIC16F877A.....	40
40.	Presentación del PIC16F877A en Proteus.....	41
41.	Diagrama del circuito de alimentación.....	44
42.	Simulación del circuito de MCLR y reinicio del PIC.....	45
43.	Simulación del circuito de oscilación.....	46
44.	Simulación del control manual.....	47
45.	Simulación del control serial.....	48
46.	Simulación del circuito LCD con pantalla 2x16.....	50
47.	Simulación del circuito sensor de luz.....	51
48.	Simulación del circuito de sensor de temperatura.....	52
49.	Simulación del circuito teclado matricial.....	54
50.	Simulación del circuito led RGB.....	55
51.	Simulación del circuito decodificador BCD a 7 segmentos.....	56
52.	Simulación del circuito <i>relay</i>	58

53.	Simulación de circuito optoacoplador	59
54.	Simulación del circuito servomotor	60
55.	Simulación de circuito control de motor DC con puente H.....	62
56.	Simulación de la integración del sistema	63
57.	Diagrama de flujo del programa del PIC	66
58.	Vista frontal contraste del PCB.....	68
59.	Vista frontal del PCB.....	69
60.	Vista trasera contraste del PCB.....	70
61.	Vista trasera del PCB	71
62.	Vista superior del PCB.....	72
63.	Vista inferior del PCB.....	73
64.	Placa con dispositivos fijos y conectores	77
65.	Vista trasera de la placa soldada	78
66.	Placa con tornillos de plástico	78
67.	Placa con los componentes superiores montados.....	79
68.	Placa encendida y conectada a todos los componentes	79
69.	Diseño pantalla 1	81
70.	Código de bloques pantalla 1	81
71.	Diseño pantalla 2	82
72.	Código de bloques pantalla 2	83
73.	Aplicación en el celular	85
74.	Funcionamiento de los circuitos básicos de la placa	88
75.	Funcionamiento del circuito pantalla LCD	89
76.	Placa de pruebas encendida con todos los componentes	90
77.	Control manual.....	91
78.	Procedimiento de emparejamiento con el módulo Bluetooth.....	94
79.	Procedimiento para iniciar la aplicación	95
80.	Funcionamiento sensor de luz.....	96
81.	Funcionamiento sensor de temperatura.....	97

82.	Componentes que se pueden probar en el circuito teclado matricial 4x4	98
83.	Funcionamiento teclado matricial 4x4	98
84.	Funcionamiento led RGB	99
85.	Funcionamiento BCD <i>display</i> 7 segmentos	101
86.	Funcionamiento <i>relay</i> encendido.....	102
87.	Funcionamiento relay apagado	102
88.	Funcionamiento optoacoplador apagado	103
89.	Funcionamiento optoacoplador encendido	104
90.	Funcionamiento servomotor secuencia horario	105
91.	Funciona intermedia del servomotor detenido	106
92.	Funcionamiento servomotor secuencia antihorario	107
93.	Funcionamiento puente H secuencia horario.....	108
94.	Funcionamiento puente H detenido.....	108
95.	Funcionamiento puente H secuencia antihorario.....	109
96.	Placa electrónica de pruebas didácticas	111

TABLAS

I.	Tabla de verdad decodificación BCD a 7 segmentos	20
II.	Asignación de pines del PIC.....	42
III.	Componentes del circuito de alimentación.....	43
IV.	Componentes del circuito de MCLR y reinicio del PIC	45
V.	Componentes del circuito de oscilación	46
VI.	Simulación del circuito de control manual	47
VII.	Componentes del circuito de control serial	48
VIII.	Componentes del circuito pantalla LCD	49
IX.	Componentes del circuito sensor de luz	51
X.	Componentes del circuito de sensor de temperatura	52

XI.	Componentes del circuito teclado matricial 4x4	53
XII.	Componentes del circuito led RGB	55
XIII.	Componentes del circuito decodificador BCD a 7 segmentos	56
XIV.	Componentes del circuito relevador	57
XV.	Componentes del circuito optoacoplador	59
XVI.	Componentes del circuito servomotor	60
XVII.	Componentes del circuito control de motor DC con puente H	61
XVIII.	Bytes de control del sistema.....	64
XIX.	Componentes electrónicos fijos y móviles.....	75
XX.	Bytes de control	84
XXI.	Componentes que se pueden probar en los circuitos básicos del PIC	88
XXII.	Componentes que se pueden probar en el circuito LCD	89
XXIII.	Orden de las funciones del sistema usando el control manual.....	92
XXIV.	Componentes que se pueden probar en el circuito LDR	96
XXV.	Componentes que se pueden probar en circuito temperatura	97
XXVI.	Componentes que se pueden probar en el circuito led RGB.....	99
XXVII.	Componentes que se pueden probar en el circuito decodificador BCD a 7 segmentos.....	100
XXVIII.	Componentes que se pueden probar en el circuito relevador	101
XXIX.	Componentes que se pueden probar en el circuito optoacoplador.....	103
XXX.	Componentes que se pueden probar en el circuito Servomotor.....	105
XXXI.	Componentes del circuito de control de motor DC.....	107
XXXII.	Componentes que se pueden probar en el sistema.....	110

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amperio
L	Bobina
C	Capacitor
cm	Centímetro
bit	Dígito binario, puede ser 0 o 1
F	Faradios
GHz	Giga Hertz
H	Henrio
Hz	Hertz
kΩ	Kilo ohmios
MHz	Mega Hertz
m	Metro
uC	Microcontrolador
uF	Microfaradios
mm	Milímetro
mW	Mili watt
-	Negativo
Ω	Ohmio
pF	Picofaradios
+	Positivo
R	Resistencia
byte	Unidad digital de información de 8 bits
V	Voltio

W

Watt

GLOSARIO

2D	Bidimensional.
3D	Tridimensional.
AC	Corriente Alterna.
ADC	Convertor analógico a digital.
AN	Analógico.
<i>Antisolder</i>	Anti-soldadura.
APK	Paquete de Android.
App	Aplicación.
Banda ISM	La banda de radio industrial, científica y médica.
BCD	Decimal codificado en binario.
BMP	Imagen de mapa de bits.
CDMA	Acceso múltiple por división de código de banda ancha.

CLK0	Reloj 0.
CLK1	Reloj 1.
CNC	Maquina de control numérico por computadora, utilizada para realizar acciones en base a movimientos en coordenadas.
ASCII	Código Estándar Americano para Intercambio de Información.
D	Digital.
<i>Datasheets</i>	Hojas de datos.
DC	Corriente directa.
<i>Display</i>	Visualizador.
<i>Footprints</i>	Huellas.
<i>Gate</i>	Compuerta.
GIF	Formato de intercambio de gráficos.
GSM EDGE	Sistema global para comunicaciones móviles mejorado.
<i>Hardware</i>	Material informático.

Hex	Hexadecimal.
Hole	Agujero.
HSPA+	Acceso a paquetes de alta velocidad evolucionado.
IC	Circuito integrado.
JPEG	Grupo conjunto de expertos en fotografía.
LCD	Pantalla de cristal líquido.
LDR	Resistencia dependiente de la luz.
LED	Diodo emisor de luz.
RGB	Rojo, verde y azul.
LTE	Red de telecomunicación de evolución a largo plazo.
MCLR	Master clear.
Memoria OTP	Memoria programable de una sola vez.
Memoria <i>Flash</i>	Medio de almacenamiento de memoria de computadora no volátil electrónico que se puede borrar y reprogramar eléctricamente.
MIDI	Interfase digital de instrumentos musicales.

MMS	Servicio de mensajería multimedia.
MOC	Optoacoplador encapsulado en un circuito integrado de 6 pines.
MP3	Un medio para comprimir una secuencia de sonido en un archivo muy pequeño, para permitir el almacenamiento y la transmisión digital.
MPEG-4	Grupo de estándares internacionales para la compresión de audio digital y datos visuales, sistemas multimedia y formatos de almacenamiento de archivos.
NPN	Negativo-Positivo-Negativo.
PCB	Placa de circuito impreso.
PIC	Circuito integrado programable.
Pin	Pata de circuito integrado.
PNG	Gráfico de red portátil.
PNP	Positivo-Negativo-Positivo
<i>Protoboard</i>	Tablero de circuitos.
<i>Pull-up</i>	Pulsador activo en alto.

<i>Push-button</i>	Botón pulsador.
PWM	Modulación por ancho de pulsos.
RAM	Memoria de acceso aleatorio.
REF+	Voltaje de referencia positivo.
<i>Relay</i>	Relé.
RS232	Estándar Recomendado 232.
RX	Receptor.
SIL	En línea simple.
SMS	Servicio de mensajes cortos.
<i>Socket</i>	Dispositivo de soporte mecánico utilizado para fijar y conectar los circuitos integrados a la placa de circuito impreso.
<i>Software</i>	programas y otra información operativa utilizada por una computadora.
<i>Streaming</i>	un método de transmisión o recepción de datos, especialmente material de video y audio en tiempo real.

Switch case	Caso interruptor.
Timer	Temporizador.
TX	Transmisor.
UMTS	Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles.
USART	Receptor y transmisor asíncrono universal.
USB	Bus serie universal.
VAC	Voltaje de corriente alterna.
VDC	Voltaje de corriente directa.
VDD	Suministro de drenaje.
VPP	Tensión de programación o borrado.
VSS	suministro de fuente.
WAV	Formato de archivo de audio de forma de onda.
WEB	World wide web.
Wifi	Tecnología que permite la interconexión inalámbrica de dispositivos electrónicos.

WPAN

Redes Inalámbricas de Área Personal.

RESUMEN

Este trabajo describe paso a paso la elaboración de una placa electrónica de pruebas, en la que se pueden probar una gran variedad de componentes electrónicos de una forma sencilla y a la vez aprender electrónica mediante la práctica.

Comienza presentando la base teórica de los componentes del sistema y las distintas herramientas que se utilizaron para diseñar e implementar el proyecto.

Se presenta el diseño del proyecto por partes, o sea los diferentes circuitos electrónicos individualmente y de cómo todos estos se integran al sistema, a través de explicaciones, diagramas y tablas que presentan los diferentes componentes que lo conforman, para una mejor comprensión del proyecto.

Para asegurar el correcto funcionamiento del sistema, se utilizó *software* de simulación para interactuar y probar los circuitos.

Se presenta la implementación de la placa, mediante diseños de placa impresa y la elaboración de esta, así como el desarrollo e implementación de las interfaces de control.

Incluye la operación del sistema, en el que se explica la forma de utilizarlo, muestra su funcionamiento y los componentes que se pueden probar en la placa.

OBJETIVOS

General

Diseñar e implementar una placa electrónica con fines de pruebas y didácticos.

Específicos

1. Integrar circuitos que sean de utilidad para probar una amplia variedad de componentes electrónicos.
2. Establecer interfaces de control de actualidad y amigables al usuario.
3. Exponer la operación y el funcionamiento de la placa electrónica implementada.
4. Hacer una herramienta útil para la sociedad y la Universidad de San Carlos de Guatemala como agradecimiento por mi formación académica.

INTRODUCCIÓN

En el campo de la electrónica usualmente se encuentra con el inconveniente de no saber si los dispositivos electrónicos funcionan correctamente. Para poder probarlos, usualmente se busca información en manuales de usuario o *datasheets* en búsqueda de diagramas que por lo general conlleva el uso de otros componentes electrónicos, y además es necesario el uso de *protoboards* o placas y fuentes de voltaje, lo que implica un gasto de tiempo y recursos extra.

La placa electrónica de pruebas pretende terminar con esta situación, permitiendo que el usuario pueda comprobar rápidamente si sus componentes en realidad funcionan o no, simplemente reemplazándolos por los que tiene la placa electrónica de pruebas.

El usuario aprende observando, haciendo pruebas heurísticas. Suele suceder en la electrónica que se necesita un resultado práctico específico y es mediante la observación que el usuario determina realmente cuales son los valores de los componentes electrónicos que precisa utilizar.

1. MARCO TEÓRICO

El presente capítulo describe en aspectos generales los fundamentos teóricos necesarios para la elaboración y comprensión del proyecto. Se presentan los componentes y herramientas utilizados en el diseño e implementación del sistema.

Para que el lector se familiarice tanto con el *hardware* como con el *software* utilizado en el proyecto, las figuras presentadas son fotos de los componentes y herramientas reales que se utilizaron en la elaboración de este.

A continuación, se presentan dichos componentes por categorías:

1.1. Componentes electrónicos

Los componentes electrónicos son aquellos dispositivos que forman parte de un circuito electrónico. Estos componentes se pueden clasificar en pasivos, activos, semiconductores, optoelectrónicos, electromagnéticos, entre otros. Se diseñan para ser conectados entre ellos, normalmente mediante soldadura, a un circuito impreso, para formar el circuito deseado.

1.1.1. Componentes electrónicos pasivos

Los componentes electrónicos pasivos son elementos que actúan como cargas de manera que no generan ni amplifican la señal. Con estas características, los principales elementos pasivos son las resistencias, las bobinas y los condensadores.

1.1.1.1. Resistencia

La resistencia es la mayor o menor oposición que presenta el elemento del circuito al paso de la corriente eléctrica. Se representa con la letra R y su valor se mide en Ohmios Ω .

En cuanto a los tipos de resistencia, podemos distinguir:

1.1.1.1.1. Resistencias bobinadas

Consisten en un cilindro cerámico sobre el que se enrolla un hilo de una determinada resistividad. Se emplean en las zonas de circuitos que necesitan gran disipación de potencia.

Figura 1. Resistencias bobinadas de varios valores

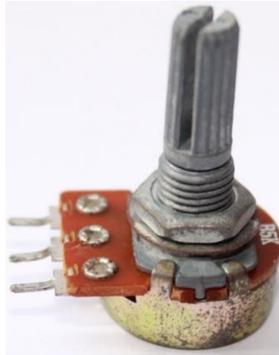


Fuente: elaboración propia.

1.1.1.1.2. Potenciómetro

Los potenciómetros son resistencias variables que, por tanto, permiten adaptar su valor según las necesidades y, en consecuencia, manipular la señal que hay en el circuito. Un ejemplo de uso de este tipo de resistencias es el volumen de un equipo de música.

Figura 2. **Potenciómetro de 5k Ω**

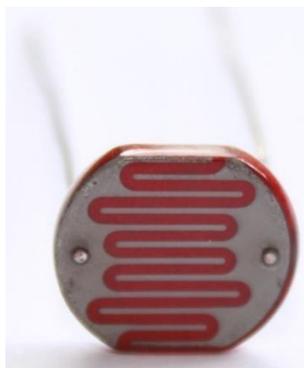


Fuente: elaboración propia.

1.1.1.1.3. **Fotorresistencia**

También llamada LDR por sus siglas en inglés, una fotorresistencia es un resistor sensible a la luz que incide en ella. Una fotorresistencia presenta un bajo valor de su resistencia ante la presencia de luz, y, un alto valor de resistencia ante la ausencia de luz.

Figura 3. **Fotorresistencia**



Fuente: elaboración propia.

1.1.1.2. Capacitores

Los capacitores o condensadores son componentes capaces de almacenar temporalmente cargas eléctricas. Están formados por dos superficies metálicas denominadas armaduras que se encuentran separadas por un medio aislante denominado dieléctrico. La capacidad se representa con la letra C y su unidad de medida es el faradio F.

En lo referente a los tipos de condensador, se pueden distinguir los siguientes:

1.1.1.2.1. Capacitores cerámicos

Son capacitores que presentan pérdidas casi nulas, pero son muy sensibles a la temperatura y a variaciones de voltaje.

Figura 4. **Capacitor cerámico de 15pF**



Fuente: elaboración propia.

1.1.1.2.2. Capacitores electrolíticos

Son capacitores que pueden tener gran capacidad, aunque presentan una tensión de ruptura baja. Son condensadores polarizados, por lo que hay que conectarlos con la polaridad correcta ya que en caso contrario pueden estallar. Son los condensadores más usados, fundamentalmente como filtros.

Figura 5. **Capacitor electrolítico de 16 V y 1 000 uF**



Fuente: elaboración propia.

1.1.1.3. Bobina

Cuando una corriente circula por un circuito crea un campo magnético ligado al propio circuito que varía cuando lo hace dicha corriente. Por tanto, se induce una fuerza electromotriz. La relación entre la fuerza electromotriz inducida y las variaciones de intensidad viene dada por el coeficiente de autoinducción, que se representa por la letra L y tiene unidades de henrio H. Este efecto se modela mediante las bobinas.

1.1.1.3.1. Relay

Los *relays* también conocidos como relevadores, son dispositivos electromecánicos, que tienen un electroimán, que es una bobina de alambre aislado con núcleo de hierro, que al polarizarse con una corriente, se cierra o se abre un circuito eléctrico por medio de uno o varios contactos.

Los relevadores son ideales para aislar los circuitos de potencia con la etapa de control electrónico.

Figura 6. **Relay**



Fuente: elaboración propia.

1.1.1.4. **Push-button**

Un *push-button* o pulsador, es un *switch* que cambia su estado, o sea se cierra o se abre al mantenerlo pulsado.

Figura 7. **Push-button de 2 pines**



Fuente: elaboración propia.

1.1.1.5. Teclado matricial

Los teclados matriciales consisten en un arreglo de pulsadores alineados en filas y columnas, minimizando el número de conexiones eléctricas. En la siguiente imagen se puede ver la apariencia física de un teclado matricial de 4x4.

Figura 8. Teclado matricial de 4 líneas x 4 columnas



Fuente: elaboración propia.

1.1.1.6. Oscilador cristal de cuarzo

El cristal de cuarzo es utilizado como un componente fuente de reloj o sincronía, ya que puede controlar la frecuencia de circuitos osciladores convirtiendo las vibraciones mecánicas en voltajes eléctricos a una frecuencia específica.

Figura 9. Oscilador cristal de cuarzo de 20MHz



Fuente: elaboración propia.

1.1.2. Motores

Los motores son dispositivos, cuya función es convertir la energía eléctrica en energía mecánica. Esto lo consiguen por medio de la acción que los campos magnéticos generan en las bobinas. Éstas son máquinas que están compuestas principalmente por un estator y un rotor.

1.1.2.1. Motor DC

Los motores eléctricos de corriente directa, también conocidos como motor DC por sus siglas en inglés, se inventaron antes que la corriente alterna, sin embargo, actualmente se usan con menos frecuencia. Este tipo de motor convierte la energía eléctrica en mecánica por medio de un movimiento rotatorio, dicho movimiento es generado como consecuencia del campo magnético.

Figura 10. Motor DC

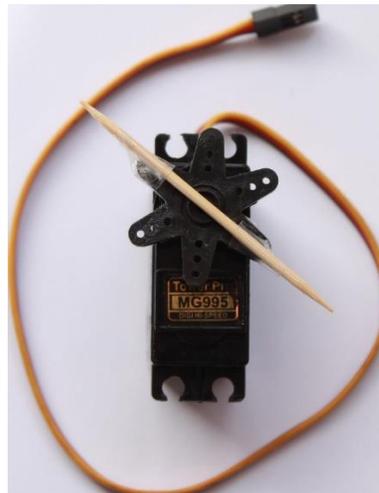


Fuente: elaboración propia.

1.1.2.2. Servomotor

Los servomotores son sistemas integrados que tienen un control de posición angular, y un sistema mecánico de piñones para ofrecer mayor fuerza, pero menor velocidad. Un servomotor tiene incorporado un control de posición angular, que puede ser gobernado por medio de una señal PWM. Las aplicaciones de los servomotores están desde la robótica hasta los modelos a escala como aviones, helicópteros y carros. Los servomotores cuentan con un terminal de tres pines para la alimentación, la referencia y la señal de control PWM.

Figura 11. Servomotor



Fuente: elaboración propia.

1.1.2.3. Cargas AC

Las cargas AC son considerados todos los equipos eléctricos que requieren de un voltaje AC para funcionar, comúnmente de 110 VAC.

Figura 12. **Bombilla AC**

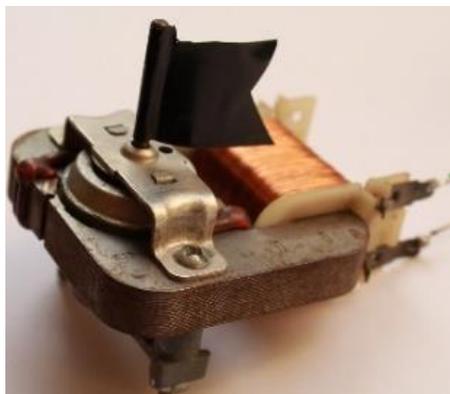


Fuente: elaboración propia.

1.1.2.3.1. **Motores AC**

Los motores de corriente alterna o motores AC por sus siglas en inglés, son alimentados por corrientes alternas, que funcionan por medio de alimentación eléctrica. Este motor convierte la energía eléctrica en fuerzas de giro por medio de la acción mutua de los campos magnéticos.

Figura 13. **Motor AC**



Fuente: elaboración propia.

1.1.3. Componentes electrónicos activos

Los componentes activos son capaces de generar, modificar y amplificar el valor de una señal eléctrica. Entre ellos destacamos las fuentes de voltaje y corriente, así como los dispositivos semiconductores.

1.1.3.1. Fuente de voltaje

Se encarga de proporcionar energía eléctrica con una determinada tensión de voltaje cuyo valor es independiente de la corriente que pasa a través de él.

Existen distintos tipos de fuente de voltaje, entre las más comunes tenemos:

1.1.3.1.1. Fuente de voltaje DC

Fuente de voltaje DC entrega voltaje de corriente directa. Podemos encontrarlos en los cargadores de equipos electrónicos, estos se conectan a la red eléctrica doméstica AC y mediante una transformación y rectificación de voltaje, bajan y convierten el voltaje de 120 VAC a distintos valores de voltaje en corriente directa, como por ejemplo a 5 VDC.

Figura 14. **Cargador de 5 VDC**

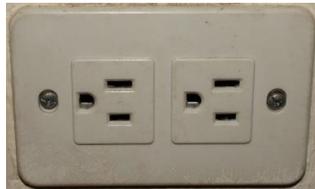


Fuente: elaboración propia.

1.1.3.1.2. Fuente de voltaje AC

Una fuente de voltaje AC por sus siglas en inglés, entrega voltaje de corriente alterna. Para fines prácticos, podemos encontrarlas por ejemplo, en las redes eléctricas domésticas de uso comercial.

Figura 15. **Conexión por cable a una red doméstica de 120 VAC**



Fuente: elaboración propia.

1.1.4. Semiconductores

Los materiales semiconductores son aquellos materiales que a temperatura ambiente tienen una resistencia que se halla comprendida entre la de los metales y la de los aislantes. Sin embargo, al aplicar sobre ellos un reducido aporte de energía empiezan a conducir. Este fenómeno se emplea para construir dispositivos activos como diodos o transistores, entre otros.

1.1.4.1. Diodos

Sus terminales se denominan ánodo A y cátodo K, el diodo se caracteriza por conducir en un solo sentido, el que corresponde a una polarización directa. Esto se produce cuando la tensión del ánodo supera a la del cátodo en un valor mayor o igual a una tensión umbral. Cuando esto no sucede, se dice que está polarizado en inversa y, en este caso, no deja pasar la corriente.

Figura 16. **Diodo**



Fuente: elaboración propia.

1.1.4.2. Led

Un diodo emisor de luz, conocido como led por sus siglas en inglés, son diodos luminiscentes ya que, en ellos, la energía liberada se irradia en forma de luz. Existen led de diferentes formas, tamaños y colores y son muy empleados en circuitos electrónicos.

1.1.4.2.1. Led RGB

Es un diodo emisor de luz que puede emitir tres colores distintos de luz rojo, verde, azul y combinaciones entre estos según su polarización e intensidad. Pueden ser de ánodo o cátodo común.

Figura 17. **Led RGB**

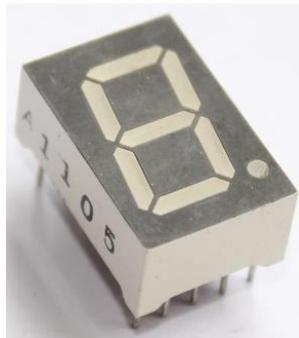


Fuente: elaboración propia.

1.1.4.2.2. **Display de 7 segmentos**

Un *display* 7 segmentos es un dispositivo que permite visualizar un número limitado de caracteres esencialmente numéricos, sin embargo, es posible visualizar unos pocos caracteres más como: b, d, E, A, o, F, C, -. Los *display* 7 segmentos son un arreglo de diodos led, organizados de tal forma que permiten visualizar los caracteres según los segmentos que estén activos. Los *displays* de 7 segmentos tienen una designación estándar de cada segmento que es consecutiva de la a hasta la g.

Figura 18. **Display de 7 segmentos**



Fuente: elaboración propia.

Los *display* de 7 segmentos son fabricados en dos formatos; de ánodo común y de cátodo común.

1.1.4.3. **Pantalla LCD**

Los *display* de caracteres LCD, son módulos prefabricados que contienen controladores incluidos. Estos *displays* cuentan con un bus de datos y un bus de control.

Figura 19. **Pantallas LCD de 2 líneas x 16 columnas y de 4 líneas x 20 columnas**



Fuente: elaboración propia.

Los *displays* LCD, permiten graficar los caracteres contemplados en el código ASCII. Además del código ASCII, los *displays* LCD admiten graficar hasta 8 caracteres diseñados por el desarrollador, otra característica fundamental de los LCD es la conexión del bus de datos, físicamente tienen 8 bits, pero es posible configurar las conexiones con solo 4 bits. La conexión de 8 bits implica una mayor cantidad de cables para su uso, pero la velocidad de trabajo es mayor, por consiguiente, la conexión de 4 bits minimiza las conexiones, pero disminuye la velocidad de trabajo.

1.1.4.4. Transistor

Es un dispositivo semiconductor que puede controlar una corriente muy grande a partir de una muy pequeña. muy común en los amplificadores de audio. En general son del tipo NPN y PNP, sus terminales son: Colector, Base y Emisor.

Figura 20. **Transistor NPN 2N3904**



Fuente: elaboración propia.

1.1.4.4.1. Transistor Darlington

El transistor Darlington es un tipo especial de transistor que tiene una muy alta ganancia de corriente. Está compuesto internamente por dos transistores bipolares comunes que se conectan en cascada. Al igual que los transistores básicos, existen de dos tipos, NPN y PNP.

Figura 21. **Transistor Darlington NPN TIP111**



Fuente: elaboración propia.

Figura 22. **Transistor Darlington PNP TIP117**



Fuente: elaboración propia.

1.1.4.5. **TRIAC**

Es un semiconductor de estado sólido estos dispositivos permiten manipular cargas AC. Los TRIAC se pueden adquirir en capacidad de la máxima corriente que pueden soportar. Un TRIAC cuenta con tres terminales que son: A1, A2, y gate, los TRIAC cortocircuitan las terminales A1, y A2, cuando una corriente circula entre el *gate* y A1.

Figura 23. **TRIAC BTA16**



Fuente: elaboración propia.

1.1.4.6. Sensor de temperatura LM35

El sensor LM35, es un dispositivo activo de 3 terminales que permite adquirir la temperatura ambiente en rangos de -55 a 150 grados Celsius o centígrados. Este dispositivo es de fácil implementación dado que solo cuenta con dos terminales de polarización, y una salida de voltaje directamente proporcional a la temperatura. Este sensor puede ser polarizado de 4 a 30 voltios y tiene una salida de 10m voltios por cada grado Celsius.

Figura 24. **Sensor de temperatura LM35**



Fuente: elaboración propia.

1.1.5. Circuitos Integrados

Es una pastilla muy delgada en la que se encuentra una enorme cantidad de dispositivos microelectrónicos interconectados. Un circuito integrado o IC por sus siglas en inglés, contiene en su interior una gran variedad de componentes en miniatura. Según el IC de que se trate tendrá distintas funciones o aplicaciones, pueden ser amplificadores, contadores, multiplexores, entre otros. Sus terminales se cuentan en sentido opuesto al giro de las agujas del reloj tomando un punto de referencia.

1.1.5.1. Optoacoplador

Los MOC son dispositivos que internamente tienen un TRIAC, pero la corriente que pueden soportar es relativamente pequeña, y a su vez lo suficientemente grande para disparar otro TRIAC de mayor potencia. La compuerta *gate* de los MOC, se activa por medio de la luz emitida por un led, este también está incorporado en el mismo encapsulado.

Figura 25. Optoacoplador MOC3021



Fuente: elaboración propia.

1.1.5.2. Decodificador BCD a 7 segmentos

Este tipo de decodificador tiene por entrada las combinaciones asociadas al código BCD y siete salidas para activar los segmentos de un *display* de 7 segmentos para representar el dígito decimal correspondiente.

Figura 26. Circuito integrado 74LS48



Fuente: elaboración propia.

Hay decodificadores que emiten una salida de señal positiva como el IC 74LS48 y otros una salida negativa como el IC 74LS47.

A continuación, se presenta la tabla de verdad para una decodificación BCD a 7 segmentos, función que realiza el decodificador, recibe los números en código BCD mediante su entrada binaria de 4 bits, en 4 pines respectivamente, y los decodifica a display de 7 segmentos mediante su salida en 7 pines. A la derecha, se agrega una columna para identificar los números en formato decimal.

Tabla I. **Tabla de verdad decodificación BCD a 7 segmentos**

Entradas				Salidas							Decimal
D	C	B	A	a	b	c	d	e	f	g	números
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1
0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	2
0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	3
0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	4
0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	5
0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	6
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	7
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	8
1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	9
1	0	1	0	x	x	x	x	x	x	x	10
1	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	11
1	1	0	0	x	x	x	x	x	x	x	12
1	1	0	1	x	x	x	x	x	x	x	13
1	1	1	0	x	x	x	x	x	x	x	14
1	1	1	1	x	x	x	x	x	x	x	15

Fuente: elaboración propia.

Debido a que el display de 7 segmentos solo puede representar los números decimales de un dígito, o sea del 0 al 9, los números del 10 al 15 no tienen ninguna salida.

1.2. Microcontrolador

Un microcontrolador es un dispositivo electrónico encapsulado en un circuito de alto nivel de integración. Los microcontroladores se pueden adquirir comercialmente de diferentes casas fabricantes como: Freescale, Motorola, Intel, Philips, y Microchip.

1.2.1. PICMicro

Microchip en particular es una empresa fabricante de dispositivos electrónicos, en sus líneas de producción se encuentran los microcontroladores PICMicro, los cuales se pueden adquirir en diferentes familias.

En función de la necesidad del proyecto el desarrollador debe escoger la familia y la referencia que más se acerque a su necesidad, por ejemplo, un microcontrolador como el 16F877A cuenta con 40 pines y módulos como: *Timer*, ADC, USART, PWM, entre otros.

Figura 27. **Microcontrolador PIC 16F877A**

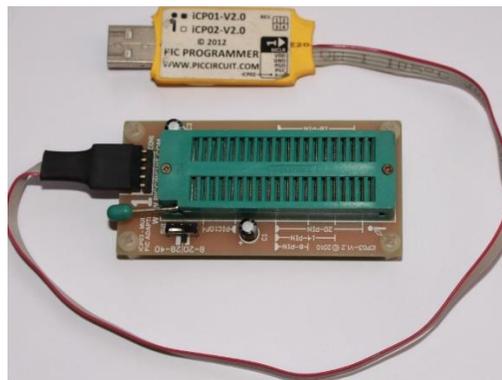


Fuente: elaboración propia.

La información técnica, la masiva comercialización y la increíble información publicada acerca de los microcontroladores PIC, los hace ideales para aprender y estudiar su funcionamiento, la empresa Microchip cuenta con el portal WEB www.microchip.com en donde se puede descargar información y aplicativos de *software* que facilitan los desarrollos con sus microcontroladores.

Básicamente implementar un desarrollo con un microcontrolador PIC consiste en identificar la problemática del desarrollo, crear editar y depurar un programa de máquina y programar eléctricamente el microcontrolador con un programador específico para los PICMicro.

Figura 28. **Programador de PIC iCP03**



Fuente: elaboración propia.

Un microcontrolador tiene una arquitectura básica que es similar a la de un computador de escritorio, cuenta con un bloque de memoria OTP o Flash en la cual se guardan las instrucciones del programa esta sección es similar al disco duro del computador, el PICMicro cuenta con una memoria RAM, que cumple las mismas funciones de la memoria RAM de un ordenador personal, el microcontrolador posee puertos de entrada y salida que son similares a los

periféricos de entrada y salida del computador tales como puertos para el ratón, impresora, monitor, teclado y demás. Estas características hacen que un microcontrolador sea ideal para crear aplicaciones a pequeña escala que tengan interfaz de usuario, adecuando teclados, botones, lectura de memorias de almacenamiento masivo, sensores de diversas variables como: temperatura, humedad, presión, luminosidad, proximidad, entre otros. De igual manera, es posible crear ambientes de visualización con displays numéricos, alfanuméricos y gráficos. Los puertos seriales como la USART y USB permiten crear comunicaciones seriales y comunicaciones inalámbricas con otros dispositivos. En síntesis, las posibilidades son infinitas.

1.2.2. Programación

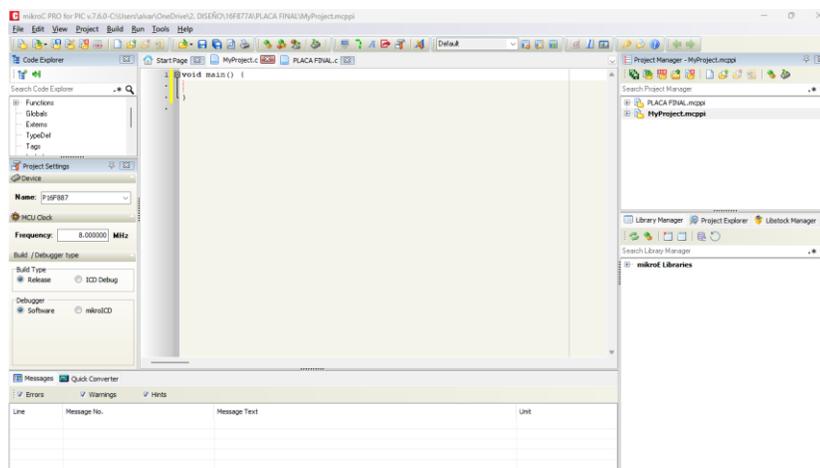
La programación de microcontroladores se basa en un código de máquina que es conocido como código ensamblador, este código contiene una a una las instrucciones del programa, este código ensamblador o también conocido como código assembler es minucioso, y tedioso de editar. El assembler crea códigos de programa extensos y de difícil comprensión. La creación de compiladores de alto nivel facilitó la edición y creación de programas en todo modo de programación lógica, por supuesto los microcontroladores no fueron la excepción, comercialmente existen varios compiladores de diferentes fabricantes y diferentes lenguajes de alto nivel.

1.2.2.1. El compilador MikroC PRO

MikroC PRO es un paquete de software con una amplia variedad de ayudas y herramientas que facilita la creación de proyectos y aplicativos para los microcontroladores PICMicro.

El estudio de este entorno de desarrollo es posible debido a que el estudiante puede descargar una versión demo o estudiantil, que tiene las mismas características de la versión completa, la única limitación es la dimensión del código de máquina que no puede exceder 2k *bytes*, sin embargo, es una capacidad suficiente al tratarse de un primer aprendizaje. La versión demo se puede descargar de la página: www.mikroe.com. En la siguiente figura se puede apreciar la apariencia visual del entorno de desarrollo.

Figura 29. **El compilador MikroC PRO**



Fuente: elaboración propia, realizado con MikroC PRO.

1.2.2.1.1. **Lenguaje de programación C**

El lenguaje C data del año 1972; fue creado por los laboratorios Bell como resultado de la necesidad de reescribir los sistemas operativos UNIX con el fin de optimizar el conocido código ensamblador. De igual manera el lenguaje C fue la evolución de lenguajes previos llamados B, y BCPL. El nuevo lenguaje C, rápidamente tomó fuerza por su funcionalidad y facilidad en la implementación en diversos sistemas computacionales que requerían códigos de máquina.

El compilador de alto nivel en lenguaje C utiliza estructuras que facilitan la programación, optimiza las operaciones matemáticas y los procesos, por medio del uso de funciones predefinidas y las no predefinidas que el desarrollador puede crear, así como el uso de un conjunto de variables, de tipo carácter, entero, y punto decimal. El compilador crea automáticamente el código ensamblador y a su vez un código similar consignado en un archivo con extensión. hex, este archivo es el resultado primordial del compilador dado que con este se programa eléctricamente el microcontrolador o con el mismo se puede realizar una simulación computacional.

1.3. Simulación de circuitos electrónicos

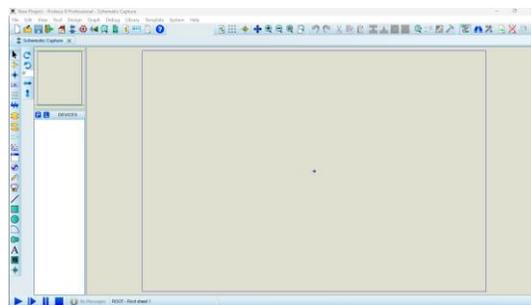
A continuación, se describen la simulación de circuitos electrónicos.

1.3.1. El simulador ISIS de Proteus

El simulador ISIS de Proteus es un poderoso paquete de *software*, desarrollado por la compañía Labcenter Electronics, que se ha posicionado desde hace más de 20 años, como una de las herramientas más útiles para la simulación de los microcontroladores PICMicro. El ISIS permite la simulación de las familias de los PICMicro más populares tales como la: 12F, 16F, 18F. Además de los PIC, el ISIS puede simular una gran variedad de dispositivos digitales y analógicos, entre los dispositivos digitales es posible simular *displays* de siete segmentos, de caracteres, y gráficos. ISIS puede simular sensores de temperatura, humedad, presión, y luminosidad, entre otros. El simulador permite, simular actuadores como: motores DC, servomotores, luces incandescentes entre otros. Es posible simular periféricos de entrada y salida como teclados, y puertos físicos del ordenador como: RS232, y USB. Este simulador cuenta con una amplia variedad de instrumentos de medición como voltímetros,

amperímetros, osciloscopios, y analizadores de señal. En conclusión, éstas y otras características hacen del ISIS de Proteus, una herramienta ideal para el diseño y estudio de los PICMicro. Una versión demostrativa del paquete de *software* se puede descargar de la página: www.labcenter.com. En la siguiente imagen se puede apreciar la apariencia visual del entorno de desarrollo del ISIS.

Figura 30. **El simulador ISIS de Proteus**



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus.

1.4. PCB

Las placas de circuito impreso o PCB por sus siglas en inglés, son una superficie que se compone de pistas, huecos y vías que están hechas de un material conductor laminado sobre una base no conductora.

Este invento revolucionó la industria de los dispositivos electrónicos, ya que proporcionó un método innovador para la interconexión de elementos sin necesidad de cables eléctricos. Básicamente es un dispositivo dónde se instalan componentes electrónicos que se conectan entre ellos.

Los PCB suelen ser el núcleo de la mayoría de los productos tecnológicos, desde los teléfonos móviles hasta los equipos de electrónica industrial más

complejos. Se suele decir que son el cerebro o el corazón de todo equipo electrónico.

1.4.1. Componentes del PCB

Las tarjetas electrónicas o PCB están compuestas por diversos componentes que se presentan a continuación.

1.4.1.1. Pistas

Son las líneas que recorren la placa electrónica. Están hechas de un material conductor, al contrario del resto de la placa, y permiten la alimentación de los componentes para su funcionamiento.

1.4.1.2. Holes

Son agujeros que se encuentran en la superficie de la placa electrónica que permiten colocar los componentes. Los componentes que van en la placa tienen unas patitas que van a través de estos para más tarde soldarlos a la placa.

1.4.1.3. Vías

Tienen un aspecto similar a los huecos, sin embargo, no son lo mismo. Las vías son las encargadas de crear conexiones entre las capas de la placa. Son los ascensores de las placas electrónicas, que permiten a la señal viajar entre capas. Hay distintos tipos de vías según el número de capas que tenga la PCB.

1.4.1.4. Footprints

También conocidas como huella, son la muestra en 2D o *footprint* de cada componente sobre el PCB, indica dónde se tiene que colocar cada componente de la tarjeta.

1.4.1.5. Antisolder

Es la pintura que va colocada encima de la placa. Existen *antisolder* de color negro, rojo, naranja, azul. Esta pintura ayuda a la fácil soldadura de los componentes a la placa. Y finalmente, gravado sobre el *antisolder*.

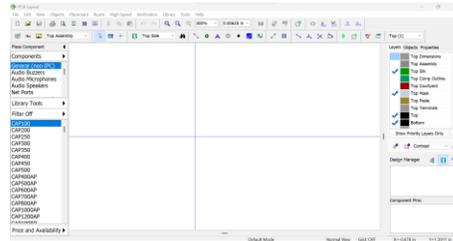
1.4.2. Programas de diseño PCB

Existen muchos programas para realizar los circuitos impresos, hay gratuitos y de pago, desde la fase de implementaciones de pruebas para estudiantes hasta para producción en masa.

1.4.2.1. DipTrace

DipTrace es un paquete de *software* para la automatización del diseño electrónico para crear diagramas esquemáticos y diseños de placas de circuito impreso. Existe una versión de prueba la cual puede descargarse gratuitamente de www.diptrace.com DipTrace tiene cuatro módulos: editor de captura de esquemas, editor de diseño de PCB con enrutador automático basado en formas incorporado y vista previa en 3D, editor de componentes y editor de patrones.

Figura 31. **DipTrace PCB Layout**



Fuente: elaboración propia, realizado con DipTrace.

1.4.3. **Manufactura automatizada PCB**

Existen producciones automatizadas para la creación rápida de PCB por medio de máquinas CNC que fabrican el diseño de PCB requerido, utilizando procesos automatizados innovadores y de alta calidad.

1.4.3.1. **Bay Area Circuits**

Bay Area Circuits es un proveedor de fabricación de placas de circuito impreso PCB de fabricantes de productos electrónicos de alta tecnología. Ofrecen una alta calidad en sus PCB lo que les da una vista más profesional y mucha más durabilidad. A través de su portal www.bayareacircuits.com puede subirse el diseño del PCB requerido para realizar una cotización, ofrecen descuentos a estudiantes siendo así una buena opción para prototipos.

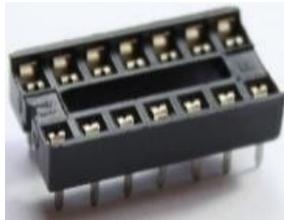
1.4.4. Fijar los componentes al PCB

Una vez se cuenta con el PCB, es necesario fijar los componentes a la placa, ya sea directamente o mediante conectores, esto se logra mediante la soldadura, típicamente soldando con cautín y estaño, se sueldan las patas o conectores de los componentes en el PCB en los lugares designados para que pueda conducir e integrarse a los circuitos implementados.

1.4.4.1. Camitas

También conocidas como porta integrados o *sockets*, son componentes que se sueldan directamente al PCB permiten montar y desmontar circuitos integrados con facilidad.

Figura 32. **Camita para circuito integrado de 14 pines**



Fuente: elaboración propia.

Existen en varios tamaños, de 14 pines como el de la figura anterior, hay más pequeños como por ejemplo de 6 pines, y también los hay más grandes y anchos como para microcontroladores de 40 pines, entre otros.

1.4.4.2. Conectores SIL

Los conectores y cabezales de paso fino SIL de 1 mm son ultra compactos, ideales para conectar componentes móviles o desmontables en un diseño compacto.

Figura 33. **Conectores SIL macho hembra y macho-macho**



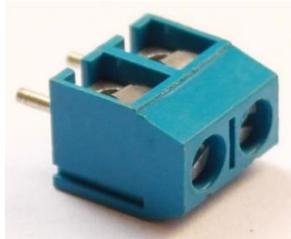
Fuente: elaboración propia.

Existen en una variedad de pines, desde 1 pin hasta filas continuas de varios pines.

1.4.4.3. Bornera

Son tipos de conectores eléctricos en los que un cable se aprisiona contra una pieza metálica mediante el uso de un tornillo, creando la posibilidad de conectar y desconectar algún elemento externo al PCB según se requiera.

Figura 34. **Bornera de 2 pines**



Fuente: elaboración propia.

1.4.5. **Tornillos de plástico**

Se utilizan en montajes de placas y funcionan como patas del PCB, para cuidarlo de daños y no haga cortocircuito si se coloca la placa sobre una superficie conductora.

Figura 35. **Tornillos de plástico**



Fuente: elaboración propia.

1.5. **Bluetooth**

El Bluetooth es un protocolo de comunicaciones que sirve para la transmisión inalámbrica de datos como fotos, música, información y voz entre

diferentes dispositivos que se hallan a corta distancia, dentro de un radio de alcance que, generalmente, es de diez metros.

El uso del Bluetooth se ha asociado a los teléfonos móviles, ya que éstos fueron de los primeros dispositivos en incorporar el protocolo. Sin embargo, esta tecnología inalámbrica se encuentra presente hoy en día no solo en dispositivos móviles, sino también en ratones, teclados, impresoras, auriculares, televisores, entre otros.

1.5.1. Funcionamiento Bluetooth

La tecnología Bluetooth transmite inalámbricamente datos y voz a través de ondas de radio que operan en la banda ISM no comercial de los 2,4 GHz. Para ello, hace uso de las Redes Inalámbricas de Área Personal, WPAN, por sus siglas en inglés. Al realizarse la transferencia por radiofrecuencia, los dispositivos no tienen la obligación de hallarse alineados.

Por otro lado, sin embargo, los equipos deben encontrarse dentro de un radio de alcance, que suele ser corto, aunque pueda variar en función del aparato. Así, se clasifican de la siguiente manera:

- Dispositivos de Clase 1: Tienen una potencia máxima permitida de 100 mW y, por tanto, un alcance de 100 metros.
- Dispositivos de Clase 2: Se caracterizan por tener un radio de alcance de entre 5 y 10 metros, dado que su potencia máxima permitida es de 2,5 mW. Estos son los más habituales.
- Dispositivos de Clase 3: Cuentan con una potencia máxima de 1 mW y un alcance de, tan sólo, un metro.

1.5.2. Configuración Bluetooth

La configuración es muy sencilla para comenzar a gozar de las ventajas que ofrece este protocolo para la transmisión de voz y datos de forma inalámbrica y gratuita.

En primer lugar, ha de activarse el Bluetooth, haciendo visibles entre sí los dispositivos que se desea conectar. Por lo general, esto se hace desde los ajustes o configuración del aparato. Seguidamente, se emparejan los equipos, la primera vez que se realiza es necesario introducir un nombre o una clave en ellos, la misma para ambos. Es importante, además, que los artefactos tengan versiones de Bluetooth compatibles para ahorrarse complicaciones en la conexión.

Figura 36. **Módulo Bluetooth HC-05**



Fuente: elaboración propia.

1.6. Android

Android es el nombre de un sistema operativo que se emplea en dispositivos móviles, por lo general con pantalla táctil. De este modo, es posible encontrar

tablets, celulares y relojes equipados con Android, aunque el *software* también se usa en automóviles, televisores y otras máquinas.

Dada la gran cantidad de dispositivos equipados con Android, ya es posible encontrar más de un millón de aplicaciones que utilizan este sistema operativo para su funcionamiento. Android también se destaca por su seguridad, ya que los expertos han detectado pocas vulnerabilidades en su estructura.

Android puede adaptarse a múltiples resoluciones de pantalla y soporta conexiones Wifi, Bluetooth, LTE, CDMA, GSM/EDGE, HSPA+ y UMTS, entre otras.

También permite el envío de mensajes MMS y SMS, cuenta con navegador WEB, posibilita el desarrollo de *streaming* y está capacitado para trabajar con archivos MP3, GIF, JPEG, PNG, BMP, WAV, MIDI, MPEG-4 y otros formatos multimedia.

1.6.1. Aplicación móvil

Una aplicación móvil, también llamada app móvil, es un tipo de aplicación diseñada para ejecutarse en un dispositivo móvil, que puede ser un teléfono inteligente o una tableta. Incluso si las aplicaciones suelen ser pequeñas unidades de *software* con funciones limitadas, se las arreglan para proporcionar a los usuarios servicios y experiencias de calidad.

A diferencia de las aplicaciones diseñadas para computadoras de escritorio, las aplicaciones móviles se alejan de los sistemas de *software* integrados. En cambio, cada aplicación móvil proporciona una funcionalidad aislada y limitada. Por ejemplo, puede ser un juego, una calculadora o un navegador WEB móvil.

Debido a los recursos de *hardware* limitados de los primeros dispositivos móviles, las aplicaciones móviles evitaban la multifuncionalidad. Sin embargo, incluso si los dispositivos que se utilizan hoy en día son mucho más sofisticados, las aplicaciones móviles siguen siendo funcionales. Así es como los propietarios de aplicaciones móviles permiten a los consumidores seleccionar exactamente las funciones que deben tener sus dispositivos.

1.6.1.1. Software de desarrollo apps

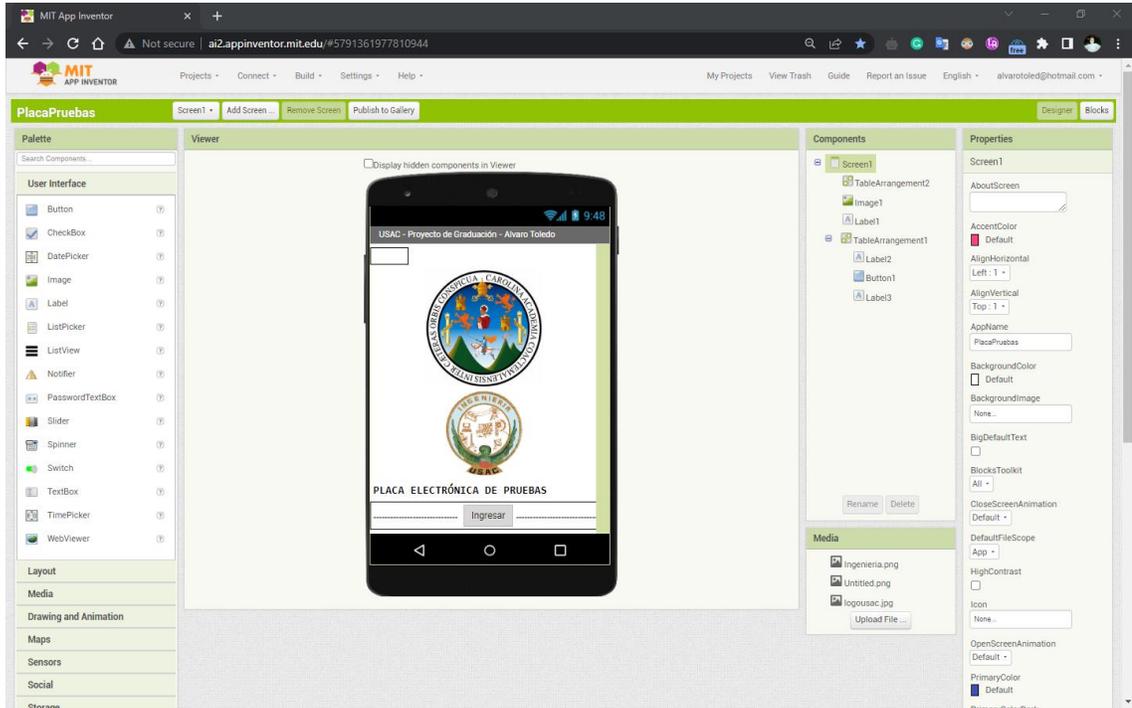
Existen distintos *softwares* y herramientas para desarrollar aplicaciones según las especificaciones que requiera su función. Hoy en día se cuentan con herramientas de desarrollo con un entorno amigable al usuario.

1.6.1.1.1. MIT App Inventor

MIT App Inventor es un entorno de desarrollo integrado de aplicaciones WEB proporcionado originalmente por Google y ahora mantenido por el Instituto de Tecnología de Massachusetts MIT. Está enfocado en la educación y pruebas para usuarios de todo el mundo por lo que se puede usar de manera gratuita y elaborar proyectos en www.appinventor.mit.edu.

En la siguiente figura se muestra el entorno de desarrollo del App Inventor desde su página WEB.

Figura 37. MIT APP Inventor



Fuente: elaboración propia, realizado con MIT App Inventor.

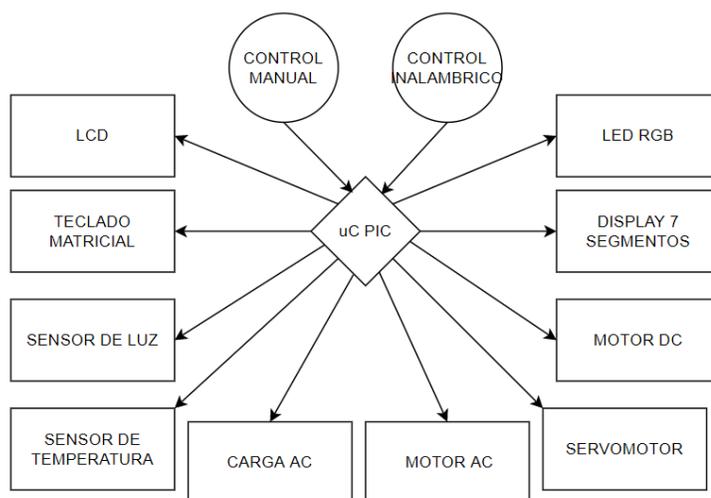
2. DISEÑO

Este capítulo muestra las consideraciones que se tomaron para diseñar el proyecto, presenta la estructura del sistema y los circuitos que lo conforman, detallando sus componentes y funciones mediante simulaciones que a la vez sirven como diagramas.

2.1. Descripción del sistema

El sistema básicamente está conformado por distintos circuitos electrónicos que son controlados por el microcontrolador PIC, además cuenta con interfaces de control donde podremos seleccionar que circuito utilizar. En la siguiente imagen se representa la estructura del sistema en un diagrama de bloques:

Figura 38. Diagrama de bloques de la estructura del sistema



Fuente: elaboración propia, realizado con draw.io.

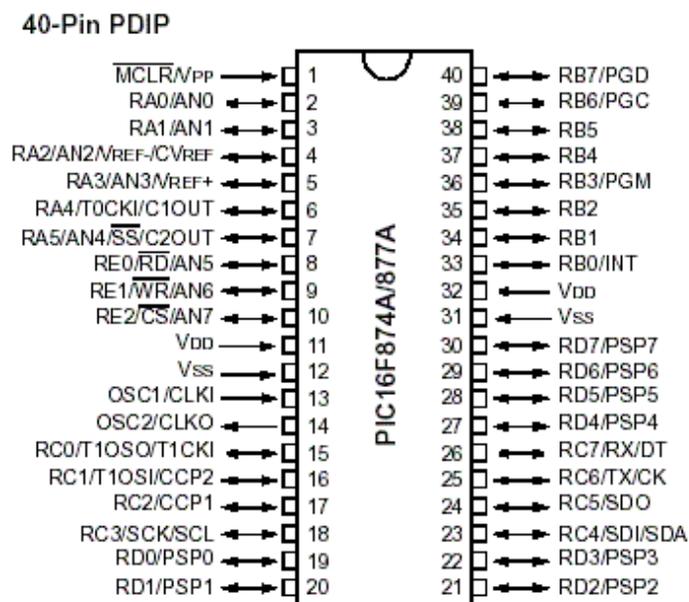
EL microcontrolador PIC es la unidad central de procesamiento del sistema, éste gobierna e integra los distintos módulos y circuitos, dando soporte y control a los distintos componentes electrónicos desde los pasivos, hasta los activos, y activación de motores y cargas AC.

2.1.1. Microcontrolador PIC16F877A

El Microcontrolador PIC16F877A es la unidad de control del sistema, el tamaño es ideal y contiene una alta densidad de pines para distintas aplicaciones, entre estos, pines analógicos, digitales, de polarización y reloj así como módulos de utilidad para el sistema como ADC, PWM y USART, todo esto a un bajo costo.

A continuación, se detallan los pines que tiene el microcontrolador PIC:

Figura 39. Diagrama de pines del PIC16F877A

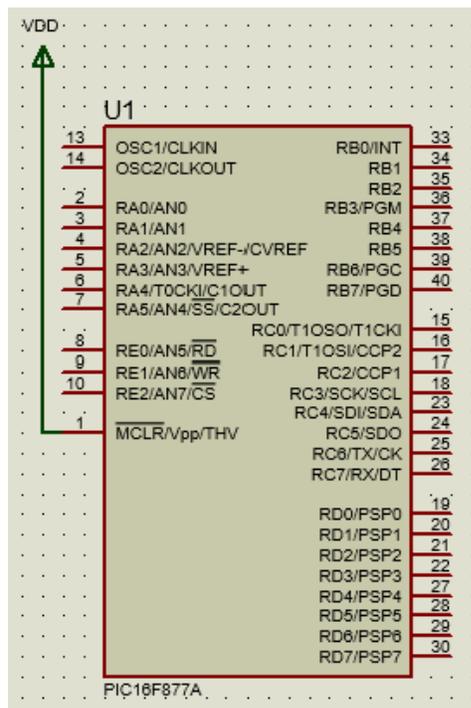


Fuente: MICROCHIP PIC16F877A. *Data Sheet*. p. 3.

Con la ayuda del programa de simulación Proteus, se simulan los circuitos para garantizar sean funcionales y representarlos gráficamente con la identificación de los componentes que lo conforman.

A continuación, se presenta el PIC16F877A en la vista del simulador Proteus, que servirá para realizar el diseño y prueba de todos los circuitos.

Figura 40. **Presentación del PIC16F877A en Proteus**



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus.

En Proteus, la representación del PIC no es física, sino que los pines se agrupan por tipo y asignación de puertos. No se muestran los 4 pines de polarización del PIC, 11, 12, 31 y 32, sino supone que el PIC ya se encuentra debidamente energizado.

2.2. Circuitos electrónicos

A continuación, se presentan los circuitos electrónicos que conforman el sistema, la siguiente tabla ordena los circuitos por tipo, nombre, cantidad de pines que utiliza, asignación de número de pines, y tipo de puertos que utiliza. Logrando aprovechar los 40 pines del microcontrolador PIC:

Tabla II. **Asignación de pines del PIC**

		Microcontrolador PIC									
Circuito		Cant. Pines	Número de pines								Tipo
Operación del PIC	Polarización	4	11	12	31	32					VDD, VSS
	MCLR y reinicio	1	1								VPP
	Oscilación	2	13	14							CLK1, CLK0
Control	Control Manual	2	6	7							D
	Serial	2	25	26							RX
Visualización de datos	Pantalla LCD	6	15	16	17	18	19	20			D
Sensores	Sensor de Luz	1	2								AN, REF+
	Sensor de Temperatura	2	3	5							AN, REF+
Entradas y salidas de datos	TECLADO	8	33	34	35	36	37	38	39	40	D
	LED RGB	3	8	9	10						D
	DISPLAY 7 segmentos	4	27	28	29	30					D
Actuadores y potencia	PUENTE H	2	21	22							D
	Servomotor	1	4								D
	RELEVADOR	1	23								D
	OPTOACOPLADOR	1	24								D
TOTAL		40									

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Estos son circuitos electrónicos básicos que buscan ser una guía para el aprendizaje del usuario quien además de probar los diferentes componentes del sistema, podrá aprender de dichos circuitos, siendo así esta placa útil como metodología práctica de electrónica.

A continuación, se presentan los circuitos electrónicos que conforman el sistema, de manera individual, esto para poder explicar mejor el funcionamiento de cada circuito, mediante descripciones y simulaciones detalladas, sin embargo el diseño final incluye todos estos circuitos, integrándolos en un mismo sistema.

2.2.1. Circuitos básicos del PIC

Para garantizar el correcto funcionamiento del microcontrolador PIC, hay ciertos circuitos básicos que debemos incluir en el diseño del PIC para que este funcione correctamente.

2.2.1.1. Circuito de alimentación

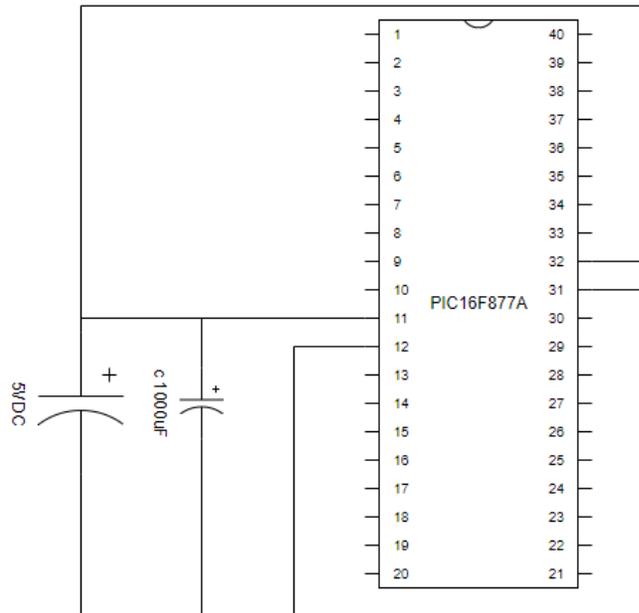
Este circuito se encarga de energizar al microcontrolador PIC para que encienda y pueda ser funcional. A continuación, se presentan los componentes del circuito utilizados y un diagrama de este:

Tabla III. **Componentes del circuito de alimentación**

Cantidad	Componente	Tipo
1	Microcontrolador PIC	16F877A
1	Fuente de voltaje DC	5VDC
1	Capacitor electrolítico	1000uF

Fuente: elaboración propia.

Figura 41. **Diagrama del circuito de alimentación**



Fuente: elaboración propia, realizado con daw.io.

El microcontrolador PIC se energiza con 5 VDC, polarizando los pines 11 y 32 positivamente, y los pines 12 y 31 negativamente. En la implementación se incluye un capacitor electrolítico de 1 000 uF en paralelo a la fuente de voltaje DC para suprimir las posibles subidas de voltaje que esta pueda generar.

2.2.1.2. **Circuito MCLR y reinicio del PIC**

Este circuito se encarga de polarizar el pin MCLR, es uno de los requisitos para que el PIC funcione, y se añade un push-button para reiniciar el PIC en caso sea necesario.

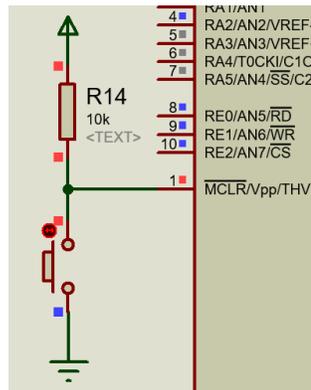
A continuación, se presentan los componentes del circuito utilizados y la simulación de este:

Tabla IV. **Componentes del circuito de MCLR y reinicio del PIC**

Cantidad	Componente	Tipo
1	Resistencia	10kΩ
1	<i>Push-button</i>	Normalmente abierto

Fuente: elaboración propia.

Figura 42. **Simulación del circuito de MCLR y reinicio del PIC**



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus.

Para que el PIC funcione, el pin 1 debe estar conectado a +5 VDC. Con un ajuste de una resistencia *pull-up* de 10 kΩ y un *push-button*, se implementa en conjunto un circuito de reinicio como medida de seguridad, pudiendo reiniciar el PIC al presionar el *push-button* en caso sea necesario debido a mal funcionamiento o que el PIC se quede trabado.

2.2.1.3. Circuito de oscilación

Este circuito se encarga de brindar la frecuencia de oscilación que necesita el microcontrolador PIC para ejecutar cada una de sus instrucciones.

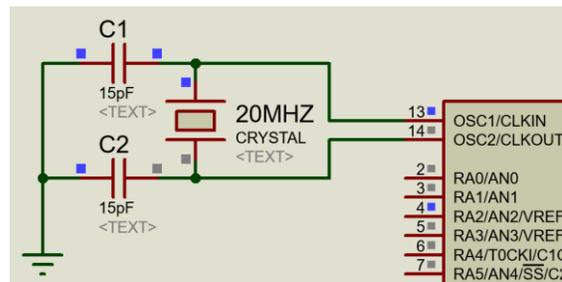
A continuación, se presentan los componentes del circuito utilizados y la simulación de este:

Tabla V. **Componentes del circuito de oscilación**

Cantidad	Componente	Tipo
1	Cristal de cuarzo	20MHz
2	Capacitores cerámicos	15pF

Fuente: elaboración propia.

Figura 43. **Simulación del circuito de oscilación**



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus.

Se utilizan los pines 13 y 14 del microcontrolador PIC para brindarle la frecuencia de oscilación necesaria, con un de cristal de cuarzo de 20MHz y 2 capacitores cerámicos de 15 pF.

2.2.2. Circuitos de control del sistema

Se ofrecen dos interfaces de control para brindar distintas opciones de como el usuario pueda controlar el sistema, dependiendo de las herramientas de las que disponga.

2.2.2.1. Circuito control manual

Este control permite recorrer las funciones del sistema, presionando alguno de los dos *push-buttons* que posee, uno para avanzar y otro para regresar. En esta modalidad, si se busca una función del sistema en específico se deberá recorrer cada una las funciones del sistema en orden, hasta encontrar la deseada.

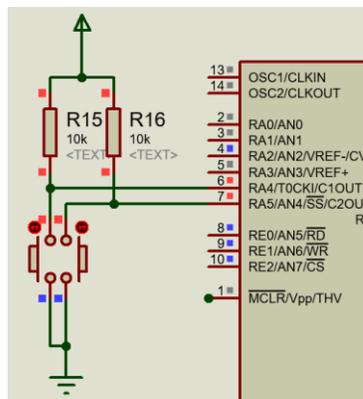
A continuación, se presentan los componentes del circuito utilizados y la simulación de este:

Tabla VI. Simulación del circuito de control manual

Cantidad	Componente	Tipo
2	Resistencias	10kΩ
2	<i>Push-buttons</i>	Normalmente abierto

Fuente: elaboración propia.

Figura 44. Simulación del control manual



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus.

Utiliza los pines 6 y 7 del microcontrolador. Con el ajuste de resistencias *pull-up* de 10 kΩ y *push-buttons*, se implementa un control hacia adelante y atrás, pudiendo recorrer los circuitos del sistema, presionando el *push-button* del pin 6 para seleccionar la siguiente función del sistema, y el *push-button* del pin 7 para seleccionar la función anterior.

2.2.2.2. Circuito control serial

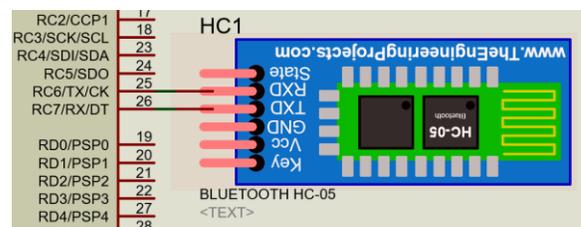
Este control permite a través del módulo USART del PIC, enviarle bits de control para seleccionar la función del sistema deseada. En esta modalidad, si se busca una función en específico, se deberá enviar el dato correspondiente al PIC por USART para visualizar la función deseada. A continuación, se presentan los componentes del circuito utilizados y la simulación de este:

Tabla VII. Componentes del circuito de control serial

Cantidad	Componente	Tipo
1	Módulo Bluetooth	HC-05
1	Fuente de voltaje DC	5VDC

Fuente: elaboración propia.

Figura 45. Simulación del control serial



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus.

Utiliza los pines del microcontrolador 25 y 26, o TX y RX respectivamente. Aunque realmente para esta aplicación solo requerimos el puerto RX, dejáremos TX conectado y reservado para alguna aplicación futura que el usuario quiera añadir, como que el PIC pueda transmitir alguna variable al usuario para reportar datos.

Se puede utilizar un módulo Bluetooth para controlar el sistema de manera inalámbrica. Además de los pines del microcontrolador debemos polarizar el módulo Bluetooth para que encienda.

2.2.3. Visualización de datos

Se incluye una interfaz visual para que el usuario pueda monitorear la operación del sistema, una pantalla LCD desplegará el nombre de cada uno de los siguientes circuitos e interactuará con estos.

2.2.3.1. Circuito pantalla LCD

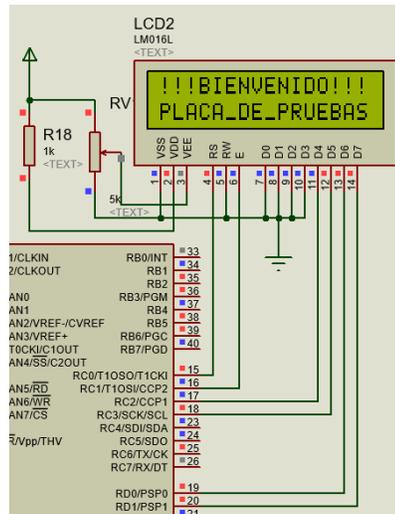
Este circuito se encarga de encender y controlar una pantalla LCD, imprimiendo distintos caracteres para verificar su funcionamiento. A continuación, se presentan los componentes del circuito utilizados y la simulación de este:

Tabla VIII. **Componentes del circuito pantalla LCD**

Cantidad	Componente	Tipo
1	Pantalla LCD	2 filas x 16 columnas o 4 filas x 20 columnas
1	Potenciómetro	5kΩ

Fuente: elaboración propia.

Figura 46. Simulación del circuito LCD con pantalla 2x16



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus.

Se utilizan los pines 15, 16, 17, 18, 19 y 20 del microcontrolador PIC para controlar la pantalla LCD. Se integra un potenciómetro para variar y ajustar el contraste de la pantalla LCD deseado.

2.2.4. Circuitos sensores

Estos utilizan el módulo ADC, convertidor de analógico a digital, para interpretar las entradas de voltaje en sus pines analógicos. Los siguientes circuitos utilizan el pin 5 para recibir el voltaje de referencia que requiere el ADC.

2.2.4.1. Circuito sensor de luz

Este circuito se encarga de probar una fotorresistencia, detectando los niveles de cambio de luz e imprimiendo los valores de la fotorresistencia en la pantalla LCD para verificar su funcionamiento.

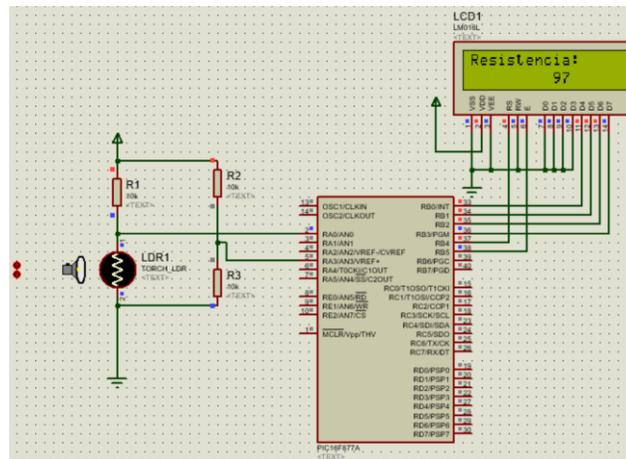
A continuación, se presentan los componentes del circuito utilizados y la simulación de este:

Tabla IX. Componentes del circuito sensor de luz

Cantidad	Componente	Tipo
1	LDR	estándar
1	Resistencia	10kΩ
2	Resistencias	330Ω

Fuente: elaboración propia.

Figura 47. Simulación del circuito sensor de luz



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus.

Se utiliza el pin 5 como fuente de voltaje de referencia utilizando un circuito divisor de voltaje con 2 resistencias de 330 Ω y utiliza el pin 2 como entrada analógica con otro divisor de voltaje formado por una fotorresistencia y una resistencia de 10 kΩ. Dependiendo de la intensidad de luz en la fotorresistencia, la pantalla LCD despliega el valor de resistencia.

2.2.4.2. Circuito sensor de temperatura

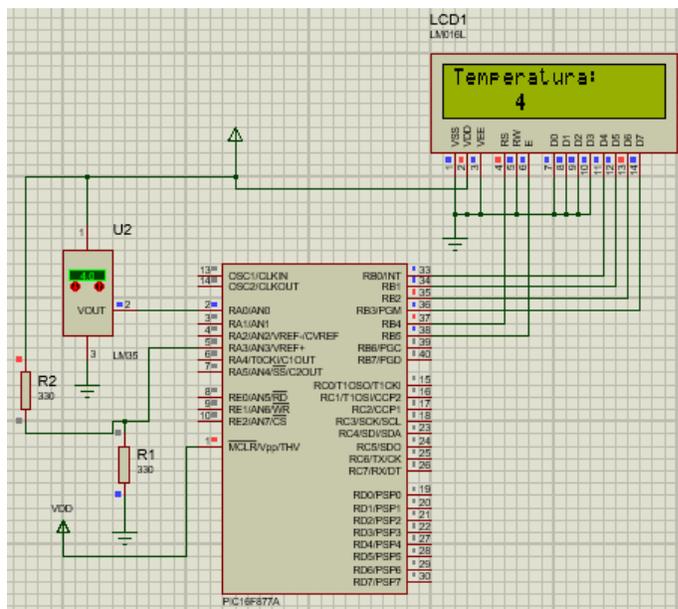
Este circuito se encarga de probar el sensor de temperatura LM35, detectando los niveles de cambio de temperatura e imprimiendo los valores en centígrados, en la pantalla LCD para verificar su funcionamiento. A continuación, se presentan los componentes del circuito utilizados y la simulación de este:

Tabla X. Componentes del circuito de sensor de temperatura

Cantidad	Componente	Tipo
1	Sensor de temperatura	LM35
2	Resistencias	330Ω

Fuente: elaboración propia.

Figura 48. Simulación del circuito de sensor de temperatura



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus.

Se utiliza el pin 3 del microcontrolador PIC como entrada analógica conectado hacia un sensor de temperatura LM35. También se utiliza el pin 5 del microcontrolador PIC como fuente de voltaje de referencia para la conversión análoga digital utilizando un circuito divisor de voltaje con 2 resistencias de 330Ω. La pantalla LCD despliega el valor de la temperatura en grados centígrados.

2.2.5. Circuitos de entradas y salidas de datos

Circuitos electrónicos controlados por entradas y salidas digitales en el Microcontrolador PIC.

2.2.5.1. Circuito teclado matricial 4x4

Este circuito se encarga de probar un teclado matricial 4x4, imprimiendo los caracteres de las teclas presionadas en la pantalla LCD para verificar su funcionamiento.

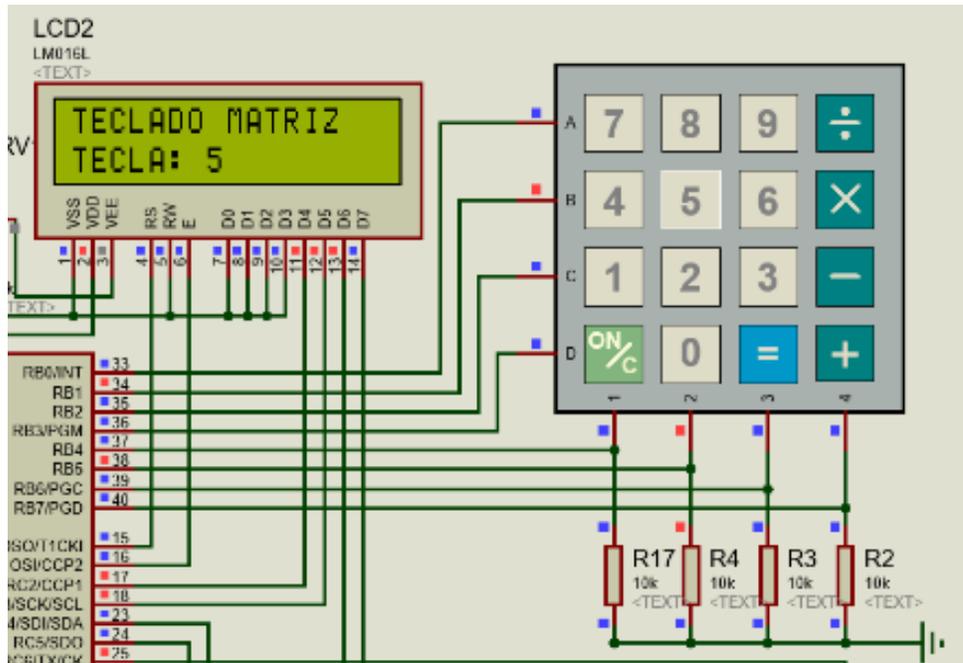
A continuación, se presentan los componentes del circuito utilizados y la simulación de este:

Tabla XI. **Componentes del circuito teclado matricial 4x4**

Cantidad	Componente	Tipo
1	Teclado Alpha numérico	4 filas x 4 columnas
4	Resistencias	10kΩ
1	Pantalla LCD	2 filas x 16 columnas o 4 filas x 20 columnas

Fuente: elaboración propia.

Figura 49. Simulación del circuito teclado matricial



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus.

Se utilizan los pines 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39 y 40 del microcontrolador PIC como entradas digitales para recibir la información y se conectan las 4 filas del teclado y con la ayuda de resistencias aterrizadas a tierra en las 4 columnas del teclado, al presionar una tecla el carácter asociado se imprime en la pantalla LCD.

2.2.5.2. Circuito led RGB

Este circuito se encarga de encender y controlar un led RGB, encendiendo sus 3 colores por separado en tiempos distintos para verificar su funcionamiento.

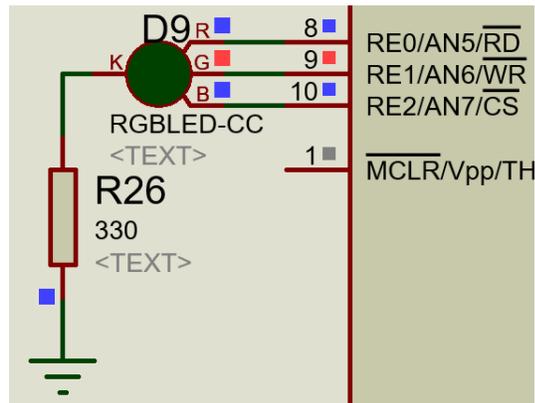
A continuación, se presentan los componentes del circuito utilizados y la simulación de este:

Tabla XII. **Componentes del circuito led RGB**

Cantidad	Componente	Tipo
1	LED RGB	Estándar
1	Resistencia	1k Ω

Fuente: elaboración propia.

Figura 50. **Simulación del circuito led RGB**



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus.

Se utilizan los pines 8, 9 y 10 del microcontrolador PIC para encender el led RGB. En 3 tiempos, se encienden los 3 distintos colores del led RGB con ayuda de una resistencia para regular la corriente.

2.2.5.3. Circuito decodificador BCD a 7 segmentos

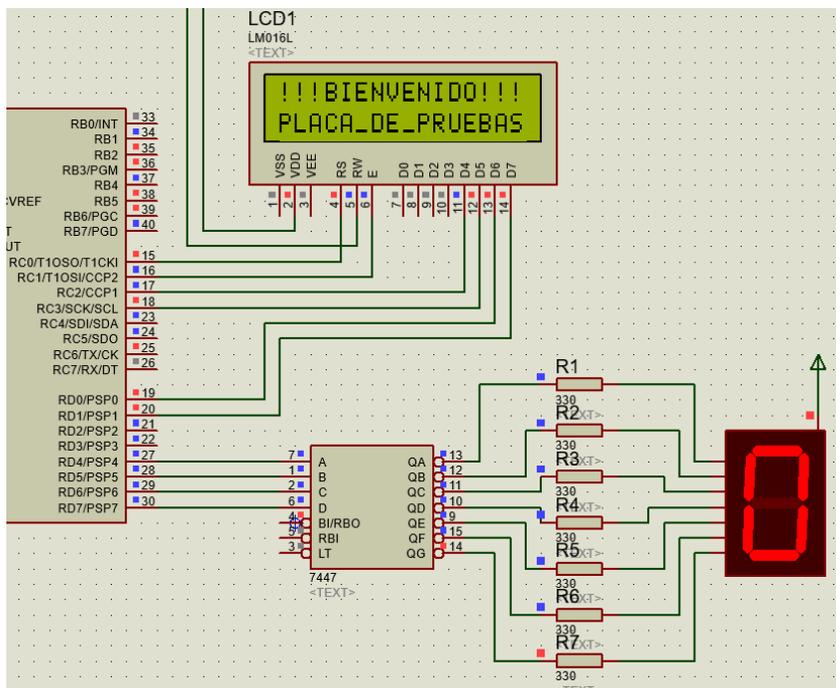
Este circuito se encarga de encender y controlar un *display* de 7 segmentos mediante un decodificador BCD, realizando un conteo de 0 a 9 para verificar su funcionamiento. A continuación, se presentan los componentes del circuito utilizados y la simulación de este:

Tabla XIII. Componentes del circuito decodificador BCD a 7 segmentos

Cantidad	Componente	Tipo
1	74LS47	Circuito integrado
1	Display de 7 segmentos	Ánodo común
1	Resistencia	1kΩ

Fuente: elaboración propia.

Figura 51. Simulación del circuito decodificador BCD a 7 segmentos



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus.

Se utilizan los pines 27, 28, 29 y 30 del microcontrolador PIC, como salidas digitales para realizar un conteo BCD del 0 al 9, el circuito integrado 74LS47 lo decodifica a un display de 7 segmentos y una resistencia regula la corriente de este.

2.2.6. Circuitos actuadores y potencia

Se verán circuitos de motores y cargas AC que son activados mediante electrónica con sus diferentes acoples de potencia.

2.2.6.1. Circuito *relay*

Este circuito se encarga de encender y apagar a disposición una carga AC mediante el uso de un *relay*, para verificar su funcionamiento.

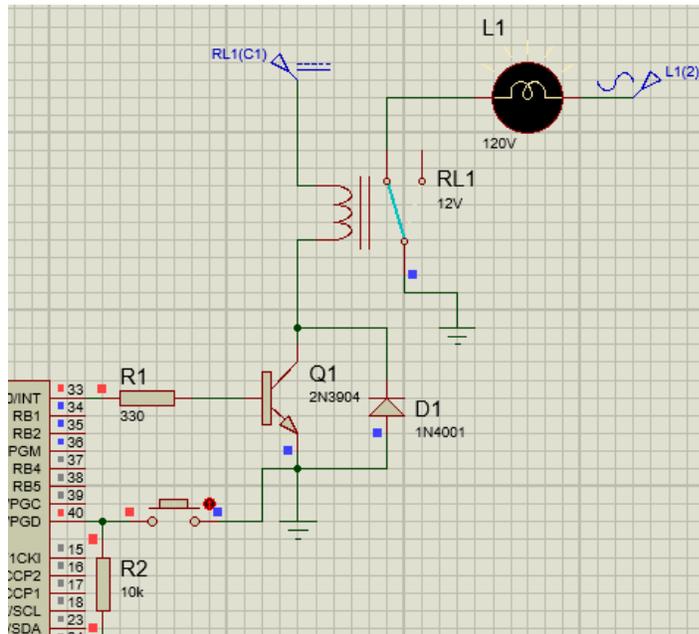
El uso de cargas inductivas como relays, tienen la propiedad de almacenar energía en forma de campo electromagnético, esto implica que cuando las cargas inductivas son des energizadas, éstas devuelven su energía por medio de una corriente inversa, este fenómeno puede causar daños en los sistemas controlados con transistores, para evitar este problema se debe usar un diodo rectificador polarizado en inverso para descargar las cargas inductivas. A continuación, se presentan los componentes del circuito utilizados y la simulación de este:

Tabla XIV. **Componentes del circuito relevador**

Cantidad	Componente	Tipo
1	<i>Relay</i>	2 polos 1 tiro 24VDC
1	Carga AC	120VAC
1	Diodo	NPN
1	Resistencia	330 Ω
1	Transistor NPN	2N3904
1	Fuente AC	120VAC

Fuente: elaboración propia.

Figura 52. Simulación del circuito *relay*



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus.

Se utiliza el pin 23 del microcontrolador PIC como salida digital y mediante una resistencia se conecta a un transistor NPN, generando que el pulso polarice la bobina del *relay* para activar a disposición una carga AC. Se coloca un diodo como protección, para cuando se des energice la bobina del *relay*.

2.2.6.2. Circuito optoacoplador

Este circuito se encarga de encender y apagar un motor AC mediante el uso de un optoacoplador, pudiendo encender y apagar el motor AC a disposición para verificar su funcionamiento.

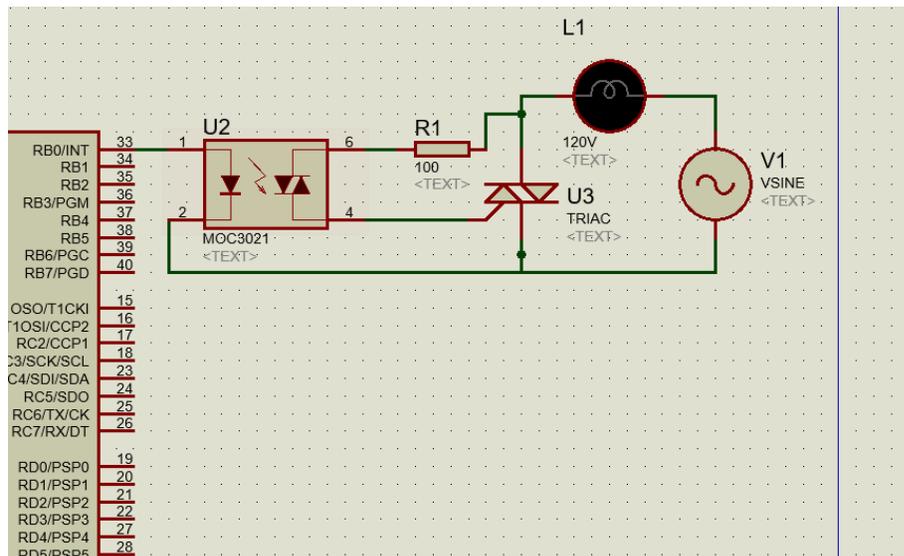
A continuación, se presentan los componentes del circuito utilizados y la simulación de este:

Tabla XV. Componentes del circuito optoacoplador

Cantidad	Componente	Tipo
1	MOC3021	Circuito integrado
1	Motor AC	120VAC
1	TRIAC NPN	BTA16
1	Resistencia	10Ω
1	Fuente AC	120VAC

Fuente: elaboración propia.

Figura 53. Simulación de circuito optoacoplador



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus.

Se utiliza el pin 24 del microcontrolador PIC como salida digital y se conecta a un a un optoacoplador, generando que el pulso active el paso de corriente en el TRIAC, habilitando así el motor del circuito AC, controlando a disposición la activación y desactivación del motor AC.

2.2.6.3. Circuito servomotor

Este circuito se encarga de encender y controlar un servomotor, pudiéndolo girar en sentido horario o antihorario para verificar su funcionamiento.

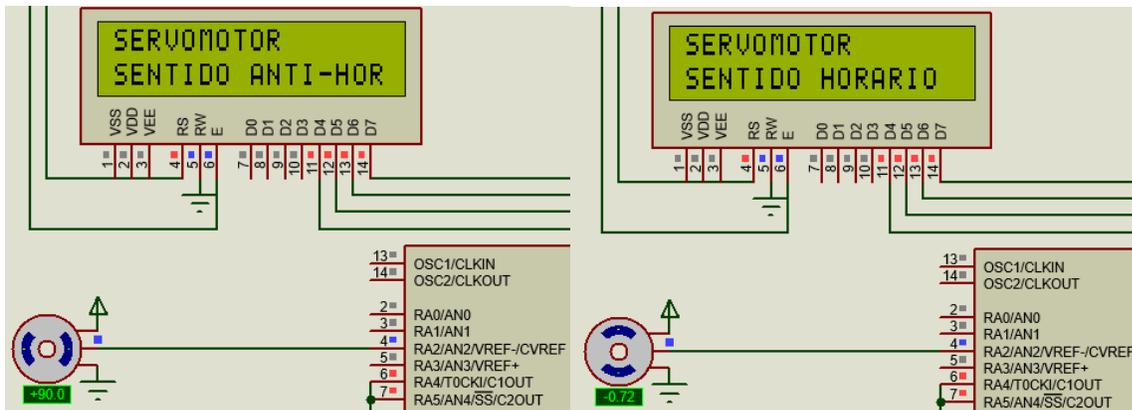
A continuación, se presentan los componentes del circuito utilizados y la simulación de este:

Tabla XVI. Componentes del circuito servomotor

Cantidad	Componente	Tipo
1	Servomotor	5VDC
1	Fuente DC externa	5VDC

Fuente: elaboración propia.

Figura 54. Simulación del circuito servomotor



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus.

Se utiliza el pin 4 del microcontrolador PIC como salida de señales PWM que generará en función de las interrupciones de entrada, generadas por medio de los controles del sistema, para girar a disposición en sentido horario o antihorario una cantidad de grados angulares del servomotor.

2.2.6.4. Circuito control de motor DC con puente H

Los puentes H son arreglos transistorizados que permiten invertir la polaridad sobre una carga eléctrica, con el suministro de solo una fuente sencilla. Estos arreglos cuentan con dos señales de control que permiten activar la polaridad positiva, y negativa.

Este circuito se encarga de controlar un motor DC mediante un puente H, pudiéndolo girar en sentido horario, antihorario o detenerlo para verificar su funcionamiento.

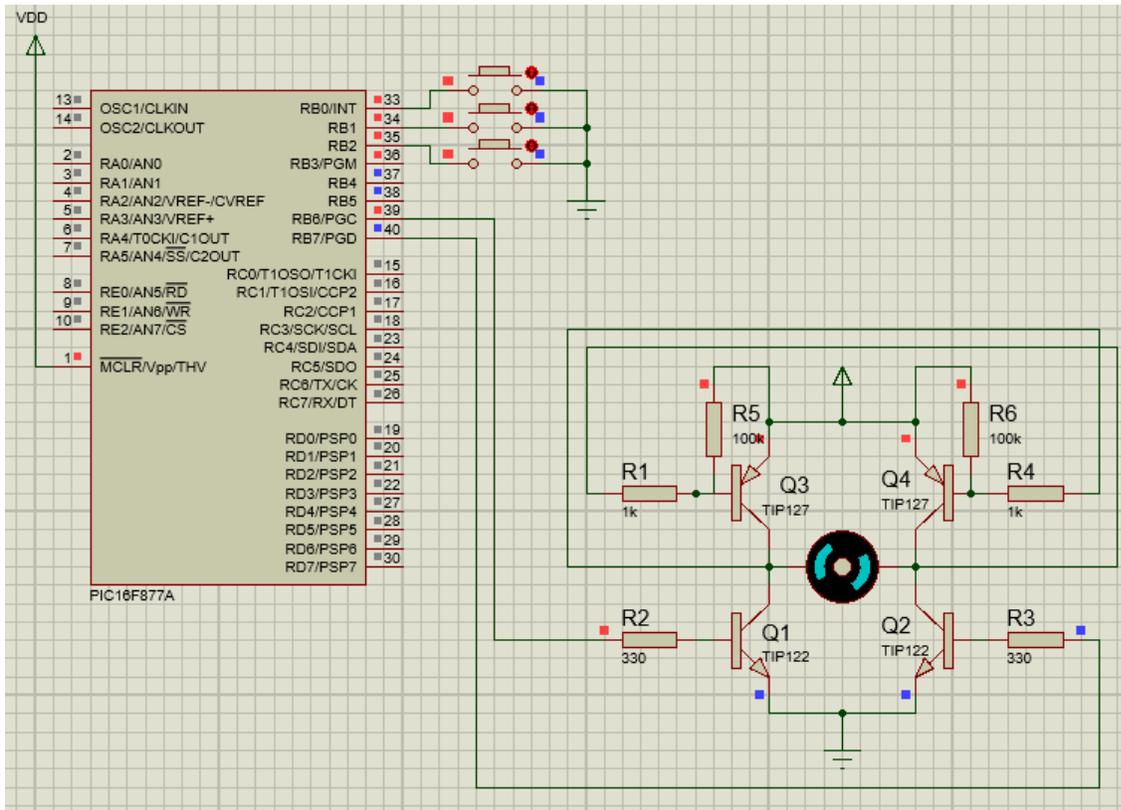
A continuación, se presentan los componentes del circuito utilizados y la simulación de este:

Tabla XVII. Componentes del circuito control de motor DC con puente H

Cantidad	Componente	Tipo
1	Motor DC	5V
2	TIP111	NPN
2	TIP117	PNP
2	Resistencias	100 Ω
2	Resistencias	1k Ω
2	Resistencias	100k Ω
1	Motor DC	5V

Fuente: elaboración propia.

Figura 55. Simulación de circuito control de motor DC con puente H



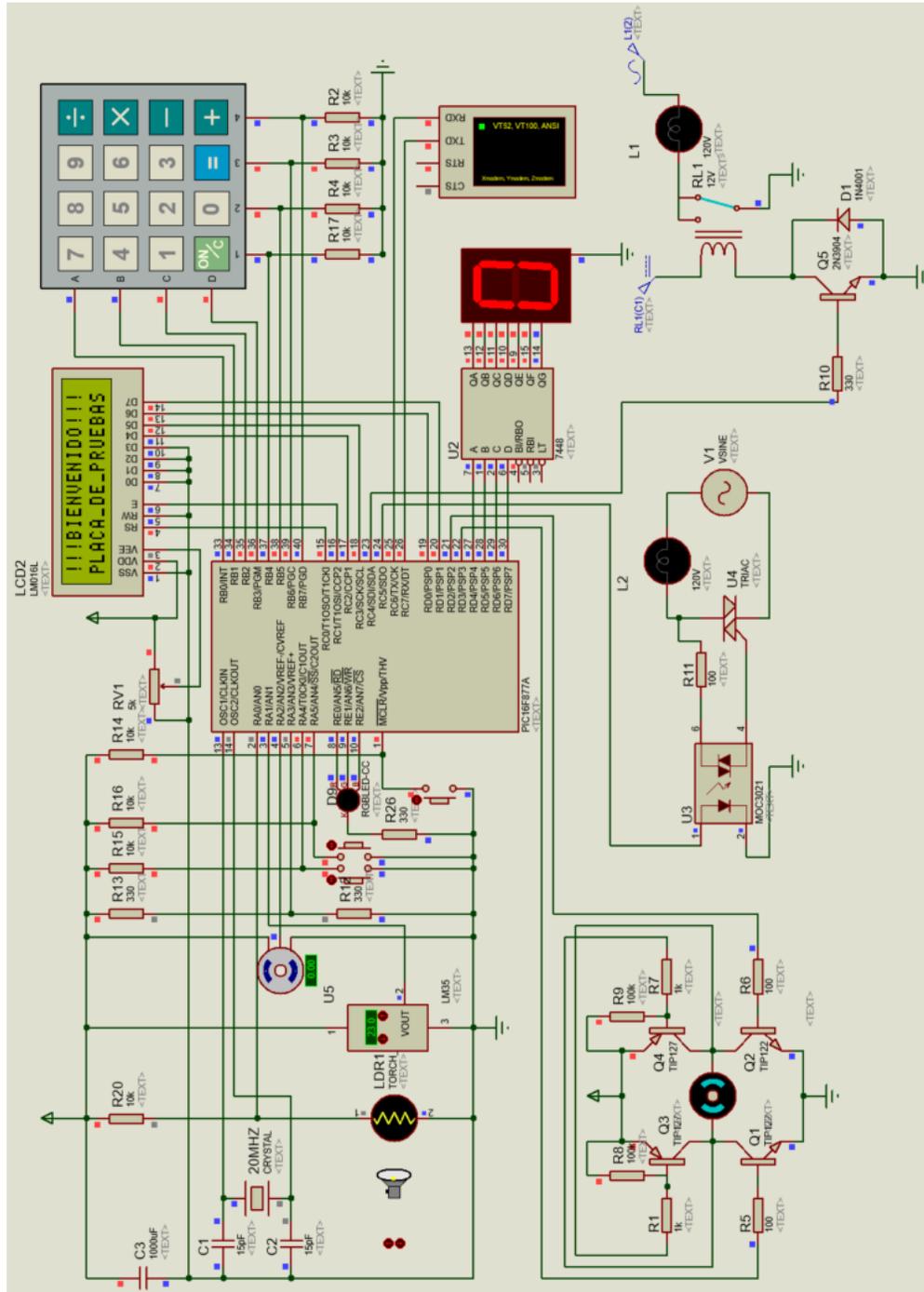
Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus.

Se utilizan los pines 21 y 22 del microcontrolador PIC como salidas digitales para controlar la dirección de giro de un motor DC mediante un puente H realizado con 4 transistores Darlington, 2 NPN y 2 PNP, y 6 resistencias.

2.3. Integración del sistema

La placa de pruebas incorpora todos los circuitos descritos anteriormente en un solo diseño, siendo gobernada por el mismo Microcontrolador.

Figura 56. Simulación de la integración del sistema



Fuente: elaboración propia, realizado con Proteus.

2.3.1. Programación

La estructura del programa consta de una iteración *switch case*, donde dependiendo del byte de control del sistema, ejecutará una porción distinta de código, hasta que cambie la función por decisión del usuario, por alguno de los métodos de circuitos de control.

A continuación, se presentan las 16 funciones que contiene el sistema y los caracteres ASCII que las activan.

Tabla XVIII. **Bytes de control del sistema**

ASCII	FUNCIÓN
	Imprime caracteres en todos los espacios de la pantalla LCD
q	Enciende la carga AC
w	Apaga la carga AC
e	Enciende el motor AC
r	Apaga el motor AC
t	Recibe los datos del teclado
y	Gira el motor DC en sentido horario
u	Detiene el motor DC
i	Gira el motor DC en sentido antihorario
o	Activa el conteo en el <i>display</i> 7 segmentos
p	Enciende los 3 colores del RGB
a	Mide la intensidad de luz en la LDR
s	Mide la temperatura ambiente
d	Gira el servomotor en sentido horario
f	Punto intermedio para utilizar alguna de las 2 funciones adyacentes
g	Gira el servomotor en sentido antihorario

Fuente: elaboración propia.

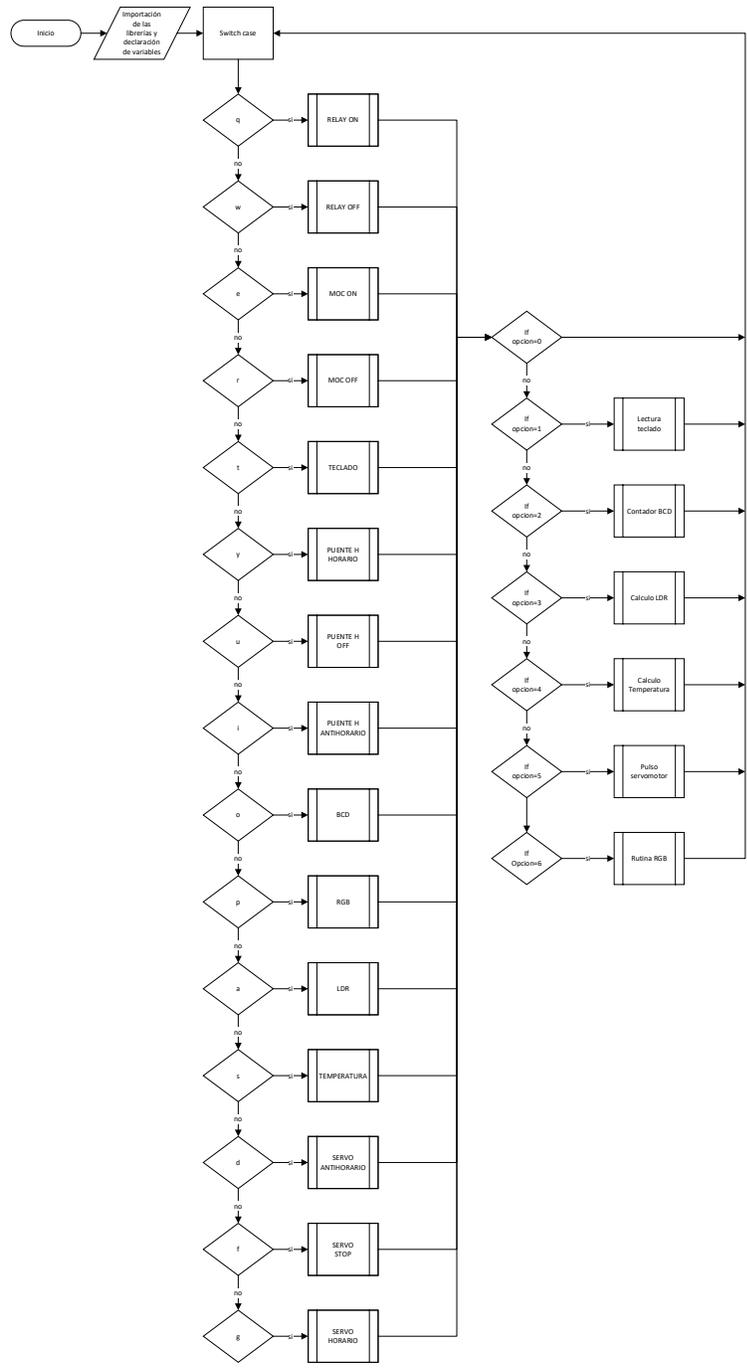
En este orden se recorren los circuitos cuando utilizamos el control manual.

La primera función se coloca predeterminadamente al inicializar el sistema o presionar el *push-button* de reinicio.

La función f, sirve únicamente si queremos usar el servomotor mediante el control manual, ya que las dos funciones adyacentes mueven el servomotor en sentido horario o antihorario, necesitamos de un punto medio donde se pueda regresar entre estas dos funciones, si queremos lograr más de un giro en la misma dirección.

A continuación se presenta un diagrama de flujo del programa del PIC, en el Apéndice se presenta el código del programa y se comenta e identifica el funcionamiento de este.

Figura 57. Diagrama de flujo del programa del PIC



Fuente: elaboración propia, realizado con Visio.

3. IMPLEMENTACIÓN

Este capítulo muestra el proceso de implementación del sistema, se presenta cómo se creó el PCB y la aplicación móvil, mostrando las consideraciones durante su diseño e implementación.

3.1. PCB

El PCB es la idea fundamental del proyecto, se presenta como se diseñó la placa, la colocación de los componentes involucrados, las consideraciones que se tomaron para poder probar distintos componentes en el sistema y cómo se construyó.

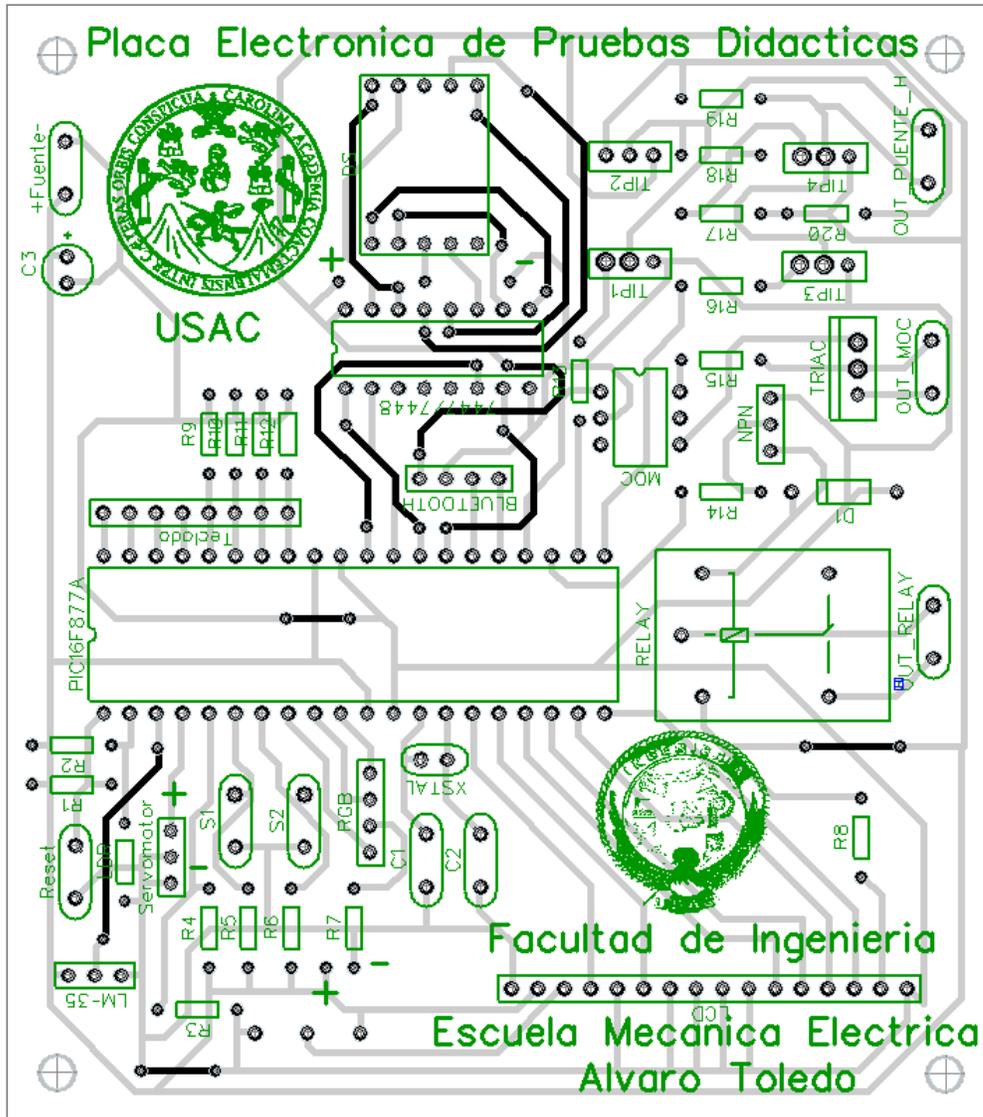
3.1.1. Diseño del PCB

El diseño del PCB se realizó con la ayuda del programa de diseño DipTrace, se integró cada uno de los componentes que conforman el sistema, este programa permite escoger el encapsulado de cada uno de los componentes, esto para asignar las medidas correctas de cada componente y trabajar el diseño con medidas estándar reales.

Se considera un diseño compacto, pero a la vez sea amigable y entendible para el usuario, que se pueda identificar visualmente todos los componentes y que no estén demasiado cerca físicamente para que el usuario pueda manipularlos cómodamente sin afectar otros.

A continuación, se presenta el diseño con vista frontal contraste del PCB:

Figura 58. Vista frontal contraste del PCB

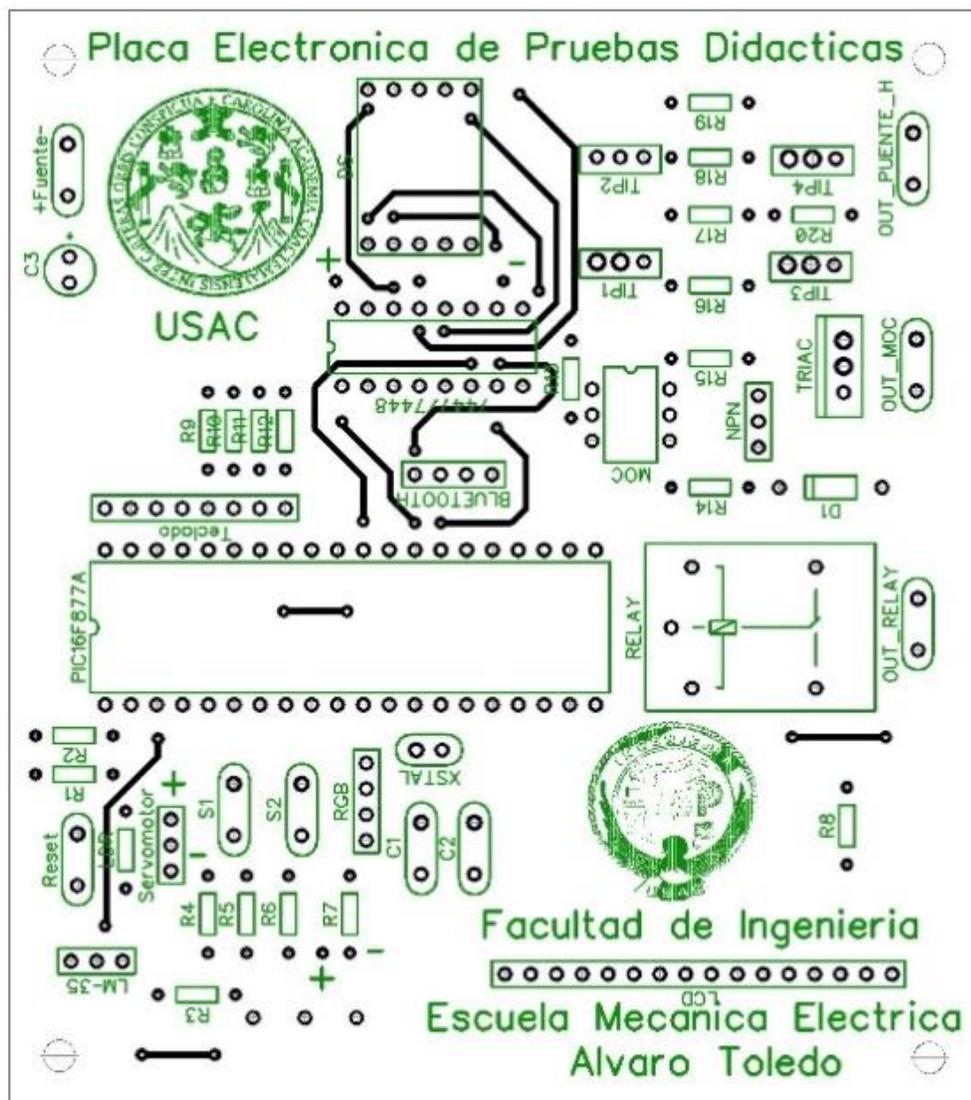


Fuente: elaboración propia, realizado con DipTrace.

Se seleccionó el tamaño y posición de los componentes, considerando las aplicaciones de cada uno de los circuitos. Se realizaron las pistas y conexiones del sistema en ambas caras del PCB.

Se consideró colocar una bornera del lado izquierdo para la alimentación del sistema y otras tres borneras del lado derecho para la activación de actuadores y motores. El resto de los circuitos electrónicos se integra en el PCB pudiendo conectar los componentes en la parte frontal del PCB.

Figura 59. Vista frontal del PCB

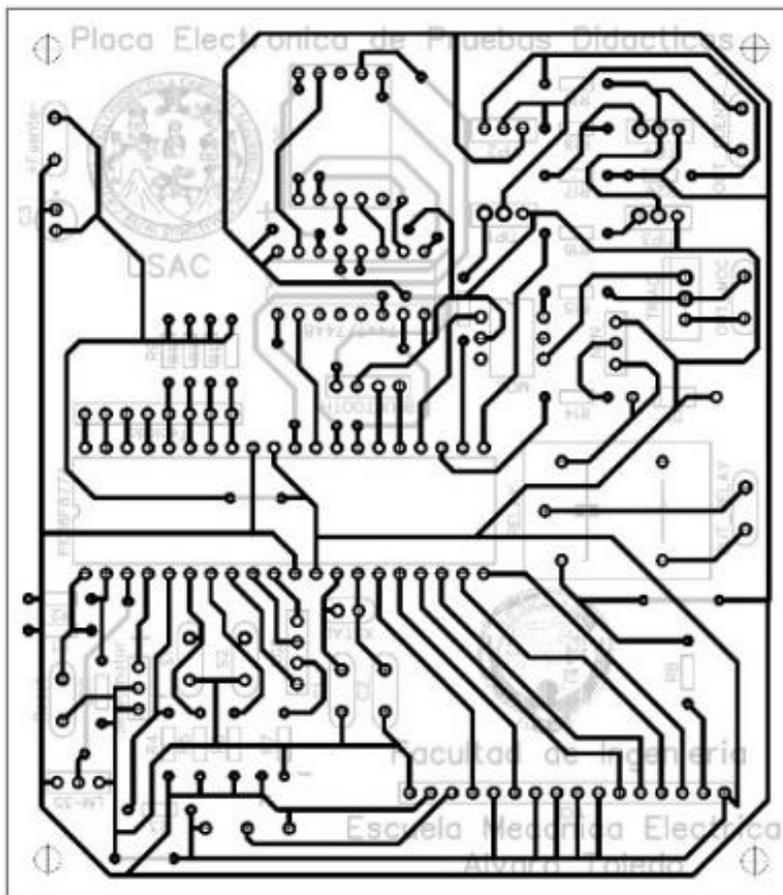


Fuente: elaboración propia, realizado con DipTrace.

La parte frontal del PCB contiene algunas pistas de conexión. También el diseño de los componentes o *footprints*, para que sea fácil de identificar al usuario donde va cada componente y en qué dirección, así como el nombre de cada uno de los componentes y algunos signos de polaridad como referencia.

Aprovechando el diseño, se incluye el nombre del proyecto, los nombres y logos de la USAC y de la facultad de ingeniería, el nombre de la escuela Mecánica eléctrica y mi nombre, Alvaro Toledo.

Figura 60. **Vista trasera contraste del PCB**

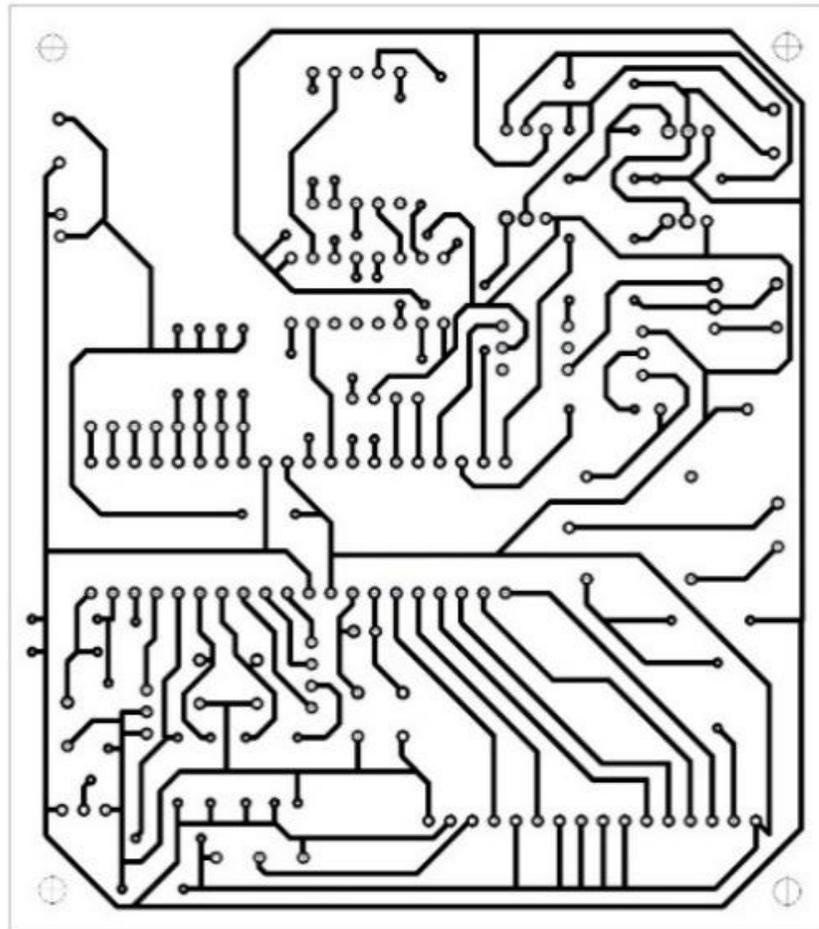


Fuente: elaboración propia, realizado con DipTrace.

La parte trasera del PCB incluye la mayoría de las pistas del PCB, se prefiere hacerlo así, por estética, seguridad del usuario y protección del sistema.

El diseño incluye los agujeros donde se debe barrenar, para cada componente y en este caso se incluyen cuatro agujeros más grandes en las esquinas del PCB para poder ponerle patas de apoyo.

Figura 61. **Vista trasera del PCB**

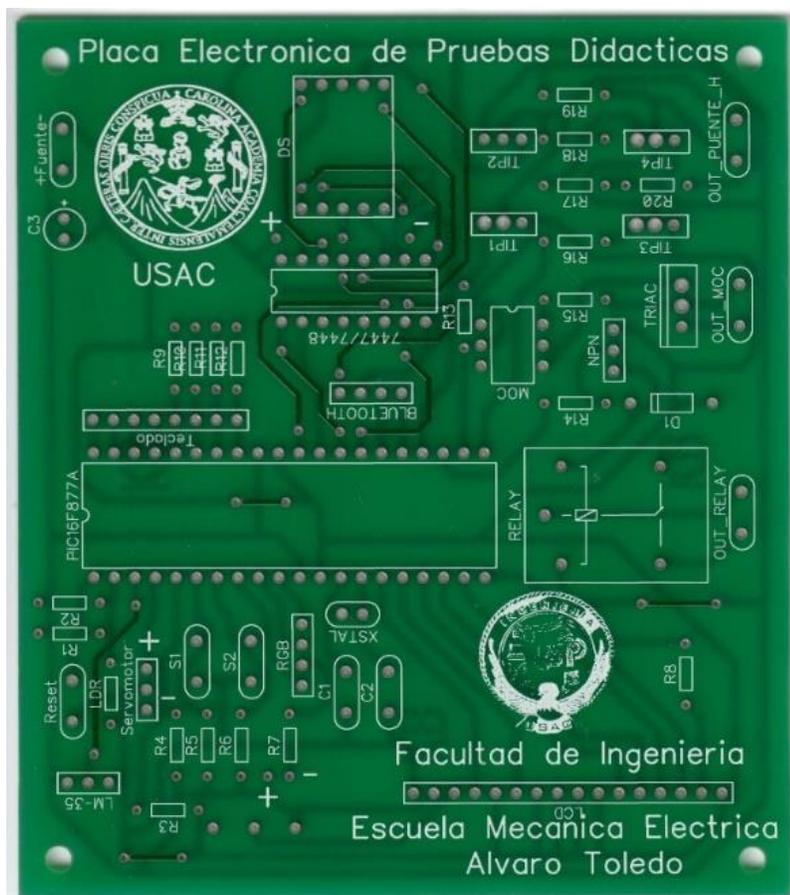


Fuente: elaboración propia, realizado con DipTrace.

3.1.2. Manufactura del PCB

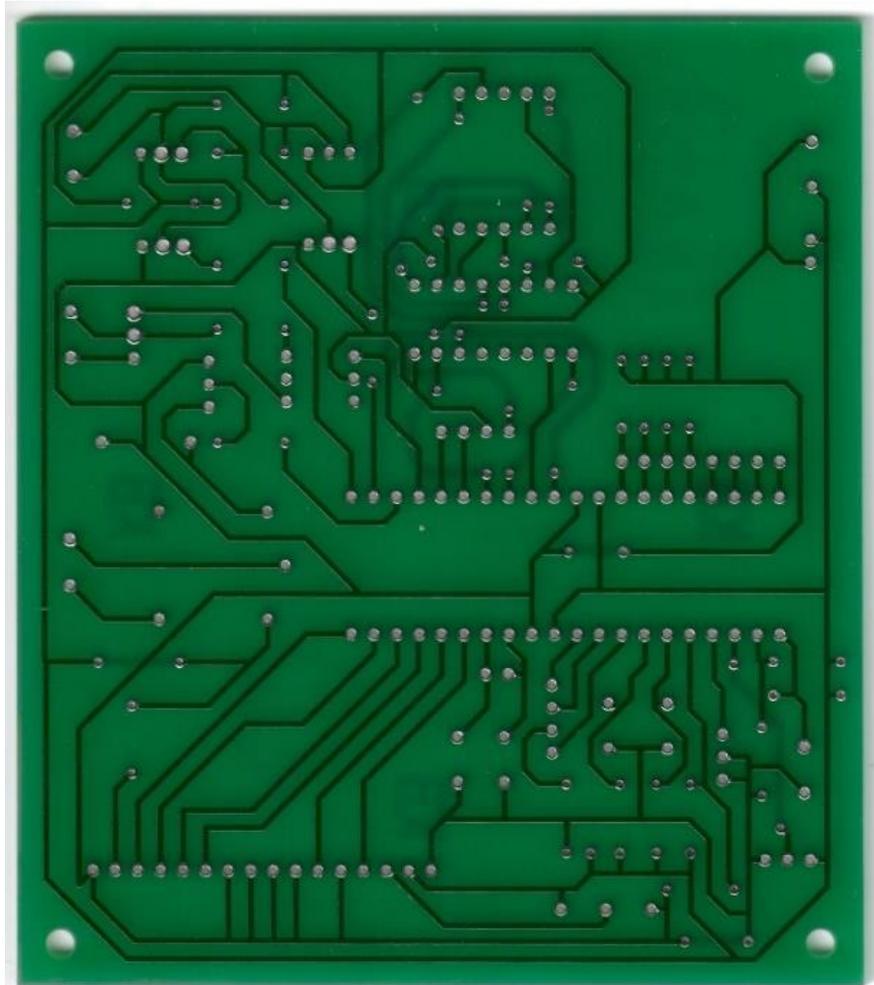
La placa se fabricó con un proveedor de fabricación de PCB automatizado, Bay Area Circuits, se les brindó el diseño del PCB mediante archivo de extensión Gerber que generó el programa de diseño DipTrace, que se utilizan para representar los diseños de PCB en distintas capas, estos archivos contienen toda la información del diseño, que es interpretado por maquinas CNC que se encargan de fabricar la placa, en un proceso automatizado de distintas etapas.

Figura 62. Vista superior del PCB



Fuente: elaboración propia.

Figura 63. **Vista inferior del PCB**



Fuente: elaboración propia.

Las medidas del PCB son 11.75cm de alto x 9.5cm de ancho y alrededor de 1mm de grosor.

Como se puede observar, incluso el ancho de los agujeros varía según el componente a integrar y contiene a su alrededor un acabado metálico para facilitar la soldadura de los componentes.

3.1.3. Componentes fijos y móviles del PCB

Debido a que una de las aplicaciones del sistema es probar distintos componentes electrónicos, no se dejaron todos los componentes del sistema fijos, sino la mayoría de estos son desmontables, de esta manera el usuario podrá reemplazarlos e intercambiarlos en sus pruebas.

Esta situación, define dos tipos de componentes en el sistema: fijos y móviles.

Los componentes móviles son todos aquellos que podrán ser probados, por lo que se considera que sean la mayoría y para poder quitarlos y ponerlos se utilizarán, camitas, conectores DIL y borneras.

Los componentes fijos, irán soldados directamente a la placa y estos serán componentes pasivos que el sistema ya permita probar en otros circuitos.

La siguiente tabla presenta los componentes fijos y móviles para cada circuito, para los componentes móviles detalla el tipo de conector que se implementa en la placa, tomando en cuenta su tamaño y aplicación, estos pueden ser borneras, conectores DIL o camitas.

Esta tabla se representa los conectores según su tipo, con el formato cantidad de conectores x número de pines que tiene, por ejemplo, si se necesitan 2 conectores de 5 pines, se representa como 2x5.

Otra convención, es que cuando haya un mismo tipo de componente más de una vez, en un mismo circuito, se representen como cantidad x el tipo de componente.

Tabla XIX. Componentes electrónicos fijos y móviles

Circuito	Componentes		No. Conectores x Pines		
	Fijos	Móviles	Bornera	DIL	camita
Polarización		PIC			40
		C1000uF		1x2	
		Fuente de voltaje DC	1x2		
MCLR y reinicio	R10K Ω	push-button		2x1	
Oscilación		Cristal de cuarzo		1x2	
		2xC15pF		4x1	
Control Manual	2xpush-button				
	2xR10K Ω				
Serial		Modulo Bluetooth		1x4	
Pantalla LCD	R1K Ω	LCD		1x16	
		potenciómetro		3x1	
Sensor de Luz	R10K Ω	LDR		2x1	
Sensor de Temperatura	2xR330 Ω	LM35		1x3	
TECLADO matricial	4xR10K Ω	Teclado Matricial		1x8	
LED RGB		LED RGB		1x4	
		R1K Ω		1x1 1x2	
DISPLAY 7 segmentos		7SEG DISPLAY		2x5	
		74LS4X			16
		R1K Ω		3x1	
PUENTE H	2xR100 Ω	2xTIP111		2x3	
	2xR1k Ω	2xTIP117		2x3	
	2xR100k Ω	MOTOR DC/Fuente VDC	1x2		
Servomotor		SERVOMOTOR		1x3	
RELEVADOR	R330 Ω	RELAY		5x1	
		T2N3904		1x3	
		diodo		2x1	
		Carga AC/Fuente VAC	1x2		
OPTOACOPLADOR	R10 Ω	MOC			6
		TRIAC		1x3	
		MOTOR AC/Fuente VAC	1x2		

Fuente: elaboración propia.

Esta tabla es de gran ayuda para resumir y exponer que componentes podrán ser probados para cada circuito. Se tomaron algunas consideraciones extra para poder probar más componentes:

- El circuito de led RGB y el de display de 7 segmentos pueden funcionar con led de ánodo común o con cátodo común, mediante la habilitación de una resistencia que pueda moverse físicamente para cambiar su polaridad.
- Se brindó una alimentación en el conector del control serial en caso se quiera usar un módulo Bluetooth como el HC-05 o el HC-06.
- Debido a que podemos encontrar servomotores de distintos tamaños y requerimientos, se debe usar una fuente de alimentación externa, para alimentar el servomotor, y el diseño del PCB permite unir la referencia de las fuentes, o sea las tierras, y entregar la señal PWM de control junto con su referencia.
- Los conectores y borneras en general, brindan la oportunidad de colocar otros componentes además de los predefinidos en el diseño, pero debe tomarse en cuenta la sensibilidad y requerimiento de estos.

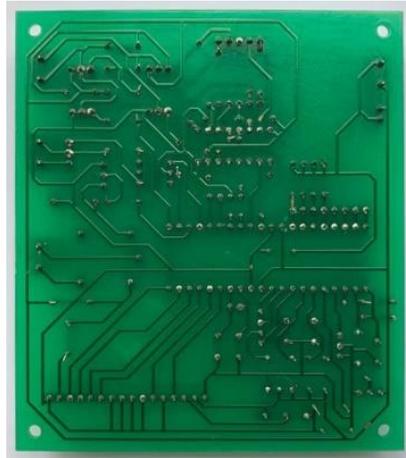
A continuación, se muestra la placa con los dispositivos fijos y los conectores de distinto tipo que posee, todos los componentes que se observan están soldados a la placa:

Figura 64. Placa con dispositivos fijos y conectores



Fuente: elaboración propia.

Figura 65. **Vista trasera de la placa soldada**



Fuente: elaboración propia.

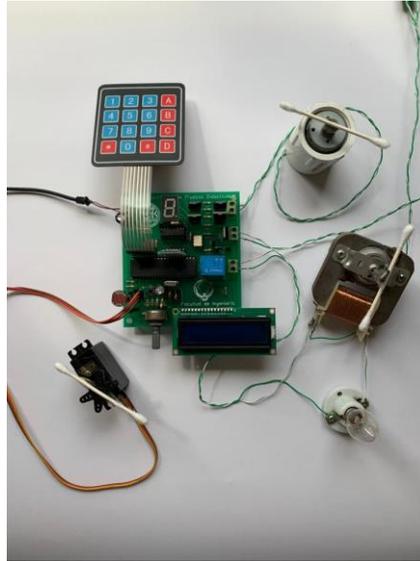
Se colocan tornillos y tuercas de plástico para brindarle un soporte al PCB y no se dañe la parte inferior de esta, por manipulación y para evitar cortos circuitos en caso se coloque sobre una superficie conductora.

Figura 66. **Placa con tornillos de plástico**



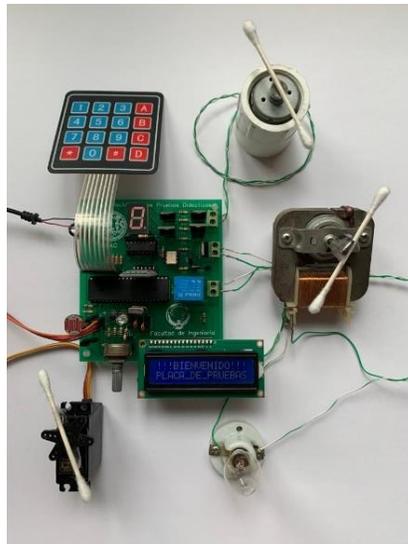
Fuente: elaboración propia.

Figura 67. **Placa con los componentes superiores montados**



Fuente: elaboración propia.

Figura 68. **Placa encendida y conectada a todos los componentes**



Fuente: elaboración propia.

3.2. Aplicación Android

Aprovechando el control serial, y la adaptación del módulo Bluetooth, se creó una aplicación de control del sistema que pueda correr en el sistema operativo Android para poder controlar el sistema inalámbricamente mediante una *app*.

3.2.1. Desarrollo de la aplicación

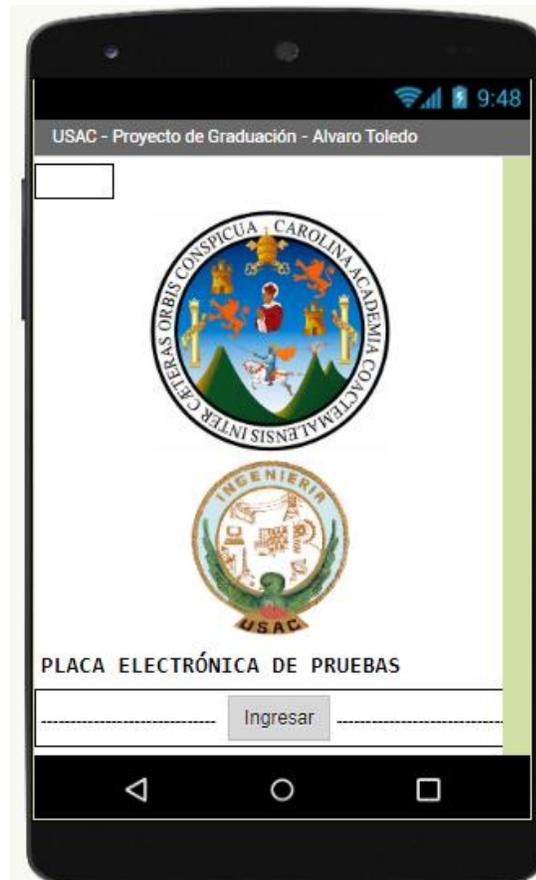
Se diseñó una aplicación con el *software* de desarrollo de aplicaciones, MIT APP Inventor, el cual permite mediante sus librerías, que el dispositivo que utilice la aplicación se conecte por Bluetooth a otros dispositivos. Aprovechando dicha función, se programó la *app* para que pueda enviar los 14 diferentes bytes de control predefinidos en el programa del microcontrolador PIC para poder controlar el sistema.

Este *software* además de brindar las herramientas para diseñar las pantallas de la aplicación también facilita el uso de programación mediante bloques interactivos.

Luego de diseñar la *app* en el *software* de desarrollo, se debe generar un archivo con extensión APK y descargarlo en el celular o dispositivo en que se desee utilizar para poder instalar la *app*.

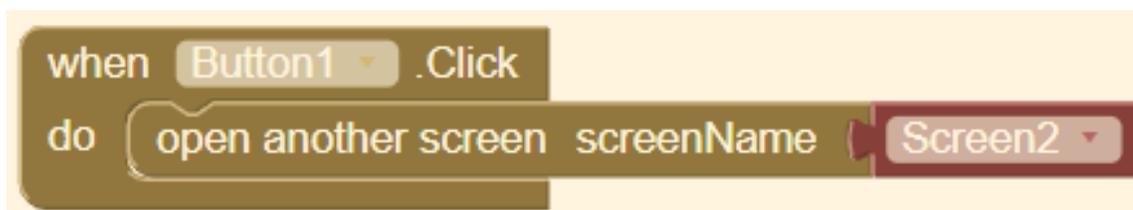
A continuación, se presenta la aplicación que se desarrolló para el manejo de la placa, las dos pantallas y el código de bloques y el código de bloques relacionado a estas.

Figura 69. **Diseño pantalla 1**



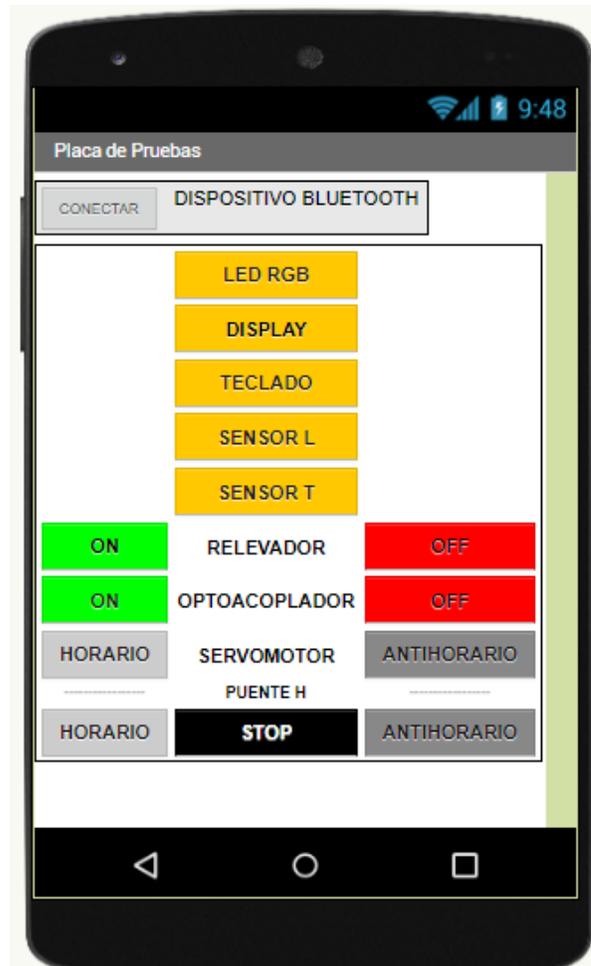
Fuente: elaboración propia, realizado con MIT App Inventor.

Figura 70. **Código de bloques pantalla 1**



Fuente: elaboración propia, realizado con MIT App Inventor.

Figura 71. **Diseño pantalla 2**

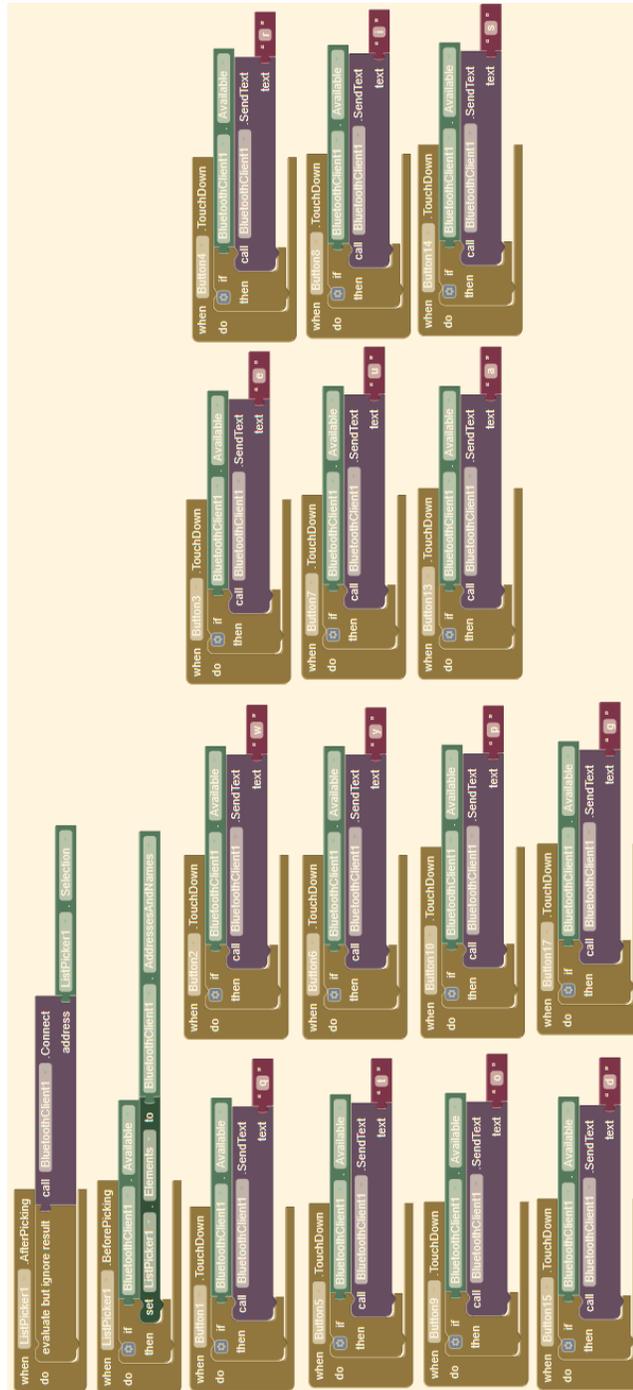


Fuente: elaboración propia, realizado con MIT App Inventor.

Pantalla principal de la aplicación móvil, diseñada para controlar y seleccionar las distintas funcionalidades del sistema.

A continuación, se presenta el código de bloques asociado a esta pantalla, básicamente el envío de caracteres ASCII correlacionando los botones con las funciones del sistema:

Figura 72. Código de bloques pantalla 2



Fuente: elaboración propia, realizado con MIT App Inventor.

La siguiente tabla detalla los bytes de control transmitidos al módulo serial del microcontrolador PIC mediante Bluetooth y la función que este activa.

Tabla XX. **Bytes de control**

ASCII	BOTON	CIRCUITO	FUNCIÓN
q	ON	RELEVADOR	Enciende la carga AC
w	OFF	RELEVADOR	Apaga la carga AC
e	ON	OPTOACOPLADOR	Enciende el motor AC
r	OFF	OPTOACOPLADOR	Apaga el motor AC
t	TECLADO	TECLADO	Recibe los datos del teclado
y	HORARIO	PUENTE H	Gira el motor DC en sentido horario
u	STOP	PUENTE H	Detiene el motor DC
i	ANTIHORARIO	PUENTE H	Gira el motor DC en sentido antihorario
o	DISPLAY	BCD	Activa el conteo en el display 7 segmentos
p	LED RGB	RGB	Enciende los 3 colores del RGB
a	SENSOR L	LDR	Mide la intensidad de luz en la LDR
s	SENSOR T	TEMPERATURA	Mide la temperatura ambiente
d	HORARIO	SERVOMOTOR	Gira el servomotor en sentido horario
g	ANTIHORARIO	SERVOMOTOR	Gira el servomotor en sentido antihorario

Fuente: elaboración propia.

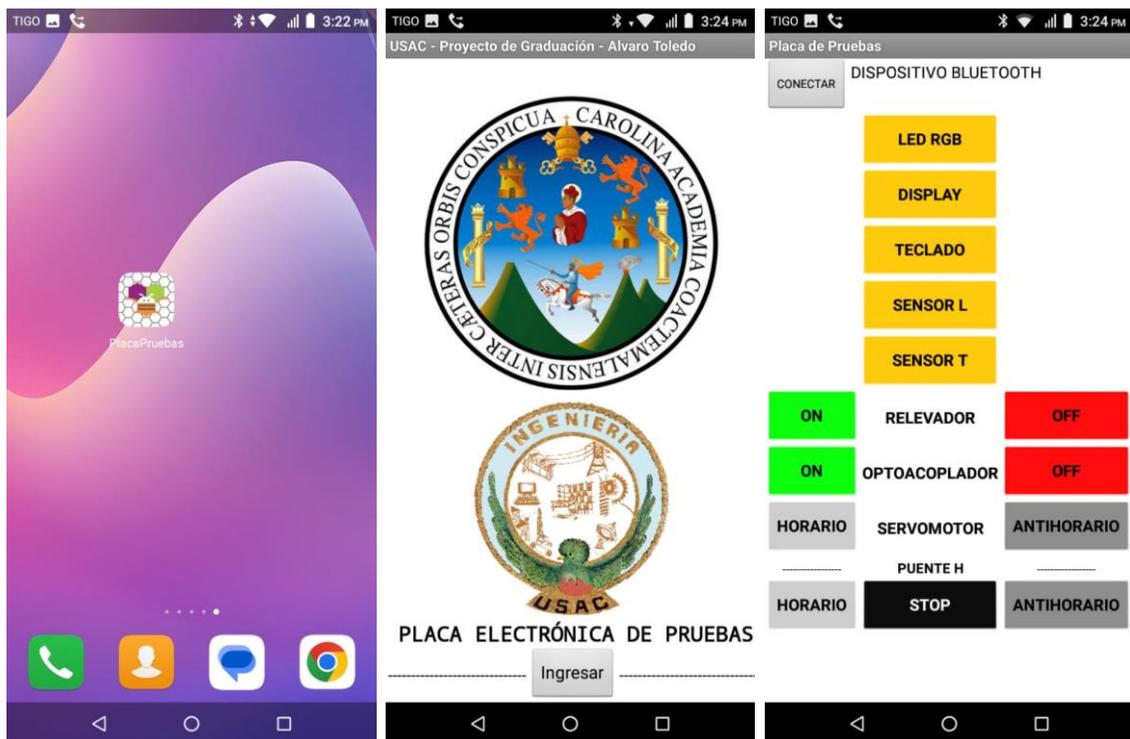
3.2.2. Aplicación en el celular

Una vez se cuente con el desarrollo de la aplicación, se debe generar el archivo de instalación con extensión APK del desarrollador de aplicaciones, para descargarla e instalarla en un celular o dispositivo a utilizar con sistema operativo Android.

Una vez instalada la aplicación en el dispositivo, seguir el siguiente procedimiento para usar la app:

- Abrir el acceso directo PlacaPruebas este nos dirige a la primera pantalla de la app, la cual está diseñada con propósitos de ser una carátula de presentación.
- Seleccionar Ingresar, y accede a la segunda pantalla la cual brinda mediante botones, la opción de seleccionar las distintas funciones del sistema.

Figura 73. Aplicación en el celular



Fuente: elaboración propia.

4. OPERACIÓN

Este capítulo muestra el modo de inicialización y operación del sistema y a la vez puede servir como manual de usuario para consultar y hacer uso correcto de este. La funcionalidad del sistema se pudiera resumir en 16 distintas funciones, se puede seleccionar a través de las interfaces de control, la función deseada.

4.1. Inicialización del sistema

En esta sección se presenta cómo inicializar el sistema y los circuitos que requiere para funcionar.

4.1.1. Operación de los circuitos básicos del PIC

La placa se debe conectar a su fuente de alimentación para encenderla, el adaptador brindado y sugerido es de 5VDC 1A. La polaridad en la que se debe conectar la fuente y el capacitor electrolítico se encuentra indicada con un signo positivo sobre la placa.

Se pueden probar otros PIC de 40 pines y otras frecuencias de oscilación, si se hacen las adaptaciones del código y parámetros necesarios en estos. También se pueden probar otros métodos de comunicación serial, u otros módulos Bluetooth.

A continuación, se presentan los componentes que pueden probarse en estos circuitos:

Tabla XXI. **Componentes que se pueden probar en los circuitos básicos del PIC**

Componentes	Predeterminado
Microcontroladores PIC 40 pines	16F877A/16F887
Fuentes de voltaje DC	5VDC 1A
Capacitores electrolíticos	1000uF
Push-buttons	Normalmente abierto
Cristales	20MHz
Capacitores cerámicos	15pF
Módulos Bluetooth	HC-05/HC-06

Fuente: elaboración propia.

Figura 74. **Funcionamiento de los circuitos básicos de la placa**



Fuente: elaboración propia.

4.1.2. Operación del circuito pantalla LCD

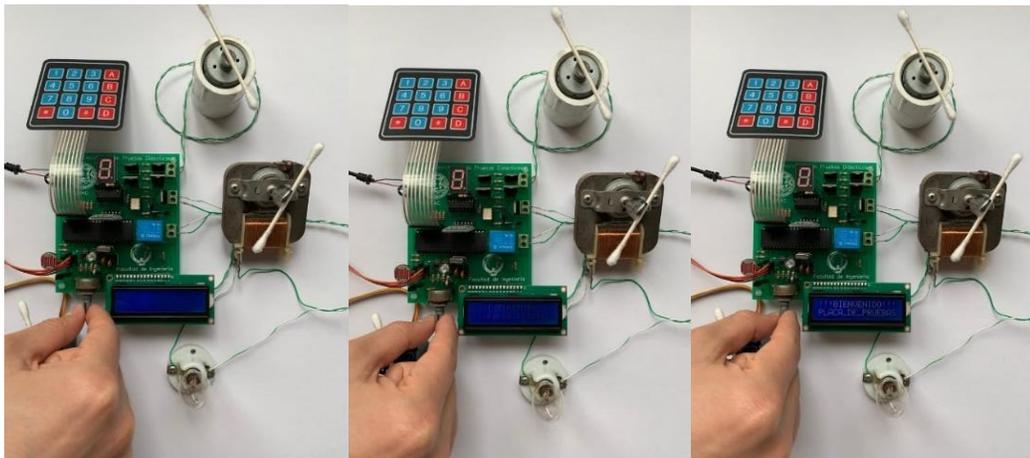
Se pueden probar potenciómetros de distintos valores y pantallas de distintos tamaños, aunque el código del microcontrolador PIC este diseñado para imprimir los caracteres en Pantallas LCD de 2 filas x 16 columnas o 4 filas x 20 columnas. A continuación, se presentan los componentes que pueden probarse en este circuito:

Tabla XXII. Componentes que se pueden probar en el circuito LCD

Componentes	Predeterminado
Pantallas LCD	2 filas x 16 columnas o 4 filas x 20 columnas
Potenciómetros	5k Ω

Fuente: elaboración propia.

Figura 75. Funcionamiento del circuito pantalla LCD



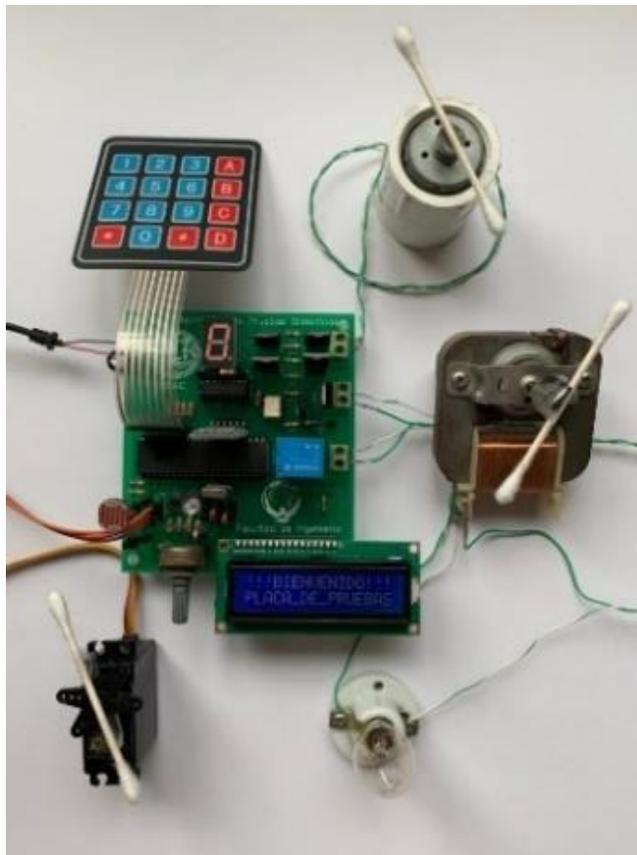
Fuente: elaboración propia.

En la figura anterior, se observa el cambio de contraste en la pantalla LCD al calibrar el potenciómetro.

La pantalla LCD interactúa con todos los circuitos, interactuando con las distintas funciones del sistema.

A continuación, se presenta el sistema con todos los componentes electrónicos. Integrados:

Figura 76. **Placa de pruebas encendida con todos los componentes**



Fuente: elaboración propia.

4.2. Interfaces de control del sistema

Se ofrecen dos interfaces de control para brindar distintas opciones de como el usuario pueda controlar el sistema, de manera manual con el control embebido en el PCB, o inalámbrico, si el usuario dispone de un dispositivo móvil con Android y Bluetooth.

4.2.1. Manual

La interfaz de control manual se opera con los *push-buttons* del sistema conectados al pin 6 y 7.

El botón conectado al pin 6 del microcontrolador PIC es el botón de siguiente, osea que al presionarlo la primera vez, activa la primera función del sistema y cada vez que se presioné, recorrerá hacia adelante cada una las funciones predefinidas del sistema, el botón conectado al pin 7 del microcontrolador PIC es el botón atrás y cada vez que se presioné, recorrerá hacia atrás cada una las funciones predefinidas del sistema.

Figura 77. **Control manual**



Fuente: elaboración propia.

La siguiente tabla presenta el orden predefinido de las funciones del sistema y una breve descripción de esta.

Tabla XXIII. **Orden de las funciones del sistema usando el control manual**

ORDEN	FUNCIÓN
0	Pantalla inicio, imprime un mensaje de bienvenida utilizando caracteres para todos los espacios de la pantalla LCD
1	Enciende la carga AC
2	Apaga la carga AC
3	Enciende el motor AC
4	Apaga el motor AC
5	Recibe los datos del teclado
6	Gira el motor DC en sentido horario
7	Detiene el motor DC
8	Gira el motor DC en sentido antihorario
9	Activa el conteo en el <i>display</i> 7 segmentos
10	Enciende los 3 colores del RGB
11	Mide la intensidad de luz en la LDR
12	Mide la temperatura ambiente
13	Gira x grados el servomotor en sentido horario
14	Punto intermedio necesario en el control manual, para usar alguna de las 2 funciones adyacentes repetidamente
15	Gira x grados el servomotor en sentido antihorario

Fuente: elaboración propia.

Cuando el sistema se encuentre en la última funcionalidad y se le presione el botón de siguiente, este volverá a la primera funcionalidad.

4.2.2. Inalámbrico

La interfaz de control inalámbrica se utiliza conectando un dispositivo móvil al módulo Bluetooth para poder controlar e interactuar con el sistema.

4.2.2.1. Emparejar dispositivos Bluetooth

Cuando se utiliza el sistema por primera vez, se debe seguir un procedimiento para emparejar el módulo de Bluetooth HC-05 del sistema al dispositivo con el que se quiera utilizar.

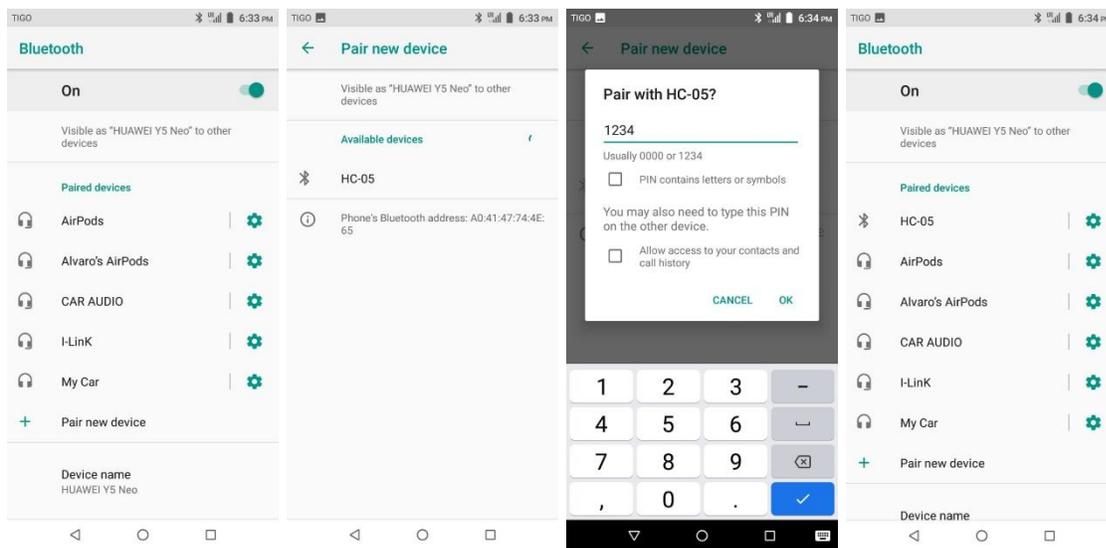
A continuación, se describe el procedimiento para emparejar el módulo de Bluetooth:

- Activar el Bluetooth.
- Seleccionar en emparejar nuevo dispositivo.
- seleccionar el nombre del módulo, en este caso HC-05.
- utilizar la contraseña 1234 para y seleccionar OK.
- observar que el módulo se encuentra en la lista de dispositivos emparejados.

Una vez se haya realizado este procedimiento de emparejamiento entre los dispositivos alguna vez, se podrán conectar los dispositivos mediante Bluetooth a disposición.

En la siguiente figura se muestra el procedimiento de emparejamiento de Bluetooth:

Figura 78. **Procedimiento de emparejamiento con el módulo Bluetooth**



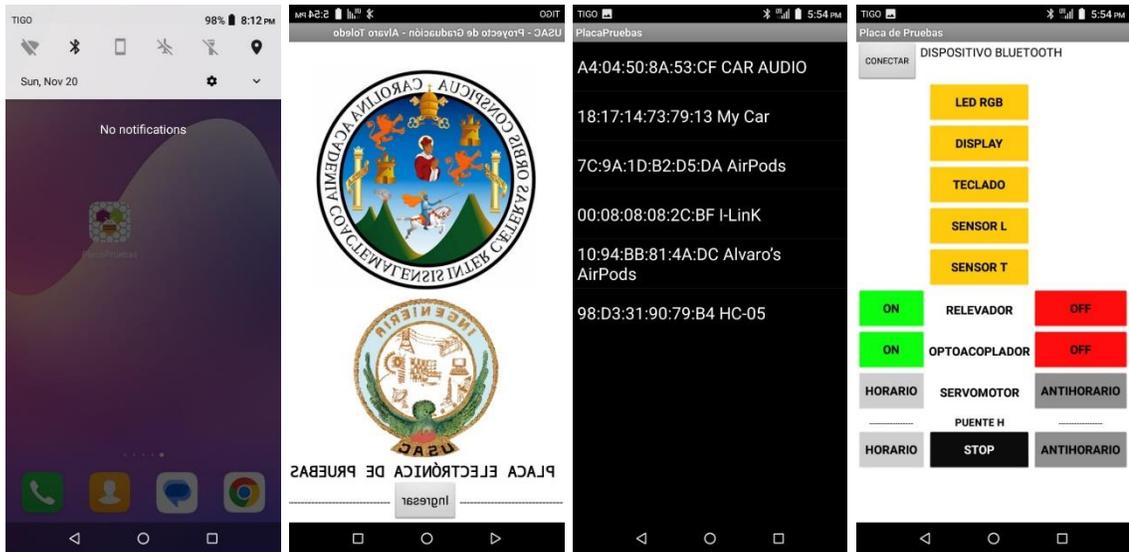
Fuente: elaboración propia.

4.2.2.2. Inicializar la aplicación

Una vez el sistema se encuentre encendido y el módulo de Bluetooth ya este emparejado al dispositivo con el que se desea conectarse, podemos hacer uso de las funciones de la aplicación. A continuación, se describe el procedimiento para iniciar la app:

- Activar el Bluetooth
- Seleccionar el acceso directo de la app PlacaPruebas
- En la pantalla 1, seleccionar Ingresar
- En la pantalla 2, seleccionar CONECTAR
- Seleccionar el módulo Bluetooth
- Regresar a la pantalla 2 para utilizar el sistema
- Oprima el botón de la función que quiera activar

Figura 79. Procedimiento para iniciar la aplicación



Fuente: elaboración propia.

4.3. Operación del sistema

A continuación, se presenta el modo de operación de cada una de las funciones del sistema, las consideraciones y posibilidades para la construcción de estos circuitos.

4.3.1. Operación del circuito sensor de luz

Pueden probarse LDR de distinto tipo y resistencia. Para este componente no importa la dirección en la que se conectan sus patas a la placa, la placa tiene señalizado el espacio para la fotorresistencia como LDR.

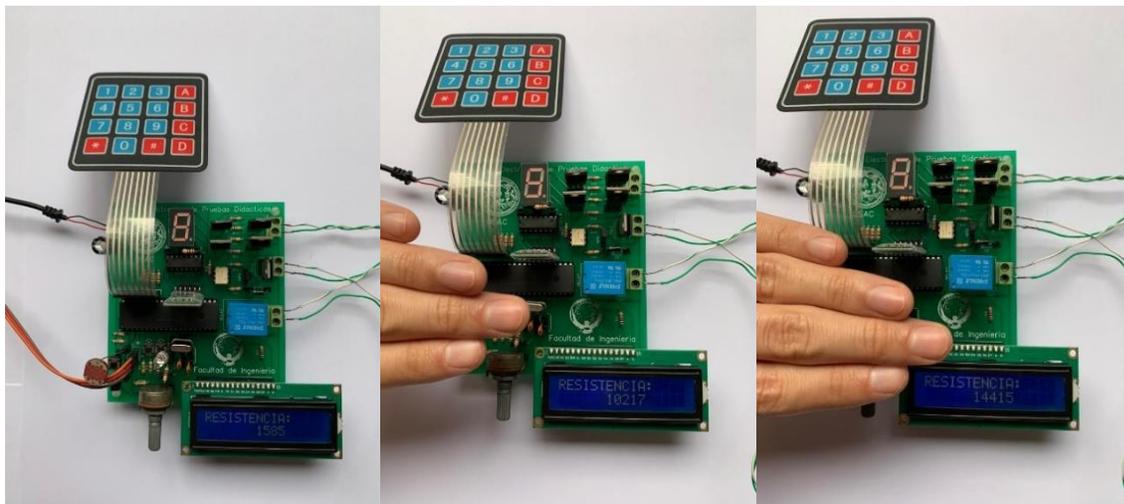
A continuación, se presentan los componentes que pueden probarse en este circuito:

Tabla XXIV. Componentes que se pueden probar en el circuito LDR

Componentes	Predeterminado
Fotorresistencias	Estándar

Fuente: elaboración propia.

Figura 80. Funcionamiento sensor de luz



Fuente: elaboración propia.

Se observa, como el valor desplegado de la resistencia en la pantalla LCD cambia a medida que se le quita la luz.

4.3.2. Operación del circuito sensor de temperatura

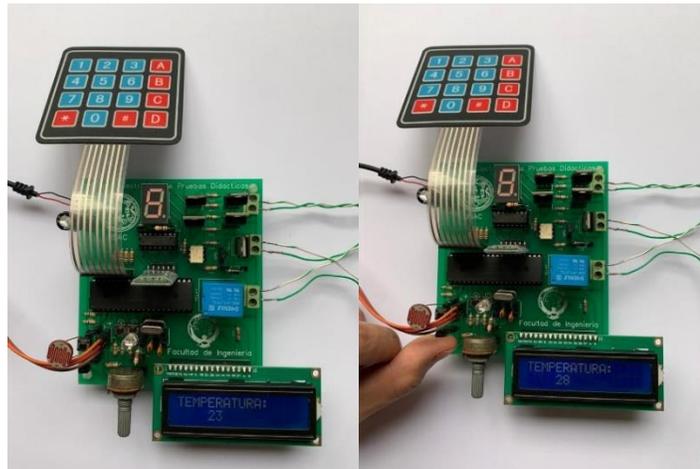
Pueden probarse sensores de temperatura de 3 pines con la misma disposición que la del LM35. La cara del Sensor apunta hacia adelante o parte inferior de la placa. A continuación, se presentan los componentes que pueden probarse en este circuito:

Tabla XXV. Componentes que se pueden probar en circuito temperatura

Componentes	Predeterminado
Sensores de temperatura	LM35

Fuente: elaboración propia.

Figura 81. Funcionamiento sensor de temperatura



Fuente: elaboración propia.

Se observa, como el valor desplegado de la temperatura en la pantalla LCD cambia a medida que se calienta el sensor de temperatura con contacto físico.

4.3.3. Operación del circuito teclado matricial 4x4

Existen diversidad de teclado matriciales, algunos con distinta asignación de botones, el sistema imprimirá en la pantalla LCD la disposición de teclas del teclado que se muestra a continuación.

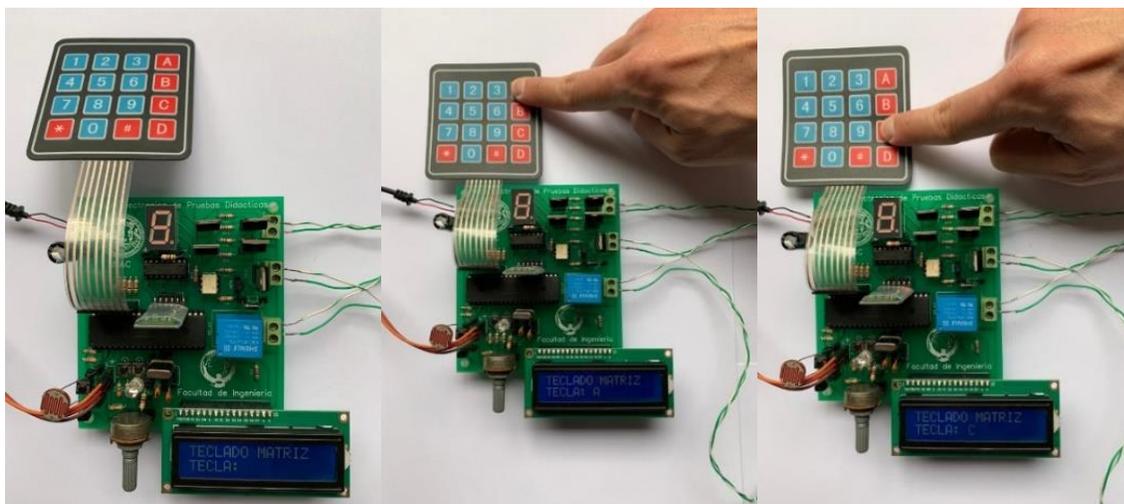
Se presentan los componentes que pueden probarse en este circuito:

Figura 82. **Componentes que se pueden probar en el circuito teclado matricial 4x4**

Componentes	Predeterminado
Teclados Alfanumérico	4 filas x 4 columnas

Fuente: elaboración propia.

Figura 83. **Funcionamiento teclado matricial 4x4**



Fuente: elaboración propia.

Se observa, como se imprime en la pantalla LCD el carácter asociado a la tecla mientras se oprime.

4.3.4. Operación del circuito LED RGB

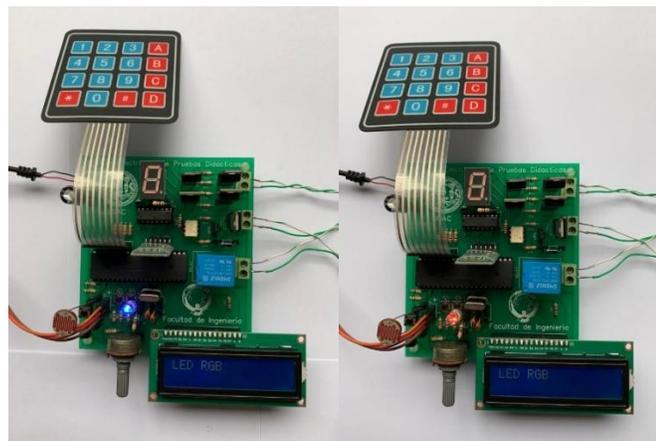
Este puede utilizar un led RGB cátodo común si la resistencia R7 se conecta al conector indicado con un signo menos, puede utilizar un led RGB ánodo común si la resistencia R7 se conecta al otro conector. A continuación, se presentan los componentes que pueden probarse en este circuito:

Tabla XXVI. Componentes que se pueden probar en el circuito LED RGB

Componentes	Predeterminado
LED RGB	Ánodo/cátodo común
Resistencias	1k Ω

Fuente: elaboración propia.

Figura 84. Funcionamiento LED RGB



Fuente: elaboración propia.

Se observan los cambios de color en el led RGB y el nombre del circuito en la pantalla LCD.

4.3.5. Operación del circuito decodificador BCD a 7 segmentos

Este circuito puede funcionar en cualquiera de las dos combinaciones siguientes:

Se puede utilizar un *display* de 7 segmentos cátodo común si la resistencia R7 se conecta al conector indicado con un signo menos más en la placa y un decodificador 74LS48 o puede utilizar un *display* de 7 segmentos ánodo común si la resistencia R7 se conecta al conector indicado con un signo más en la placa y un decodificador 74LS47.

A continuación, se presentan los componentes que pueden probarse en este circuito:

Tabla XXVII. **Componentes que se pueden probar en el circuito decodificador BCD a 7 segmentos**

Componente	Predeterminado
Decodificadores BCD	74LS47/74LS48
Displays de 7 segmentos	Ánodo/cátodo común
Resistencias	1k Ω

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se observa el conteo de los números de 0 a 9 en BCD desplegado en el *display* de 7 segmentos y el nombre del circuito en la pantalla LCD.

Figura 85. **Funcionamiento BCD *display* 7 segmentos**



Fuente: elaboración propia.

4.3.6. **Operación del circuito relevador**

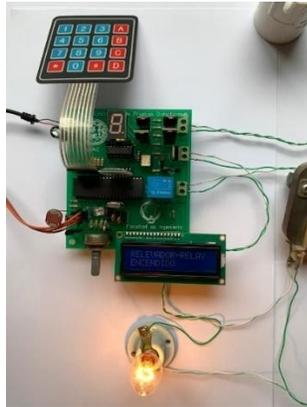
La polaridad del diodo se muestra en la placa para conectarlo correctamente, y la parte frontal del transistor NPN debe ir hacia el lado izquierdo de la placa. A continuación, se presentan los componentes que pueden probarse en este circuito:

Tabla XXVIII. **Componentes que se pueden probar en el circuito relevador**

Componentes	Predeterminado
<i>Relays</i>	2 polos 1 tiro 24VDC
Cargas AC	Lámpara
diodos	Silicio
Transistor NPN	2N3904

Fuente: elaboración propia.

Figura 86. **Funcionamiento *relay* encendido**



Fuente: elaboración propia.

Se observa la activación de la carga AC y el nombre del circuito en la pantalla LCD y su estado.

Figura 87. **Funcionamiento *relay* apagado**



Fuente: elaboración propia.

Se observa la desactivación de la carga AC y el nombre del circuito en la pantalla LCD y su estado.

4.3.7. Operación del circuito optoacoplador

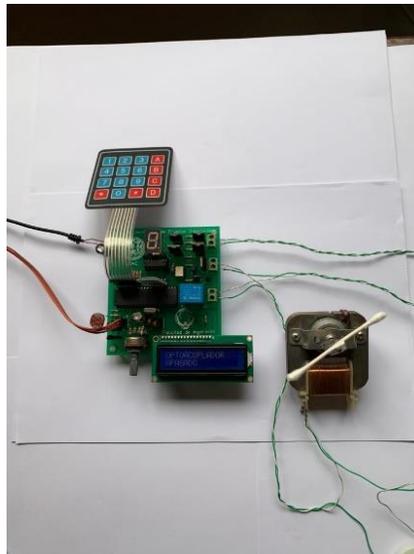
En la placa se muestra la correcta dirección en la que se deben colocar el circuito integrado y el TRIAC. A continuación, se presentan los componentes que pueden probarse en este circuito:

Tabla XXIX. **Componentes que se pueden probar en el circuito optoacoplador**

Componentes	Predeterminado
Optoacopladores	MOC3021/ MOC3020
Motores AC	120VAC
TRIAC NPN	BTA16

Fuente: elaboración propia.

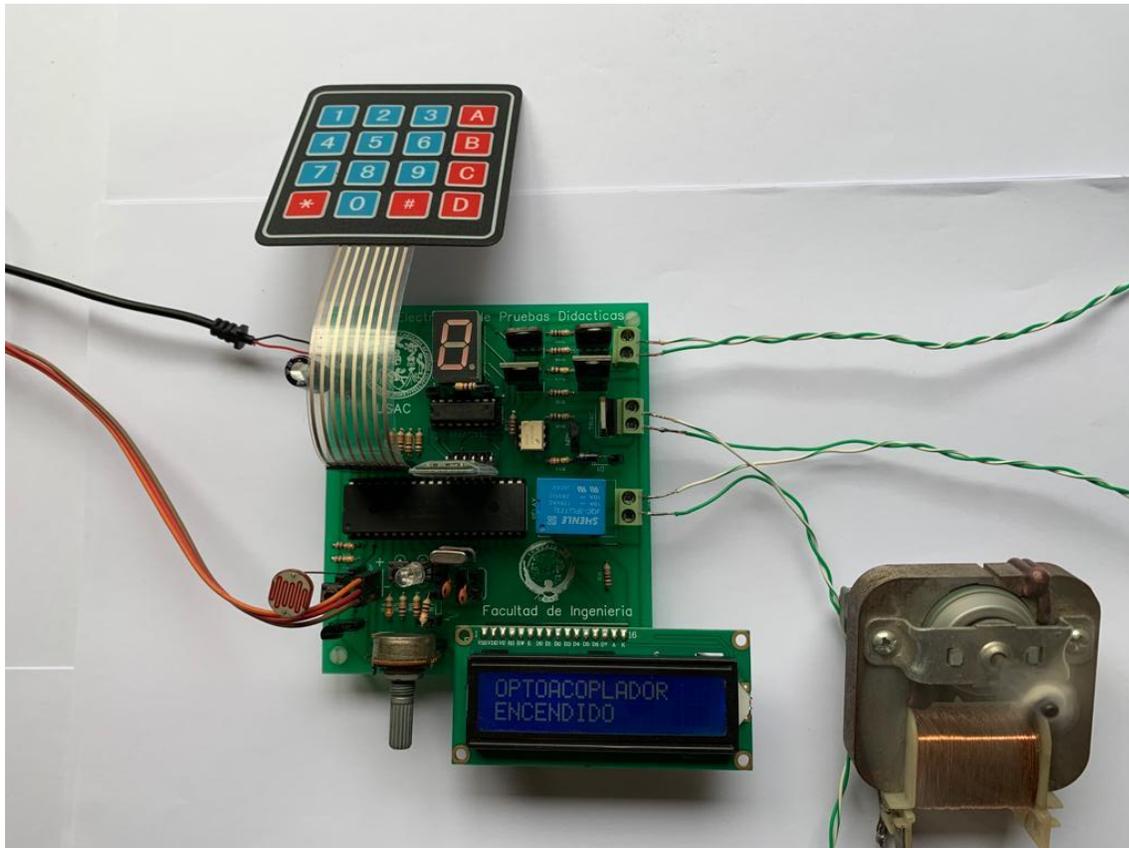
Figura 88. **Funcionamiento optoacoplador apagado**



Fuente: elaboración propia.

Se observa la desactivación del motor AC y el nombre del circuito en la pantalla LCD y su estado.

Figura 89. **Funcionamiento optoacoplador encendido**



Fuente: elaboración propia.

Se observa la activación del motor AC y el nombre del circuito en la pantalla LCD y su estado.

4.3.8. Operación del circuito servomotor

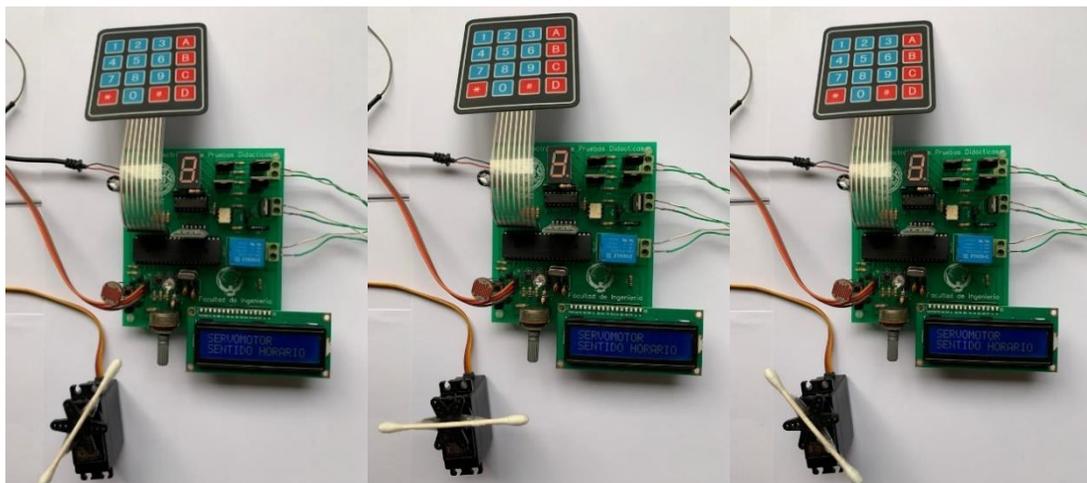
Para habilitar la posibilidad de usar distintos tipos de servomotores de distinta potencia, se hizo arreglo para que el servomotor sea alimentado por una fuente externa, y controlado por el microcontrolador PIC, para esto, se debe conectar la señal de control y referencia, y unir las tierras. La tierra y señal de referencia se deben conectar a los conectores con el signo menos - en la placa y la señal de control al pin con el signo + en la placa. A continuación, se presentan los componentes que pueden probarse en este circuito:

Tabla XXX. Componentes que se pueden probar en el circuito Servomotor

Componentes	Predeterminado
servomotores	5VDC

Fuente: elaboración propia.

Figura 90. Funcionamiento servomotor secuencia horario



Fuente: elaboración propia.

Se observa la activación del servomotor y como este recorre cierto ángulo en sentido horario en cada activación. Se visualiza el nombre del circuito en la pantalla LCD y su estado.

Debido a que se necesita punto intermedio cuando se opera este circuito con el control manual, en caso se requiera girar el motor en más de una vez en la misma dirección con alguna de las funciones adyacentes.

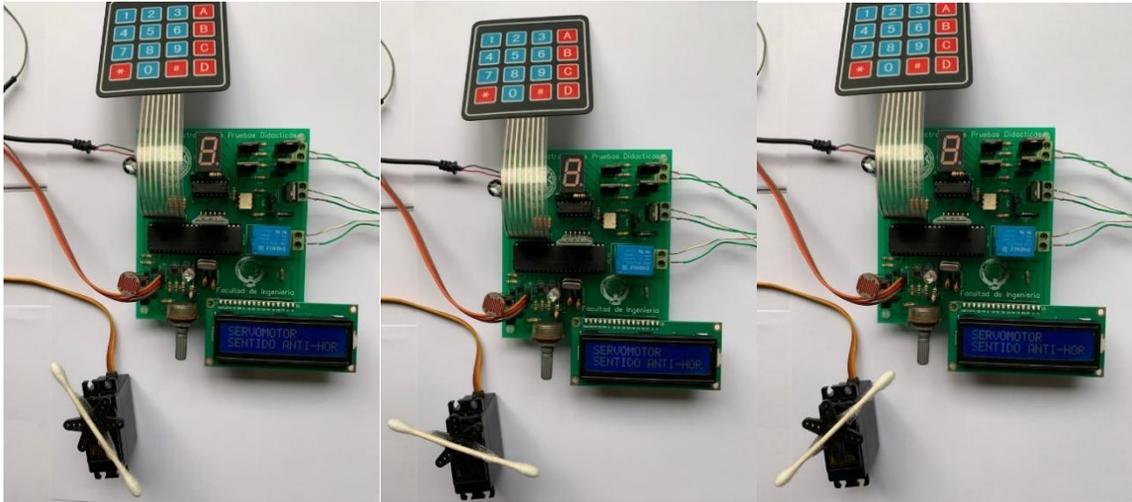
Figura 91. **Funciona intermedia del servomotor detenido**



Fuente: elaboración propia.

A continuación, se observa la activación del servomotor y como este recorre cierto ángulo en sentido antihorario en cada activación. Se visualiza el nombre del circuito en la pantalla LCD y su estado.

Figura 92. **Funcionamiento servomotor secuencia antihorario**



Fuente: elaboración propia.

4.3.9. **Operación del circuito de control de motor DC**

Para este circuito, las caras de los 4 transistores Darlington deben ir viendo hacia la parte inferior de la placa.

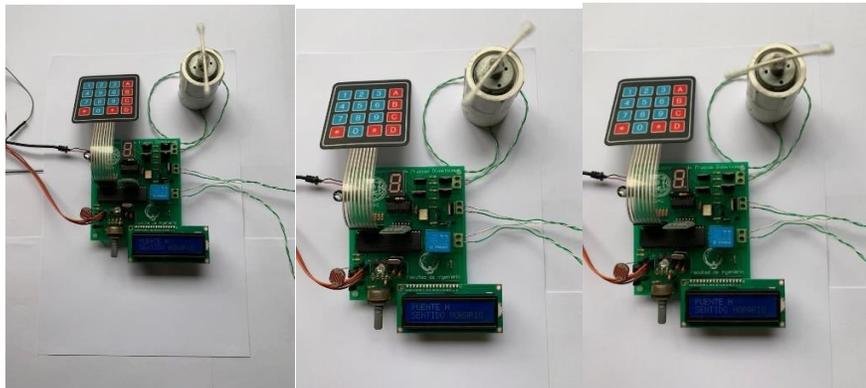
A continuación, se presentan los componentes que pueden probarse en este circuito:

Tabla XXXI. **Componentes del circuito de control de motor DC**

Componentes	Tipo
Motores DC	5V
Transistores Darlington NPN	TIP111
Transistores Darlington PNP	TIP117

Fuente: elaboración propia.

Figura 93. **Funcionamiento puente H secuencia horario**



Fuente: elaboración propia.

Se observa como gira el motor DC en sentido horario. Se visualiza el nombre del circuito en la pantalla LCD y su estado.

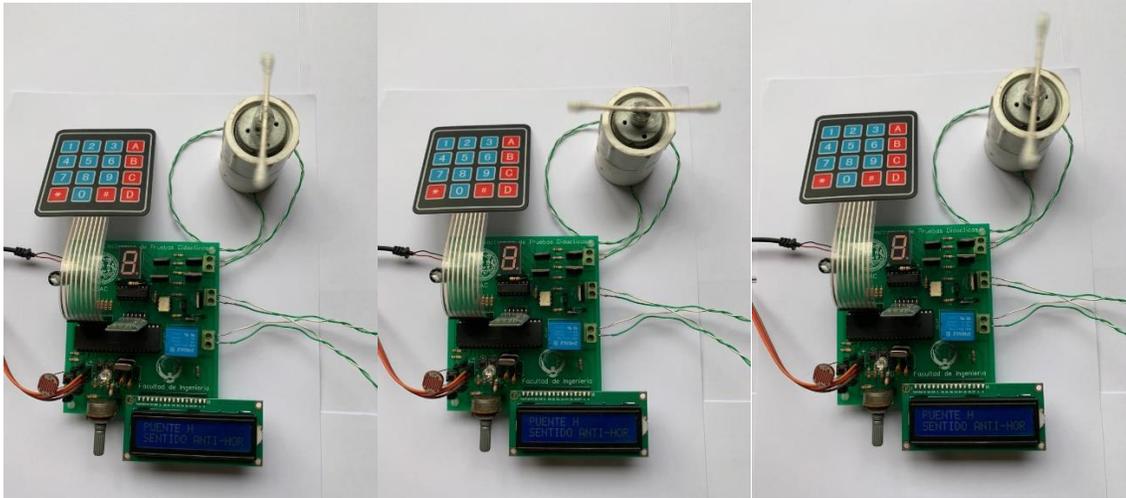
Figura 94. **Funcionamiento puente H detenido**



Fuente: elaboración propia.

Se observa cómo se detiene el motor DC. Se visualiza el nombre del circuito en la pantalla LCD y su estado.

Figura 95. **Funcionamiento puente H secuencia antihorario**



Fuente: elaboración propia.

Se observa como gira el motor DC en sentido antihorario. Se visualiza el nombre del circuito en la pantalla LCD y su estado.

En resumen, se pueden probar una diversidad de componentes en la placa implementada.

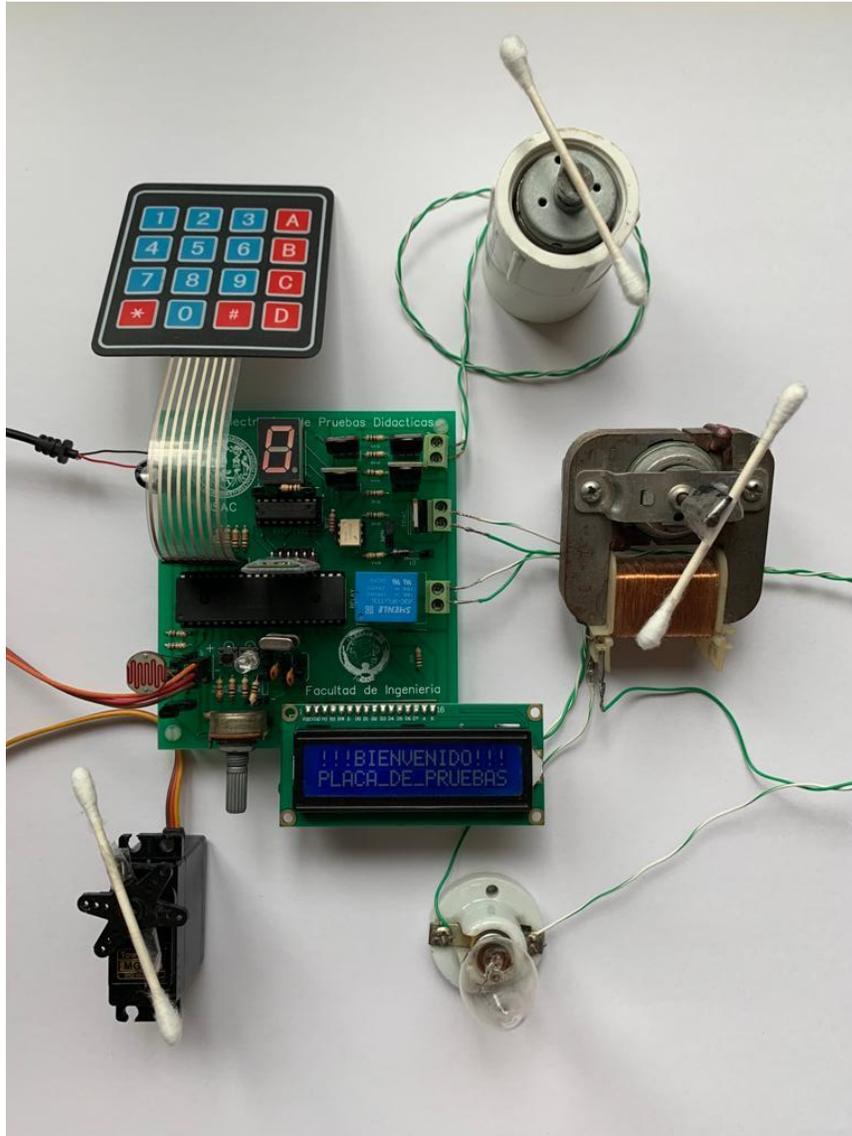
La siguiente tabla muestra los componentes que se pueden probar en el sistema.

Tabla XXXII. **Componentes que se pueden probar en el sistema.**

Componentes
Microcontroladores PIC 40 pines
Fuentes de voltaje DC
Capacitores electrolíticos
Push-buttons
Cristales de oscilación
Capacitores cerámicos
Módulos Bluetooth
Pantallas LCD
Potenciómetros
Fotorresistencias
Sensores de temperatura
Teclados Alfanumérico
LED RGB
Resistencias
Decodificadores BCD
Displays de 7 segmentos
Resistencias
Relays
Cargas AC
diodos
Transistores NPN
Optoacopladores
Motores AC
TRIAC NPN
servomotores
Motores DC
Transistores Darlington NPN
Transistores Darlington PNP

Fuente: elaboración propia.

Figura 96. **Placa electrónica de pruebas didácticas**



Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Se diseñó e implementó una placa electrónica con fines de pruebas y didácticos.
2. Se Integraron circuitos que son de utilidad para probar una amplia variedad de componentes electrónicos.
3. Se establecieron interfaces de control de actualidad y amigables al usuario.
4. Se expuso la operación y el funcionamiento de la placa electrónica implementada.
5. Se donó este proyecto junto con un manual de usuario al Laboratorio de Electrónica de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica para que los estudiantes puedan realizar pruebas y aprender electrónica mediante la práctica.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar la misma fuente de voltaje para la alimentación de los circuitos.
2. Unir la referencia de las fuentes de las distintas fuentes voltaje, en caso se desee utilizar más de una, para garantizar el buen funcionamiento del sistema.
3. Simular y probar en *protoboard* un circuito antes de implementarlo.
4. Utilizar la aplicación con Bluetooth a una distancia menor o igual a 10 m del módulo receptor, para evitar caídas en la conexión bluetooth.

BIBLIOGRAFÍA

1. CLAVIJO MENDOZA, Juan Ricardo. *Diseño y simulación de sistemas microcontrolados en lenguaje C*. Colombia. Bogotá, 2011. 17-20, 34, 44, 50, 78, 79, 128, 263, 265, 271, 273, 274 pp. ISBN: 978-958-44-8619-6.
2. BÁRCENA RUIZ, Rafael; ETXEBARRIA EGIZABAL, Ainhoa. *Electrónica Digital*. [en línea]. <https://ocw.ehu.es/pluginfile.php/42740/mod_page/content/1/Tema_5/5_5.pdf>. [consulta: el 16 de enero de 2022].
3. BIRT LH. *ELEC09*. [en línea]. <https://ikastaroak.birt.eus/edu/argitalpen/backupa/20200331/1920k/es/IEA/ELEC/ELEC09/es_IEA_ELEC09_Contenidos/website_323_oscilador_de_cristal_de_cuarzo.html>. [consulta: el 7 de enero de 2022].
4. ELECTRONIC BOARD. *¿Qué es una PCB? ¿Cómo funcionan las tarjetas electrónicas?* [en línea]. <<https://www.electronicboard.es/que-es-una-pcb/>>. [consulta: el 5 de junio de 2022].
5. Electrónica LAM. *Componentes electrónicos. 15 de abril de 2020*. [en línea]. <<https://www.electronicalam.com/componentes-electronicos/>>. [consulta: el 1 de marzo de 2022].

6. Electrónica Unicrom. *Transistor Darlington - ¿Qué es? ¿Cómo Funciona?* [en línea]. <<https://unicrom.com/transistor-darlington/>>. [consulta: el 2 de enero de 2022].
7. Federación de Enseñanza de Comisiones Obreras de Andalucía. *Componentes de circuitos electrónicos empleados en tecnología*. Noviembre de 2009. 2-8 pp. ISSN: 1989-4023. [en línea]. <<https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd6324.pdf>>. [consulta: el 15 de enero de 2022].
8. HERAZO, Luis. *¿Qué es una aplicación móvil?* [en línea]. <<https://anincubator.com/que-es-una-aplicacion-movil/>>. [consulta: el 12 de julio de 2022].
9. MOES, Tibor. *¿Qué es el Bluetooth y para qué sirve?* [en línea]. <<https://softwarelab.org/es/bluetooth/>>. [consulta: el 19 de febrero de 2022].
10. MOTOREX. *Diferencias entre Motores eléctricos de Corriente Continua y Corriente Alterna. 7 de octubre de 2019*. [en línea]. <<https://www.motorex.com.pe/blog/cual-es-la-diferencia-entre-los-motores-electricos-ca-y-cc/>>. [consulta: el 15 de mayo de 2022].
11. PÉREZ PORTO, J.; MERINO, M. *Definición de Android - Qué es, Significado y Concepto*. [en línea]. <<https://definicion.de/android/>>. [consulta: el 1 de mayo de 2022].

APÉNDICE

A continuación, se presenta el código en lenguaje C de la programación del microcontrolador PIC y una explicación breve de cómo funciona el programa. Los comentarios son precedidos por la doble diagonal //.

Apéndice 1. Código del programa del Microcontrolador PIC con comentarios

Código de programación
//Declaración del puerto para el teclado 4x4
char keypadPort at PORTB;
//USART
char DATO;
//LCD
//declare array set to max size required plus 1 [for terminator] for copying into
char msg[21];
//copy const to ram string
char * CopyConst2Ram(char * dest, const char * src){
char * d ;
d = dest;
for(*dest++ = *src++);
return d;
}
void display (int w){
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
Lcd_Out(1,1,CopyConst2Ram(msg,w));
DATO =0;
}

Continuación del apéndice 1.

void display2 (int x){
Lcd_Out(2,1,CopyConst2Ram(msg,x));
}
void display3 (int y){
Lcd_Out(3,1,CopyConst2Ram(msg,y));
}
void display4 (int z){
Lcd_Out(4,1,CopyConst2Ram(msg,z));
}
//SERVOMOTOR
void Pwm_Sevo(float ang){
unsigned int n, max;
max = 1.61*ang;
PORTA.F2=1;
delay_ms(1);
for(n=0; n<max; n++)
delay_us(1);
PORTA.F2=0;
delay_ms(15);
}
//BCD
const unsigned short DIGITOS[] ={
0b00000000, //Código del dígito 0
0b00010000, //Código del dígito 1
0b00100000, //Código del dígito 2
0b00110000, //Código del dígito 3
0b01000000, //Código del dígito 4
0b01010000, //Código del dígito 5
0b01100000, //Código del dígito 6
0b01110000, //Código del dígito 7
0b10000000, //Código del dígito 8
0b10010000, //Código del dígito 9
};

Continuación del apéndice 1.

//Pines de salida para el LCD
sbit LCD_RS at RC0_bit;
sbit LCD_EN at RC1_bit;
sbit LCD_D7 at RD1_bit;
sbit LCD_D6 at RD0_bit;
sbit LCD_D5 at RC3_bit;
sbit LCD_D4 at RC2_bit;
//Bits de configuración TRIS
sbit LCD_RS_Direction at TRISC0_bit;
sbit LCD_EN_Direction at TRISC1_bit;
sbit LCD_D7_Direction at TRISD1_bit;
sbit LCD_D6_Direction at TRISD0_bit;
sbit LCD_D5_Direction at TRISC3_bit;
sbit LCD_D4_Direction at TRISC2_bit;
//Función para decodificar el teclado.
char LeerTeclado(void){
//Estructura switch case para evaluar los valores retornados
//por la librería del teclado.
switch(Keypad_Key_Press()){
case 1: return '1';
case 2: return '2';
case 3: return '3';
case 4: return 'A';
case 5: return '4';
case 6: return '5';
case 7: return '6';
case 8: return 'B';
case 9: return '7';
case 10: return '8';
case 11: return '9';
case 12: return 'C';
case 13: return '*';
case 14: return '0';
case 15: return '#';

Continuación del apéndice 1.

case 16: return 'D';
default: return 0; //Tecla no pulsada.
}
}
//LCD
const char txt1[] = "!!!BIENVENIDO!!!!!!";
const char txt2[] = "PLACA_DE_PRUEBAS_-_";
const char txt3[] = "SE-SIENTE-INCREIBLE-";
const char txt4[] = "TENER-MAS-LINEAS....";
const char txt5[] = "RELEVADOR-RELAY";
const char txt6[] = "OPTOACOPLADOR";
const char txt7[] = "TECLADO MATRIZ";
const char txt8[] = "TECLA: ";
const char txt9[] = "PUENTE H";
const char txt10[] = "SENTIDO HORARIO";
const char txt11[] = "STOP";
const char txt12[] = "SENTIDO ANTI-HORARIO";
const char txt13[] = "BCD 7 SEGMENTOS";
const char txt14[] = "LED RGB";
const char txt15[] = "555 MONOASTABLE";
const char txt16[] = "RESISTENCIA:";
const char txt17[] = "TEMPERATURA:";
const char txt18[] = "SERVOMOTOR";
const char txt19[] = "ENCENDIDO";
const char txt20[] = "APAGADO";
const char txt21[] = "ANGULO: ";
void main(void) {
//Control Manual
char MANUAL[16]={'0','q','w','e','r','t','y','u','i','o','p','a','s','d','f','g'};
//USART

Continuación del apéndice 1.

int opcion;
//Control Manual
int x=0;
//teclado
char Tecla;
char angu;
//BCD 7 SEG
unsigned short CONTADOR=0;
//LDR
unsigned long Radc, Disl;
char Text[16];
//SENSOR T
unsigned int Radc1, Tem1;
float Tem;
char Text1[16];
//SERVOMOTOR
float ANGULO=90;
ADCON1 =0b00000101;
//SERVOMOTOR
TRISA.F2=0;
// CONTROL MANUAL
TRISA.F4=1;
TRISA.F5=1;
//TECLADO

Continuación del apéndice 1.

TRISB=1;
//RELAY
TRISC.F4=0;
//MOC
TRISC.F5=0;
PORTC=0;
//BCD Y PUENTE H
TRISD=0;
PORTD=0;
//LED RGB
TRISE=0;
PORTE=0;
// init uart at 9600
UART1_Init(9600);
//Initialize LCD
Lcd_Init();
//Clear display
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
//Cursor off
Lcd_Cmd(_LCD_CURSOR_OFF);
//Write text in first row
display(txt1);
display2(txt2);
display3(txt3);
display4(txt4);
//Bucle infito...
while(1){
//Control Bluetooth

Continuación del apéndice 1.

if(UART1_Data_Ready()){
DATO = UART1_Read();}
//subrutina para cada letra
switch (DATO){
// RELEVADOR-RELAY ON
case 'q': display(txt5);
display2(txt19);
PORTC.F4=1;
opcion=0;
break;
// RELEVADOR-RELAY OFF
case 'w': display(txt5);
display2(txt20);
PORTC.F4=0;
opcion=0;
break;
// MOC ON
case 'e': display(txt6);
display2(txt19);
PORTC.F5=1;
opcion=0;
break;
//MOC OFF
case 'r': display(txt6);
display2(txt20);
PORTC.F5=0;
opcion=0;
break;
//TECLADO
case 't': display(txt7);
display2(txt8);
opcion=1;
break;

Continuación del apéndice 1.

//PUENTE H HORARIO
case 'y': display(txt9);
display2(txt10);
PORTD.f2=0;
PORTD.f3=1;
opcion=0;
break;
//PUENTE H OFF
case 'u': display(txt9);
display2(txt11);
PORTD.F2=0;
PORTD.F3=0;
opcion=0;
break;
//PUENTE H ANTIHORARIO
case 'i': display(txt9);
display2(txt12);
PORTD.F2=1;
PORTD.F3=0;
opcion=0;
break;
//BCD
case 'o': display(txt13);
opcion=2;
break;
//RGB
case 'p': display(txt14);
opcion=6;
break;
//LDR
case 'a': display(txt16);
opcion=3;
break;
//TEMPERATURA
case 's': display(txt17);
opcion=4;

Continuación del apéndice 1.

break;
//SERVO ANTIHORARIO
case 'd': display(txt18);
display2(txt10);
ANGULO-=10.0;
if(ANGULO<0.0)ANGULO=0.0;
opcion=5;
break;
//SERVO STOP
case 'f': display(txt18);
opcion=5;
break;
//SERVO HORARIO
case 'g': display(txt18);
display2(txt12);
ANGULO+=10.0;
if(ANGULO>180.0)ANGULO=180.0;
opcion=5;
break;
}
//Control Manual adelante
if(PORTA.F4==0){
x++;
if(x>15) x=1;
DATO=MANUAL[x];
while(PORTA.F4==0);//Espera a que el RB7 cambie a 1.
//Control Manual atrás
if(PORTA.F5==0){
x--;
if(x<1) x=1;
DATO=MANUAL[x];
while(PORTA.F5==0);//Espera a que el RB7 cambie a 1.
//TECLADO

Continuación del apéndice 1.

if(opcion==1){
Tecla=LeerTeclado();
//Visualización el valor retornado por el teclado.
Lcd_Chr(2,8,Tecla);
}
//BCD
if(opcion==2){
//Se visualiza el digito correspondiente al número guardado en la variable CONTADOR.
PORTD = DIGITOS[CONTADOR];
//Se incrementa el valor del conteo.
CONTADOR++;
//Se hace un retardo de medio segundo.
delay_ms(500);
if(CONTADOR==10)CONTADOR=0;
}
//LDR
if(opcion==3){
//Lectura del canal análogo.
Radc=ADC_Read(0);
//Implementación del cálculo de la LDR, ecuación (13.20).
Disl = (Radc*48.87585533)/(5.0-Radc*0.004887585);
//Se convierte el valor entero largo, en cadena de texto.
LongToStr(Disl, Text);
//Se imprime la lectura del sensor.
Lcd_Out(2, 1, Text);
//Retardo de 100m segundos.
delay_ms(100);
}
//SENSOR T
if(opcion==4){
//Lectura del canal 0 del ADC.
Radc1 = ADC_Read(1);

Continuación del apéndice 1.

//Uso de la ecuación (13.5).
Tem = 0.244*Radc1;
//Se convierte el resultado a un número entero.
Teml = Tem;
//Se convierte el número entero a una cadena de caracteres.
IntToStr(Teml, Text1);
//Se imprime el resultado.
Lcd_Out(2, 1, Text1);
//Retardo de 100m segundos.
delay_ms(100);
}
//SERVOMOTOR
if(opcion==5){
//Se genera un pulso.
Pwm_Sevo(ANGULO);
}
//RGB
if(opcion==6){
PORTE.F0=0;
PORTE.F1=0;
PORTE.F2=1;
delay_ms(250);
PORTE.F0=0;
PORTE.F1=1;
PORTE.F2=0;
delay_ms(250);
PORTE.F0=1;
PORTE.F1=0;
PORTE.F2=0;
delay_ms(250);
}
}
}

Fuente: elaboración propia.

