

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DOMÓTICO PARA EL CONTROL DE SISTEMAS DE CALEFACCIÓN, SONIDO Y PERSIANAS

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA

Luis Eduardo Calero Gordón

luis.calero@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. ALAN DANIEL CUENCA SÁNCHEZ, MSC.

alan.cuenca@epn.edu.ec

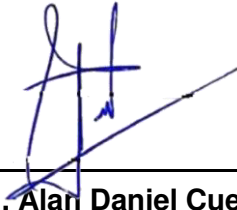
CODIRECTOR: ING. CARLOS ORLANDO ROMO HERRERA, MSC.

carlos.romo@epn.edu.ec

Quito, febrero 2022

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por el Sr Calero Gordón Luis Eduardo como requerimiento parcial a la obtención del título de TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA, bajo nuestra supervisión:



**Ing. Alan Daniel Cuenca
Sánchez**

DIRECTOR DEL PROYECTO



**Ing. Carlos Orlando Romo
Herrera**

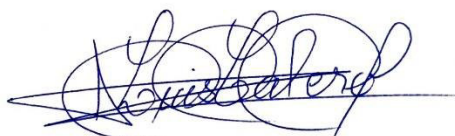
CODIRECTOR DEL PROYECTO

DECLARACIÓN

Yo Calero Gordón Luis Eduardo con CI: 1729098630 declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Sin perjuicio de los derechos reconocidos en el primer párrafo del artículo 144 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación – COESC-, soy titular de la obra en mención y otorgo una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines académicos a la Escuela Politécnica Nacional.

Entrego toda la información técnica pertinente, en caso de que hubiese una explotación comercial de la obra por parte de la EPN, se negociará los porcentajes de los beneficios conforme lo establece la normativa nacional vigente.



Luis Eduardo Calero Gordón

ESTUDIANTE

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a Dios por brindarme salud para culminar mi carrera profesional, a mis padres José y Yolanda, por estar siempre a mi lado. Mis hermanas, quienes me inculcaron que con el esfuerzo y la perseverancia se consiguen las metas propuestas.

A mi director de tesis por su paciencia y colaboración para que pueda culminar con este informe técnico.

AGRADECIMIENTO

A mis padres por brindarme sus bendiciones, esfuerzos y dedicación, para que yo pueda culminar con un objetivo más de mi vida, ya que, sin su respaldo incondicional no hubiera logrado este sueño tan anhelado.

Mis hermanas, pilares fundamentales de mí vida, que a través, de sus consejos y apoyo me han motivado a ser una mejor persona y a no rendirme frente a las adversidades del día a día.

Finalmente, agradezco a la Escuela Politécnica Nacional, por permitirme ser parte de su prestigiosa institución. Dotada de grandes y excelentes profesionales, cada uno con una calidez humana sin igual. Personas que admiro y respeto por su notable compromiso en el distinguido campo de la docencia.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	Introducción.....	1
1.1	Objetivo general.....	1
1.2	Objetivos específicos.....	1
1.3	Fundamentos.....	2
	MIT App Inventor.....	2
	Adafruit.....	3
	IFTTT.....	3
	Protocolo de comunicación MQTT.....	3
2	Metodología.....	5
2.1	Descripción de la metodología usada.....	5
3	Resultados y Discusión.....	7
3.1	Requerimientos del módulo didáctico.....	7
	La domótica en el Ecuador.....	7
	Tamaño y dimensiones.....	8
3.2	Construcción.....	10
	Estructura física del módulo y sistema eléctrico.....	10
	Selección de componentes.....	11
	Implementación.....	19
3.3	Algoritmos.....	22
	Conectividad con el asistente inteligente.....	22
	Trama de comunicación.....	32
	Control remoto.....	32
	Programa principal.....	33
3.4	Pruebas y análisis de resultados.....	35
	Pruebas de comunicación.....	35
	Prueba de temperatura.....	36
	Prueba de nivel de altura de las persianas.....	36

3.5	Hojas guías de laboratorio.....	39
3.6	Manual de uso y mantenimiento.....	39
4	Conclusiones y Recomendaciones.....	40
4.1	Conclusiones.....	40
4.2	Recomendaciones	41
5	Referencias Bibliográficas	43
	ANEXOS	46
	Anexo 1: Certificado de Funcionamiento	i
	Anexo 2: Planos y Esquemas	iii
	Anexo 3: Datos técnicos.....	x
	Anexo 4: Diagramas de flujo	xv
	Anexo 5: Hojas guía	xx

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Entorno de trabajo de MIT App Inventor	2
Figura 1.2 Plataforma Adafruit IO	3
Figura 1.3 Plataforma IFTTT	3
Figura 1.4 Funcionamiento del protocolo MQTT	4
Figura 3.1 Pilares de la domótica	7
Figura 3.2 Vista superior del área de instrumentación	9
Figura 3.3 Vista isométrica de la Estructura 1.	10
Figura 3.4 Vista isométrica de la Estructura 2.	11
Figura 3.5 Placa de desarrollo Arduino Nano	12
Figura 3.6 Placa de desarrollo NODEMCU	12
Figura 3.7 Módulo bluetooth HC-05	13
Figura 3.8 Sensor BME-280	13
Figura 3.9 Módulo reproductor de audio DFPLAYER MINI	14
Figura 3.10 Formato de las canciones almacenadas en la <i>microSD</i>	14
Figura 3.11 Pantalla LCD 20X4	15
Figura 3.12 Convertidor reductor LM2596	15
Figura 3.13 Conversor de estados lógicos bidireccional	16
Figura 3.14 Circuito integrado expansor PCF8574	16
Figura 3.15 Circuito integrado ULN2003	16
Figura 3.16 Codificador 74C922	17
Figura 3.17 Módulo sensor de efecto hall KY-024	17
Figura 3.18 Teclado matricial 4X4	18
Figura 3.19 Acople flexible de 5 (mm) a 8 (mm)	18
Figura 3.20 Motor paso a paso, 28BYJ48-5V	19
Figura 3.21 Proceso de construcción de la Estructura 1.	19
Figura 3.22 Proceso de construcción de la Estructura 2.	19
Figura 3.23 Montaje de los dispositivos electrónicos, sobre la baquelita doble cara.	20
Figura 3.24 Colocación de la placa electrónica, dentro de la Estructura 2.	20
Figura 3.25 Conexiones eléctricas.	21
Figura 3.26 Unión de las dos Estructuras.	21
Figura 3.27 Implementación de las ruedas.	22
Figura 3.28 Módulo didáctico domótico finalizado.	22
Figura 3.29 Bienvenida a los servicios de <i>Adafruit</i>	23

Figura 3.30	Selección de la pestaña IO, en el entorno de trabajo de Adafruit.	23
Figura 3.31	Proceso para generar un <i>Feed</i>	24
Figura 3.32	Cuadro de diálogo, para crear un nuevo <i>Feed</i>	24
Figura 3.33	Nombres de los contenedores creados en <i>Adafruit</i>	24
Figura 3.34	Proceso para generar un panel de instrumentos.	25
Figura 3.35	Cuadro de diálogo, para crear un nuevo panel de instrumentos.	25
Figura 3.36	Nombre del panel de instrumentos creado en <i>Adafruit</i>	25
Figura 3.37	Proceso para añadir componentes digitales en <i>Adafruit</i>	26
Figura 3.38	Menú de componentes digitales de la plataforma <i>Adafruit</i>	26
Figura 3.39	Vinculación del contenedor <i>Feed</i> , con el interruptor tipo palanca.	27
Figura 3.40	Configuración del diseño del interruptor de palanca.	27
Figura 3.41	Diseño final del panel de instrumentos creado en <i>Adafruit</i>	28
Figura 3.42	Bienvenida a los servicios de IFTTT.	28
Figura 3.43	Proceso para crear el Gatillo en IFTTT.	29
Figura 3.44	Selección de la inteligencia artificial de Google.	29
Figura 3.45	Plantillas de los comandos de voz personalizados.	29
Figura 3.46	Escritura de los comandos de voz personalizados.	30
Figura 3.47	Proceso para crear la Acción en IFTTT.	30
Figura 3.48	Selección de la plataforma de <i>Adafruit</i>	30
Figura 3.49	Asignación de contenedor <i>Feed</i>	31
Figura 3.50	Ventana digital de confirmación.	31
Figura 3.51	Panel de control finalizado, en el entorno de trabajo de IFTTT.	31
Figura 3.52	Algoritmo de control del NODEMCU.	32
Figura 3.53	Interfaces de usuario de aplicativo móvil, (a) Panel de control de la calefacción, (b) Panel de control de las persianas, (c) Panel de control del sonido. ...	33
Figura 3.54	Instalador de <i>SmartHome</i>	33
Figura 3.55	Algoritmo de control del Arduino Nano.	34
Figura 3.56	Código QR, para acceder al video de las pruebas de funcionamiento. ...	38
Figura 3.57	Código QR, para acceder al video de manual de usuario.	39
Figura 3.58	Código QR, para acceder al video de manual de mantenimiento.	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Empresas ecuatorianas de domótica.....	8
Tabla 3.2 Evaluación de funcionamiento de los dispositivos.....	35
Tabla 3.3 Error porcentual del sensor BME280.....	36
Tabla 3.4 Datos obtenidos para la persiana A.....	37
Tabla 3.5 Datos obtenidos para la persiana B.....	37
Tabla 3.6 Datos obtenidos para la persiana C.....	38

RESUMEN

El presente proyecto de titulación, Implementación de un módulo didáctico domótico para el control de sistemas de calefacción, sonido y persianas, busca fomentar el interés en los estudiantes de Tecnología en Electromecánica, sobre el manejo de los diversos dispositivos electrónicos que conforman las nuevas tendencias de automatización aplicables al área residencial, definidas como domótica.

El documento está constituido por cinco secciones, las cuales se describen a continuación.

La sección uno contiene la introducción, el objetivo general, los objetivos específicos, además de una breve descripción de las plataformas digitales empleadas para el desarrollo del proyecto.

La sección dos detalla la metodología empleada para la elaboración del módulo didáctico, describiendo el proceso de diseño y la construcción del objeto en cuestión.

La sección tres contiene los resultados obtenidos en cada objetivo planteado, además se puntualizan las pruebas de funcionamiento y los manuales de usuario y mantenimiento del módulo.

La sección cuatro describe las conclusiones y recomendaciones obtenidas luego de haber alcanzado cada uno de los objetivos planteados.

Finalmente, la sección cinco incluye las citas bibliográficas empleadas para la elaboración del presente proyecto de titulación.

PALABRAS CLAVE: *NODEMCU, MIT App Inventor, Domótica, Dfplayer Mini.*

ABSTRACT

This degree project, Implementation of a home automation didactic module for the control of heating, sound and blind systems, seeks to foster interest in Electromechanical Technology students, on the management of the various electronic devices that make up the new trends in automation applicable to the residential area, defined as home automation.

The document consists of five sections, which are described below.

Section one contains the introduction, the general objective, the specific objectives, as well as a brief description of the digital platforms used for the development of the project.

Section two details the methodology used for the development of the didactic module, describing the design process and the construction of the object in question.

Section three contains the results obtained in each objective set, in addition the functional tests and the user and maintenance manuals of the module are specified.

Section four describes the conclusions and recommendations obtained after having achieved each of the proposed objectives.

Finally, section five includes the bibliographic citations used for the preparation of this degree project.

KEY WORDS: NODEMCU, MIT App Inventor, Domotics, Dfplayer Mini

1 INTRODUCCIÓN

Hoy en día es indudable negar el alto crecimiento tecnológico alcanzado en el área de la electrónica, ya que el mercado oferta cada vez más dispositivos capaces de realizar diversas funcionalidades en tamaños reducidos, todo ello ha conllevado a la generación de una nueva forma de automatización denominada domótica. La cual busca proporcionar inteligencia a los diferentes artefactos eléctricos de una vivienda, incrementando de esta manera el confort de los usuarios dentro de estas instalaciones [1].

Lamentablemente son muy pocos los hogares ecuatorianos familiarizados con esta nueva tecnología, debido a que la instalación de los equipos domóticos de marcas reconocidas conlleva un elevado costo [2]. Por esta razón, una alternativa económica es emplear la plataforma Arduino, ya que es de código abierto, sus placas son relativamente económicas en comparación a otros microcontroladores, además dispone de una gran variedad de módulos externos compatibles con dicha plataforma [3].

Por tales motivos, surge la necesidad de dotar al Laboratorio de Tecnología Industrial (LTI) de la Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT), con un módulo didáctico domótico que permita a los estudiantes de la Tecnología en Electromecánica involucrarse a esta nueva forma de automatización, pasando de la instalación de básicos dispositivos electromecánicos tales como: enchufes, protecciones e interruptores, a programar proyectos electrónicos de mayor complejidad en base a la plataforma Arduino, con el propósito de generar sus propios prototipos domóticos e incrementar su perfil técnico para un mercado cada vez más competitivo.

En el Anexo 1, se indica el certificado de funcionamiento que respalda la correcta implementación del presente proyecto.

1.1 Objetivo general

Implementar un módulo didáctico domótico para el control de sistemas de calefacción, sonido y persianas.

1.2 Objetivos específicos

- Determinar los requerimientos para la implementación del módulo didáctico.
- Construir la estructura para el módulo didáctico.
- Desarrollar el algoritmo de control, según los sistemas propuestos.
- Realizar las respectivas pruebas de funcionamiento.

- Elaborar tres hojas guías para prácticas de laboratorio.
- Elaborar un Manual de usuario y mantenimiento.

1.3 Fundamentos

MIT App Inventor

MIT App Inventor es una plataforma gratuita del Instituto Tecnológico de *Massachusetts* [4], la cual permite desarrollar aplicaciones móviles compatibles con el sistema operativo *Android*, mediante su intuitivo lenguaje de programación basado en bloques [5]. El programa proporciona dos ambientes de trabajo definidos como: Diseñador y Editor de Bloques, los cuales se indican en la Figura 1.1, las funcionalidades de cada uno de ellos se describen a continuación:



Figura 1.1 Entorno de trabajo de MIT App Inventor [5].

Diseñador: es el entorno encargado de contener la interfaz de usuario.

Editor de Bloques: se establece el modo de funcionamiento de la aplicación, según las acciones realizadas por el usuario [6].

Adafruit

Es una empresa dedicada a la fabricación y distribución de microcontroladores de código abierto, tal organización proporciona a los usuarios su servicio de nube digital, denominada *Adafruit.IO* (ver Figura 1.2), la cual es completamente compatible con las placas de Arduino y los módulos de la serie ESP8266 [7]. Gracias a este servicio los clientes pueden vincular sus prototipos a internet, mostrando en tiempo real el valor de las magnitudes físicas medidas por los dispositivos sensores y controlar los actuadores desde cualquier parte del mundo, mediante el uso de un tablero digital fácil de usar [8].



Figura 1.2 Plataforma Adafruit IO [7].

IFTTT

IFTTT (Si pasa esto, entonces haz aquello), es una plataforma en línea que permite crear interacciones y gestionar tareas automáticas [9]. La principal característica de la plataforma IFTTT, es su capacidad de vincularse a una gran variedad de aplicaciones entre ellas el asistente virtual de Google (ver Figura 1.3). Debido a su disposición de conexión con otras aplicaciones, uno de los usos más frecuentes es en la generación de comandos de voz personalizados [10].



Figura 1.3 Plataforma IFTTT [10].

Protocolo de comunicación MQTT

A medida que se han desarrollado nuevas tecnologías, diseñadas para interconectar diversos dispositivos usando internet, se requiere de protocolos de comunicación cada vez más dinámicos y eficientes, para gestionar adecuadamente la transferencia de

información entre los artefactos [11]. Uno de ellos es el protocolo MQTT, que dispone de las cualidades de ser liviano y flexible, lo que le permite ser implementado sobre dispositivos de recursos limitados. La comunicación del protocolo MQTT se basa en la emisión y recepción de mensajes gestionados por un intermediario, el cual envía a diferentes clientes, que dependiendo del tema ejecuten el proceso correspondiente, como se muestra en la Figura 1.4 [12].

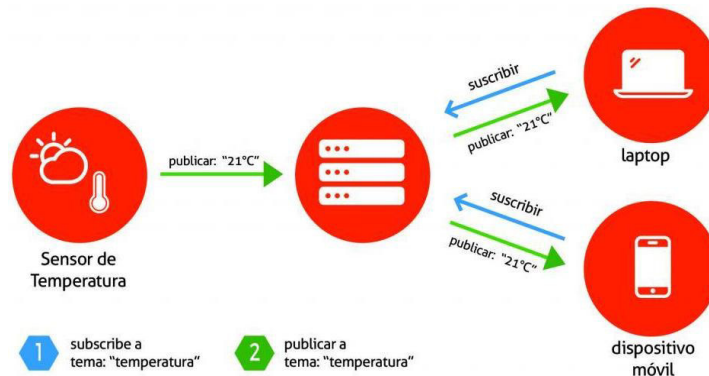


Figura 1.4 Funcionamiento del protocolo MQTT [12].

2 METODOLOGÍA

2.1 Descripción de la metodología usada

Se realizó un estudio acerca del estado de la domótica en el territorio nacional, con el propósito de identificar los principales factores que inciden al no desarrollo de la domótica en el Ecuador.

Para el diseño del módulo se tomó como referencia las dimensiones de las mesas de trabajo del LTI, como también del espacio necesario para cada uno de los componentes electrónicos asociados al funcionamiento del módulo. Luego de ello, se procedió a realizar los planos esquemáticos de la infraestructura y del sistema eléctrico, los mismos que fueron desarrollados en el programa *AutoCAD* y *EasyEDA*, respectivamente, en base a los lineamientos dictados por el LTI y normativas técnicas. En función de los planos realizados, la infraestructura se construyó en madera MDF de 9 (mm).

Se utilizó un Arduino Nano para comandar el funcionamiento sincronizado de los sistemas implementados dentro del módulo, los cuales se describen a continuación.

Para el sistema de calefacción se empleó una acción de control *On/Off*, usando como sensor de temperatura el módulo BME280, y como actuadores un foco incandescente de 110 (V_{AC}) a 100 (W) para la fuente de calor y un ventilador a 12 (V_{DC}) como extractor del mismo.

En el caso del control de nivel de altura de las persianas, se utilizaron tres motores paso a paso unipolares de la serie 28BYJ-48 con alimentación a 5 (V_{DC}), para cada una de las ventanas que dispone el módulo, y como objeto sensor se empleó el módulo KY-024 que tiene la capacidad de detectar campos magnéticos. El propósito de este elemento es establecer las condiciones iniciales de partida de las persianas, es decir, actúa como un final de carrera.

Finalmente, para el control de sonido se usó el módulo *DFPlayer Mini* que tiene la facultad de reproducir audios contenidos en las tarjetas *microSD*, con la ayuda de un parlante de 3 (W) a 8 (Ω).

El módulo dispone de un modo inalámbrico (control remoto y control por voz) y un modo manual para la comunicación entre usuario y sistema. En relación al control remoto, este se efectuó mediante el uso de la plataforma *MIT AppInventor*, en el cual se desarrolló una aplicación para mostrar en tiempo real la información recabada por el micro controlador, además permite a los usuarios el envío de órdenes al sistema. En cuanto

al control por voz, se realizó mediante el uso del Asistente de *Google* de los teléfonos *Android*, con ayuda del micro controlador *NODEMCU* que recepta la información de la nube de *Adafruit*.

Ambos métodos de control se comunican con el *Arduino Nano*, a través de comunicación serial, el cual recepta la información y comanda el accionamiento de los actuadores, según las ordenes efectuadas por el usuario. Por tanto, el desarrollo del algoritmo de control se realizó en el programa *Arduino IDE*.

En el caso del modo manual, los valores de referencia correspondientes a cada uno de los sistemas, son modificados mediante un teclado matricial. Ambos modos de operación no funcionan al mismo tiempo.

Para garantizar el adecuado funcionamiento del módulo didáctico domótico, se realizaron pruebas haciendo uso de elementos patrones, correspondientes a cada sistema instalado, en caso de ser necesario. Además, se desarrollaron tres hojas guías, las cuales permitirán a los estudiantes utilizar todas las funciones disponibles en el módulo. Por último, se elaboraron dos videos correspondientes al manual de usuario y mantenimiento respectivamente.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se desarrolló un módulo didáctico domótico para el control de calefacción, sonido y apertura y cierre de persianas. Los usuarios pueden utilizar un aplicativo móvil para el envío de las órdenes a efectuarse dentro del módulo, las cuales, modifican los valores de referencia de los sistemas instalados, asimismo el programa permite la recepción de la información en tiempo real de las magnitudes físicas medidas. Además, el módulo está dotado de un control por voz, el cual es efectuado por el asistente inteligente de *Google* que envía la información del usuario hacia el módulo.

3.1 Requerimientos del módulo didáctico

La domótica en el Ecuador

La especie humana ha evolucionado de manera transcendental en cuanto a su estilo de vida y sostenibilidad en el mundo; gran parte de esta evolución se lo debe a las distintas herramientas que conjuntamente se han venido desarrollando como especie, partiendo desde simples lanzas a base de piedras hasta dispositivos capaces de realizar cualquier acción comandados por medio de la voz.

En la actualidad, la tecnología se ha convertido en una necesidad humana y cada día diferentes empresas comerciales desarrollan dispositivos más eficientes y más pequeños. Una tecnología que hoy en día está cambiando la vida del hombre son las casas inteligentes que tienen la capacidad de ser más gestionables, sostenibles y eficientes (ver Figura 3.1) [1].

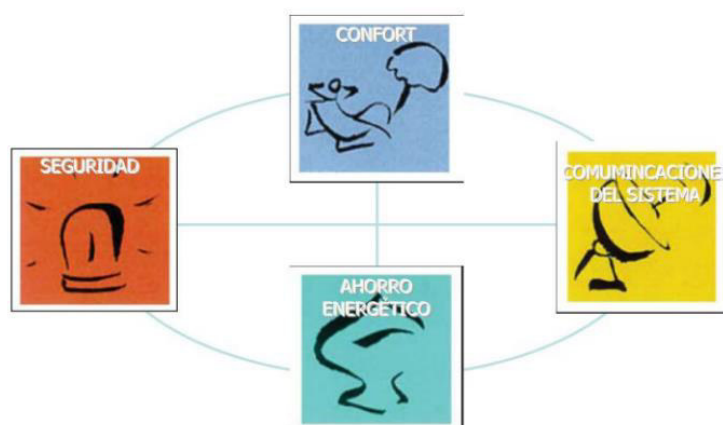


Figura 3.1 Pilares de la domótica [1].

La domótica se ha venido implementando mayormente en los países desarrollados, por ejemplo: España, Reino Unido, EEUU, entre otros [13]. Sin embargo, aún existe una

amplia zona gris en cuanto al desarrollo de la domótica en países en vías de desarrollo como es el caso del Ecuador. Dentro del territorio nacional, los sistemas de automatización de hogares aún no se han desarrollado para alcanzar una industria a gran escala. Algunos inconvenientes o desventajas que han enfrentado la mercantilización de la domótica en el país, son debido al tema económico; ya que estos sistemas hoy en día podrían llegar a alcanzar precios exorbitantes en el país, además la ausencia de profesionales especializados en la materia de automatización de hogares es otro de los problemas, lo cual es un factor causado por la carencia de oferta académica con respecto al desarrollo de la domótica.

Según (Ruque, 2016) menciona en su trabajo que la domótica, aunque no representa una fuente comercial en la ciudad de Loja, es muy probable que pueda convertirse en un activo comercial significativo en los próximos años, dentro de los hogares lojanos y ecuatorianos. Debido a que en una encuesta realizada a la población sugiere que el sistema de automatización de hogares se convertirá en una necesidad en la población ecuatoriana y a la vez en una fuente industrial, ya que reconocen las diversas ventajas que obtendrían al implementar la domótica en sus hogares. En la Tabla 3.1, se detalla el nombre de empresas ecuatorianas que ofrecen productos domóticos.

Tabla 3.1 Empresas ecuatorianas de domótica.

Nombre de la empresa	Ciudad
<i>AV Smart Electronics</i>	Guayaquil
<i>Batel</i>	Quito
<i>Sodel</i>	Cuenca
<i>Houzz</i>	Guayaquil
<i>LAARCOM Seguridad Electrónica</i>	Guayaquil
<i>JEdi Smart</i>	Quito

Tamaño y dimensiones

Para establecer las dimensiones geométricas del módulo, se tomó en cuenta la superficie de las mesas de trabajo del área de instrumentación del LTI. En la Figura 3.2 se muestra la disposición física de las mesas de trabajo que conforman dicha área.

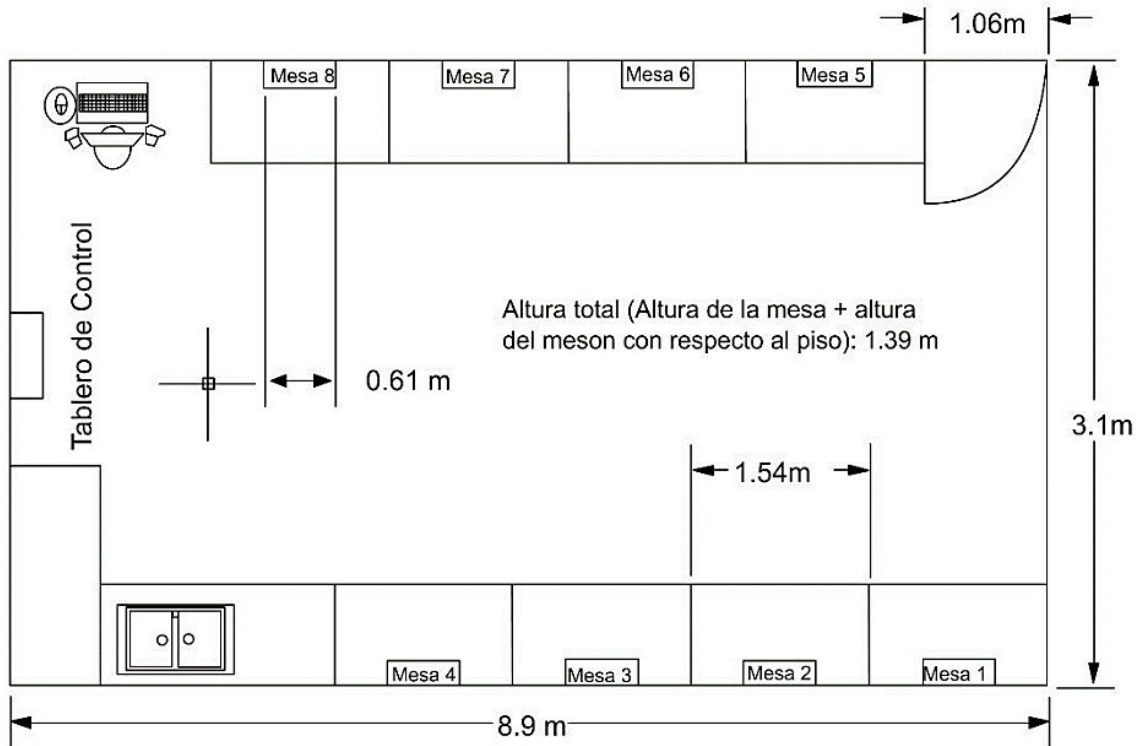


Figura 3.2 Vista superior del área de instrumentación [14].

La superficie asignada para el área de instrumentación es de 27.59 (m²), correspondientes a 3.1 (m) de ancho y 8.9 (m) de largo, lo que implica que el espacio asignado para cada una de las ocho mesas de trabajo ocupe una superficie de 1.54 (m), espacio físico suficiente para que dos estudiantes puedan realizar sus actividades académicas adecuadamente. Una vez obtenidas las medidas y una perspectiva del espacio a utilizar, se establecieron las dimensiones finales del módulo, las cuales son: 0.82 (m) de ancho, 0.38 (m) de profundidad y 0.45 (m) de alto. Con estas dimensiones los estudiantes serán capaces de visualizar fácilmente los cambios que se efectúen en el estado de las persianas, en conjunto con los otros dos sistemas implementados, cada vez que se ejecute una orden de control por parte de los usuarios. Por otra parte, el módulo cumple con los siguientes requerimientos:

- La estructura es móvil, para su fácil traslado dentro del laboratorio.
- Instalación de indicadores, que denoten el accionamiento del actuador activo.
- Protecciones eléctricas, para salvaguardar los diversos elementos eléctricos, como también de la integridad de los usuarios.
- Uso de canaletas para el resguardo del cableado eléctrico que lo requiera.

3.2 Construcción

En función de los requerimientos previamente establecidos, se realizaron los siguientes diseños y diagramas eléctricos.

Estructura física del módulo y sistema eléctrico

El módulo está compuesto de dos estancias definidas como Estructura 1 (Vivienda) y Estructura 2 (Gabinete de componentes electrónicos). Las vistas y dimensiones geométricas de cada una de estas instancias se muestran en el Anexo 2: Planos y Esquemas, correspondientes a las láminas 1 y 2, respectivamente.

Estructura 1

La Estructura 1 representa el modelo a escala de una residencia de dos habitaciones con tres ventanas distribuidas en toda su área, está construida en madera MDF de 9 (mm) de grosor. Las aberturas correspondientes a las ventanas fueron selladas con vidrio de 3 (mm) de espesor, con el propósito de aislar el ambiente interior del exterior. Además, en esta superficie se ubican los actuadores de los sistemas controlados por el módulo domótico. El plano esquemático representativo de la Estructura 1 se muestra en la Figura 3.3.

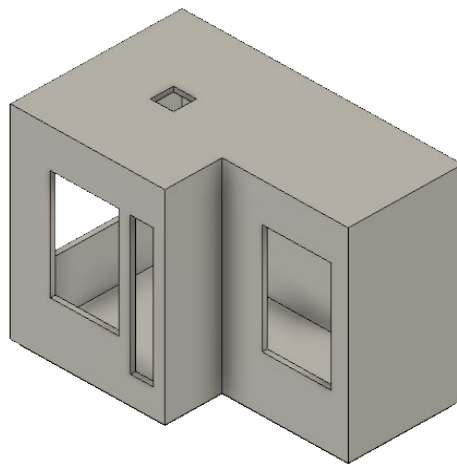


Figura 3.3 Vista isométrica de la Estructura 1.

Estructura 2

La Estructura 2 sirve para proteger los diversos dispositivos electrónicos, ya sean estos de mando o de control, de posibles agentes externos que perturben el funcionamiento normal del sistema, como también de la distribución física de cada uno de los indicadores asociados al accionamiento del actuador activo. La estructura está

construida en madera MDF de 9 (mm) de grosor. El plano esquemático representativo de la Estructura 2, se muestra en la Figura 3.4.

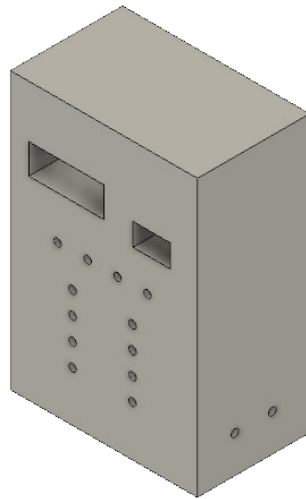


Figura 3.4 Vista isométrica de la Estructura 2.

Diagrama de conexiones eléctricas

El plano esquemático de las conexiones eléctricas se indica en el Anexo 2: Planos y Esquemas (lámina 3 y lámina 4), el mismo que comprende las diversas interconexiones entre los diferentes componentes electrónicos necesarios para el funcionamiento del módulo domótico.

Esquema de la placa del circuito impreso

En conformidad con el diagrama de conexiones eléctricas previamente diseñado, se desarrolló la tarjeta de circuito impreso con las dimensiones de 20.07 (cm) de ancho y 24.64 (cm) de largo, la misma que se realizó en una lámina fenólica de doble cara. Por tanto, los planos esquemáticos de la capa superior e inferior se muestran en el Anexo 2: Planos y Esquemas, correspondientes a las láminas 5 y 6, respectivamente.

Selección de componentes

En base a los diseños estructurales y diagramas eléctricos establecidos, se seleccionaron los componentes electrónicos idóneos, los cuales permiten el control de los sistemas propuestos.

Plataforma Arduino

Se utiliza un Arduino Nano (ver Figura 3.5) como dispositivo controlador para la recepción y procesamiento de la información emitida por los sensores, como también, de los dispositivos de comunicación inalámbrica encargados de la interconexión entre

el usuario con el sistema. Este dispositivo será el encargado de la toma de decisiones a ejecutarse en conformidad con el algoritmo de control registrado en su memoria.

Los pines digitales del microcontrolador en cuestión, funcionan con voltajes de 3.3 (V_{DC}), por tanto, su puerto serial o los creados de forma virtual operan al mismo nivel de tensión, favoreciendo de esta manera la comunicación con los demás componentes.

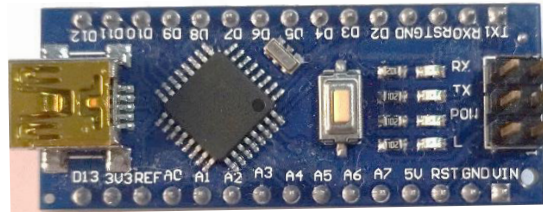


Figura 3.5 Placa de desarrollo Arduino Nano [15].

En el Anexo 3: Datos Técnicos (Tabla A.1), se describe a detalle la función que cumplen cada uno de los pines del microcontrolador involucrados en el desarrollo del proyecto.

NODEMCU ESP8266

Es un microcontrolador diseñado para conectarse a internet, ya sea enviando o recibiendo información de cualquier sitio web al cual tenga acceso. Esta placa electrónica tiene la finalidad de transmitir los comandos de voz al Arduino, por medio del uso de comunicación serial. Consultando previamente los datos almacenados en la página digital de *Adafruit*, en la cual, el asistente inteligente guarda los valores numéricos impuestos por el usuario. La Figura 3.6 muestra el módulo *NODEMCU* usado en el proyecto.

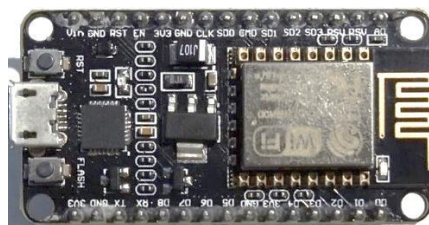


Figura 3.6 Placa de desarrollo *NODEMCU* [16].

En el Anexo 3: Datos Técnicos (Tabla A.2), se describe a detalle la función que cumplen cada uno de los pines del microcontrolador involucrados en el desarrollo del proyecto.

Modulo bluetooth HC-05

Es un dispositivo que proporciona una conexión inalámbrica fiable, económica y sencilla entre el proyecto y los teléfonos Android, empleando tecnología *Bluetooth 2.0*, la cual trabaja a distancias no mayores a 10 (m), con una potencia de transmisión de 4 (dBm).

El componente HC-05 tiene como objetivo establecer la comunicación bidireccional entre el módulo domótico con el aplicativo móvil desarrollado en *AppInventor*, utilizando la comunicación serial para tal propósito. En la Figura 3.7 se muestra el módulo HC-05 empleado como transceptor *Bluetooth*.



Figura 3.7 Módulo bluetooth HC-05 [17].

En el Anexo 3: Datos Técnicos (Tabla A.3), se describe a detalle la función que cumplen cada uno de los pines del módulo bluetooth HC-05 involucrados en el desarrollo del proyecto.

Sensor BME-280

Es un módulo digital diseñado para medir temperatura, humedad relativa y presión atmosférica, su nivel de consumo es relativamente bajo al igual que sus dimensiones geométricas, por el contrario, dispone de una elevada precisión y linealidad en sus valores de respuesta. Se comunica con el micro controlador mediante el protocolo I2C con niveles de tensión de 3.3 (V_{DC}). En la Figura 3.8 se muestra el módulo BME-280 utilizado como dispositivo sensor para el control de la temperatura.



Figura 3.8 Sensor BME-280 [18].

En el Anexo 3: Datos Técnicos (Tabla A.4), se describe a detalle la función que cumplen cada uno de los pines del módulo BME-280 involucrados en el desarrollo del proyecto.

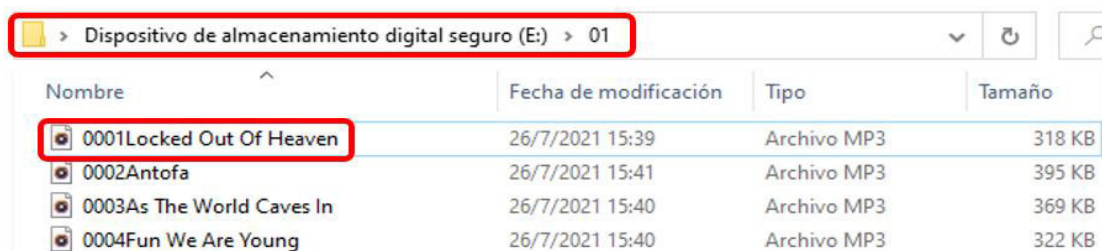
Módulo reproductor de audio DFPLAYER MINI

Es un dispositivo que tiene como objetivo la decodificación de audios de extensión *.MP3* y *.WAV*, almacenados en las tarjetas *microSD* o en las memorias *flash USB*, dispone de un puerto serial para la recepción de los comandos emitidos por el micro controlador, en los cuales, se especifican las acciones que debe ejecutar el reproductor de audio, tales como: la transición de las pistas musicales o variaciones en el valor numérico del volumen. En la Figura 3.9, se muestra el módulo *DFPLAYER MINI* utilizado en el proyecto.



Figura 3.9 Módulo reproductor de audio *DFPLAYER MINI* [19].

Para que el módulo reproductor identifique cada uno de los audios contenidos en la tarjeta *SD-Card*, se debe colocar cuatro números al inicio del nombre de la canción, como se presenta en la Figura 3.10, y deben estar archivados en la carpeta de nombre "01".



Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
0001Locked Out Of Heaven	26/7/2021 15:39	Archivo MP3	318 KB
0002Antofa	26/7/2021 15:41	Archivo MP3	395 KB
0003As The World Caves In	26/7/2021 15:40	Archivo MP3	369 KB
0004Fun We Are Young	26/7/2021 15:40	Archivo MP3	322 KB

Figura 3.10 Formato de las canciones almacenadas en la *microSD*.

En el Anexo 3: Datos Técnicos (Tabla A.5), se describe a detalle la función que cumplen cada uno de los pines del módulo *DFPLAYER MINI* involucrados en el desarrollo del proyecto.

Pantalla LCD

Se dispone de una pantalla LCD (ver Figura 3.11) de 20X4 (20 columnas y 4 filas) con comunicación I2C, tiene la finalidad de mostrar los valores de referencia ingresados por el usuario, además es uno de los principales medios de interacción entre persona y sistema, cada vez que se active el modo manual.



Figura 3.11 Pantalla LCD 20X4 [20].

Regulador de tensión LM2596

El LM2596 es un convertidor DC-DC de tipo reductor (ver Figura 3.12), está diseñado para proporcionar un voltaje de salida constante frente a posibles variaciones en la entrada o cambios en la carga, tal valor es fijado por el usuario mediante el uso de un potenciómetro, tiene la facultad de ser más eficiente en comparación a los típicos reguladores de tensión de la serie 78XX.

El módulo domótico dispone de dos unidades de este tipo de convertidor, el primero sirve para alimentar al circuito de control con 5 (V_{DC}), mientras que, el segundo está regulado a 12 (V_{DC}), con el propósito de suministrar la alimentación al ventilador y las luminarias.

Otra razón por la cual se optó por el uso de dicho regulador, es debido a que, al trabajar con dispositivos que se comunican internamente con otros componentes, se requiere de una fuente de alimentación constante y estable para garantizar el envío de la información.

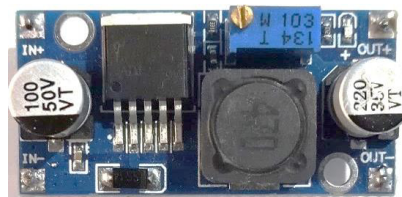


Figura 3.12 Convertidor reductor LM2596 [21].

Convertor de nivel lógico de 2 canales

Sirve para comunicar dos dispositivos transceptores que funcionan a diferentes niveles de tensión, tal es el caso de la comunicación I2C entre el Arduino Nano con la pantalla LCD y los integrados PCF8574. Por medio de tal componente se resguardan los pines digitales del microcontrolador encargados del protocolo I2C. El convertor de estados lógicos bidireccional se muestra en la Figura 3.13.

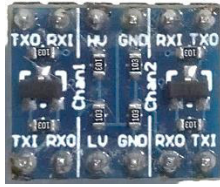


Figura 3.13 Conversor de estados lógicos bidireccional [22].

Circuito integrado PCF8574

El PCF8574 (ver Figura 3.14) tiene como objetivo incrementar la cantidad de pines digitales de los micro controladores, los cuales son comandados mediante el bus I2C por el dispositivo maestro. Tal componente aporta con 8 GPIO (Entradas y Salidas de Propósito General) por cada circuito integrado utilizado.



Figura 3.14 Circuito integrado expensor PCF8574 [23].

En el Anexo 3: Datos Técnicos (Tabla A.6), se describe a detalle la función que cumplen cada uno de los pines del integrado PCF8574 involucrados en el desarrollo del proyecto.

Circuito integrado ULN2003

El CI (Circuito Integrado) ULN2003 está constituido por siete pares de transistores en configuración *Darlington*, lo que le permite estar sometido a elevadas tensiones e intensidades con valores máximos comprendidos entre los 50 (V_{DC}) y los 0.5 (A_{DC}) respectivamente. Característica que lo convierte en el CI apropiado para el manejo de los motores DC de tipo PAP (Paso a Paso). En la Figura 3.15 se indica el integrado ULN2003.

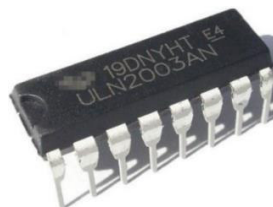


Figura 3.15 Circuito integrado ULN2003 [24].

En el Anexo 3: Datos Técnicos (Tabla A.7), se describe a detalle la función que cumplen cada uno de los pines del ULN2003 involucrados en el desarrollo del proyecto.

Circuito integrado 74C922

El CI 74C922 (ver Figura 3.16) es un codificador diseñado para proporcionar un código binario único, a cada pulsador que conforme el teclado matricial de 4x3 o 4x4, dicho código será interpretado por el microcontrolador, el cual identifica el carácter alfanumérico seleccionado.

El CI requiere de condensadores para evitar el efecto rebote de los pulsadores, además provee de un pin que cambia de estado cada vez que detecte la pulsación de una tecla, con ello puede informar al microcontrolador el cambio del código binario y la lectura del mismo, siempre y cuando el pin en cuestión esté conectado a una de las entradas dedicadas a las interrupciones externas.



Figura 3.16 Codificador 74C922 [25].

En el Anexo 3: Datos Técnicos (Tabla A.8), se describe a detalle la función que cumplen cada uno de los pines del 74C922 involucrados en el desarrollo del proyecto.

Sensor KY-024

Sirve para detectar campos magnéticos provenientes de imanes naturales o de materiales ferromagnéticos, suministra dos tipos de señales una analógica y una digital. Para fines del proyecto se emplea únicamente la señal digital, que tiene como propósito, informar al microcontrolador acerca del cambio de giro del motor PAP, ya que con esta advertencia las persianas se colocan en las condiciones iniciales de partida, luego que el usuario haya enviado la orden de “Encerar” desde el control remoto. En la Figura 3.17 se muestra el módulo sensor KY-024.

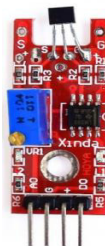


Figura 3.17 Módulo sensor de efecto hall KY-024 [26].

Teclado matricial

Permite a los usuarios seleccionar funciones establecidas, cada vez que se active el modo manual. Se utiliza un teclado matricial de 4 filas y 4 columnas, tal como se muestra en la Figura 3.18.



Figura 3.18 Teclado matricial 4X4 [27].

Acople flexible

Se utiliza un acople de 5 (mm) a 8 (mm) (ver Figura 3.19), con la intención de transmitir el movimiento rotacional del eje del motor PAP con la varilla que sostiene a las persianas, ambos objetos son sujetados por medio de tornillos prisioneros incrustados en la estructura del acople. Su diseño flexible posibilita reducir los errores de alineación entre eje y varilla, por ello no se recomienda el uso de acoples rígidos.



Figura 3.19 Acople flexible de 5 (mm) a 8 (mm) [28].

Motores paso a paso

Los motores PAP son elementos electromecánicos capaces de transformar pulsos eléctricos en desplazamientos angulares exactos, lo que le permite al microcontrolador determinar la posición final del eje del motor, de acuerdo, a la cantidad de impulsos eléctricos transferidos en las bobinas del componente. Para el control del estado de las persianas, se emplea el motor PAP modelo 28BYJ48-5V (ver Figura 3.20).

Las principales características del 28BYJ48-5V, se describen a continuación:

- Voltaje nominal: 5 (V_{DC}).
- Corriente nominal: 0.55(A_{DC}).
- Cantidad de fases: 4.

- Angulo de paso: 0.088° .
- Torque nominal: 0.0343 (Nm).



Figura 3.20 Motor paso a paso, 28BYJ48-5V [29].

Implementación

Se realizaron los diferentes cortes en madera MDF de 9 (mm), correspondientes a la Estructura 1, en base a los planos esquemáticos previamente diseñados. Todas las piezas fueron sujetadas mediante pernos autoperforantes de 2.5 (cm) y colocadas de acuerdo al diseño de la vivienda, tal como se muestra en la Figura 3.21.

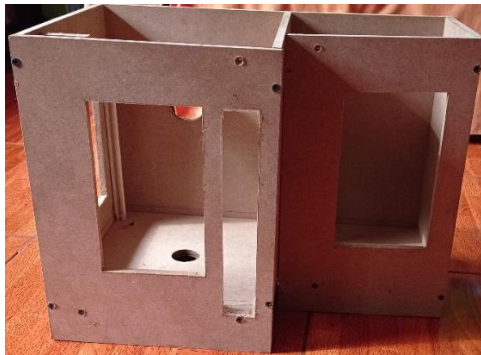


Figura 3.21 Proceso de construcción de la Estructura 1.

En el caso de la Estructura 2, se realizaron los cortes correspondientes a los espacios asociados a las dimensiones geométricas de los distintos dispositivos electrónicos, que van situados en la periferia de la estructura en cuestión, representado en la Figura 3.22.



Figura 3.22 Proceso de construcción de la Estructura 2.

Se elaboró el circuito impreso, en base al diseño propuesto en el Anexo 2: Planos y Esquemas (láminas 4 y 5). Con el objetivo de proporcionar una superficie sólida, en la cual ubicar y soldar los diversos componentes electrónicos involucrados en el proyecto. Situando a los elementos que requieren de la intervención de los usuarios, tales como, borneras y conectores *molex*, en la parte externa de la placa. En la Figura 3.23, se muestra el montaje de todos los elementos sobre la placa fenólica de doble cara.

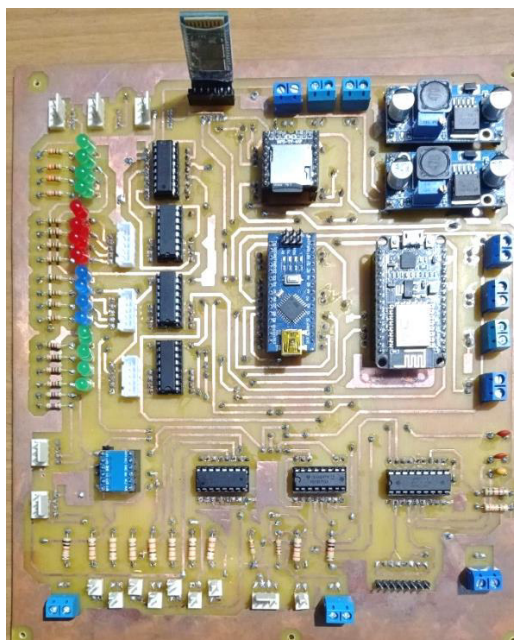


Figura 3.23 Montaje de los dispositivos electrónicos, sobre la baquelita doble cara.

Finalizado el desarrollo de la placa electrónica, se llevó a cabo la instalación de la misma en la Estructura 2, mediante cinco postes de 1 (cm) que sirven para sujetar el circuito impreso con la base. Además, se colocaron las canaletas necesarias para todos los elementos electrónicos que lo requieran, como se muestra en la Figura 3.24.

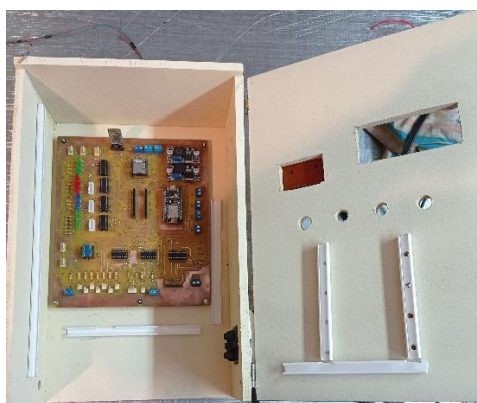


Figura 3.24 Colocación de la placa electrónica, dentro de la Estructura 2.

Las diversas conexiones eléctricas efectuadas, entre los diferentes componentes electrónicos con la placa de control, se ilustra en la Figura 3.25.

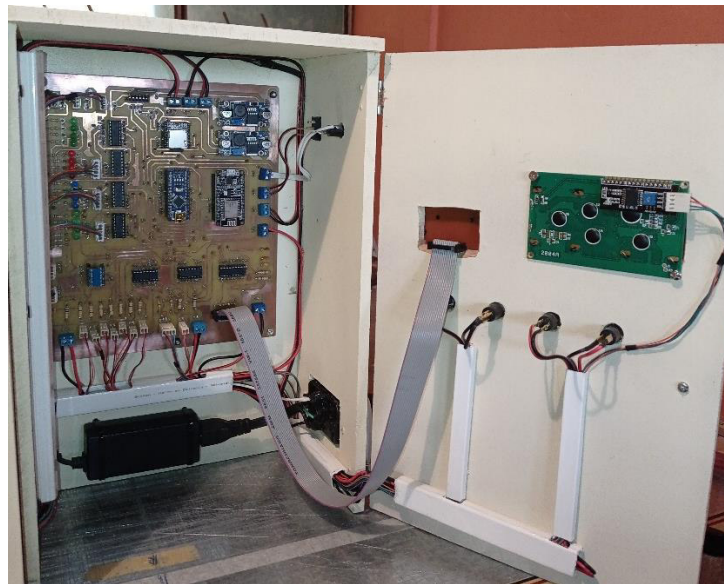


Figura 3.25 Conexiones eléctricas.

Una vez fabricadas las dos estructuras por separado, se procedió a la unión de las mismas, a través de pernos autoperforantes de 2.5 (cm), sin antes haber realizado las perforaciones necesarias para el cruce de los cables que interconectan a los actuadores con el circuito de control, ambas estructuras fueron pintadas de color blanco (ver Figura 3.26).



Figura 3.26 Unión de las dos Estructuras.

Se instalaron cuatro ruedas en la parte inferior de la base del módulo domótico, como se ilustra en la Figura 3.27.

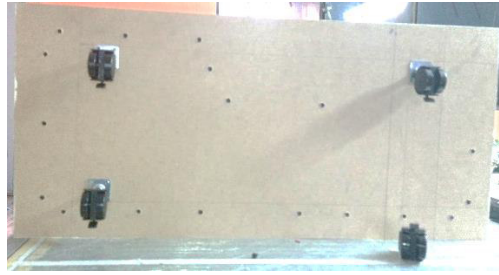


Figura 3.27 Implementación de las ruedas.

El módulo didáctico domótico, finalizado se muestra en la Figura 3.28, el cual consta con los emblemas representativos de la universidad y con la identificación de cada uno de los indicadores sobre puestos en la estructura 2.



Figura 3.28 Módulo didáctico domótico finalizado.

3.3 Algoritmos

Conectividad con el asistente inteligente

Para establecer la conectividad entre el asistente inteligente de *Google* con el módulo domótico, se realizó la configuración de las páginas digitales de *Adafruit* e *IFTTT*, cumpliendo con los pasos descritos a continuación.

Plataforma Adafruit

Se creó una cuenta de usuario en *Adafruit*, con el objetivo de generar un tablero digital en base al protocolo MQTT. A través de este medio se notifica al *NODEMCU* de forma

inmediata el ingreso de los comandos de voz válidos, los cuales son receptados por el asistente inteligente de *Google*. El entorno de bienvenida a la plataforma *Adafruit*, se muestra en la Figura 3.29.

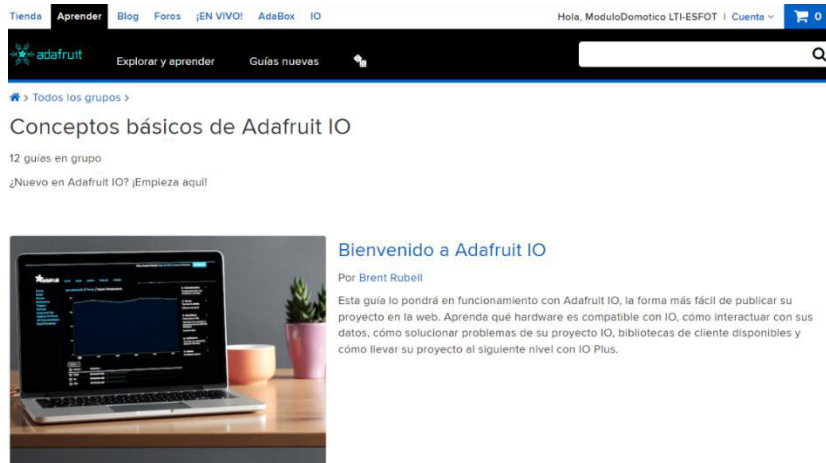


Figura 3.29 Bienvenida a los servicios de *Adafruit*.

Las credenciales para ingresar al sitio web de *Adafruit* son:

Correo electrónico: modulodomoticolti@gmail.com

Contraseña: modulodomotico2021

Se selecciona el apartado IO, como se indica en la Figura 3.30.

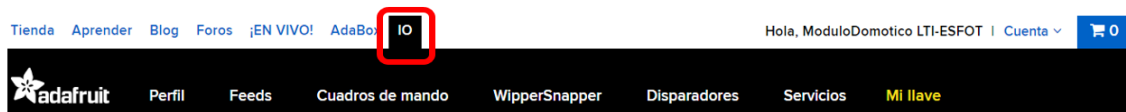


Figura 3.30 Selección de la pestaña IO, en el entorno de trabajo de *Adafruit*.

Se crearon variables encargadas de almacenar, los caracteres correspondientes a los valores de referencia dictaminados por el usuario, cada vez que se utilicen los comandos de voz. Dentro del entorno de *Adafruit* se las denomina *Feeds*. Por ello, se debe pulsar en la pestaña “*Feeds*” y en el botón “*Nuevo Feed*”, tal como se muestra en la Figura 3.31.



Figura 3.31 Proceso para generar un *Feed*.

Al presionar en el botón de “Nuevo *Feed*” se despliega el siguiente cuadro de diálogo, mostrado en la Figura 3.32, en el cual, se deben completar los cuadros de texto correspondientes al nombre y la descripción del nuevo objeto virtual, procurando que el nombre de los contenedores no coincida.

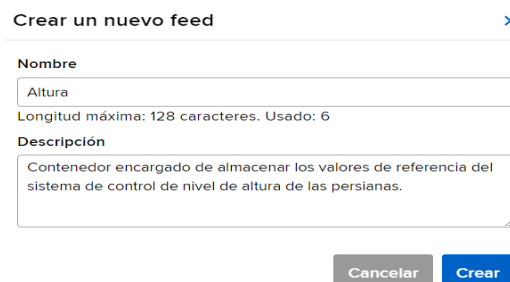


Figura 3.32 Cuadro de diálogo, para crear un nuevo *Feed*.

Se repite el paso anterior dos veces más, por los dos sistemas restantes (calefacción y sonido). Finalizado la creación de los tres *Feeds* necesarios para el funcionamiento del módulo domótico (ver Figura 3.33), se procedió al desarrollo del tablero de instrumentos.



Figura 3.33 Nombres de los contenedores creados en *Adafruit*.

Los tableros de instrumentos sirven para colocar diversos elementos digitales, tales como: interruptores, pulsadores, indicadores y muchos más. Para crear un nuevo tablero

de instrumentos, se selecciona la pestaña “Cuadros de mando” y se pulsa en el botón “Nuevo Panel”, tal como se muestra en la Figura 3.34.

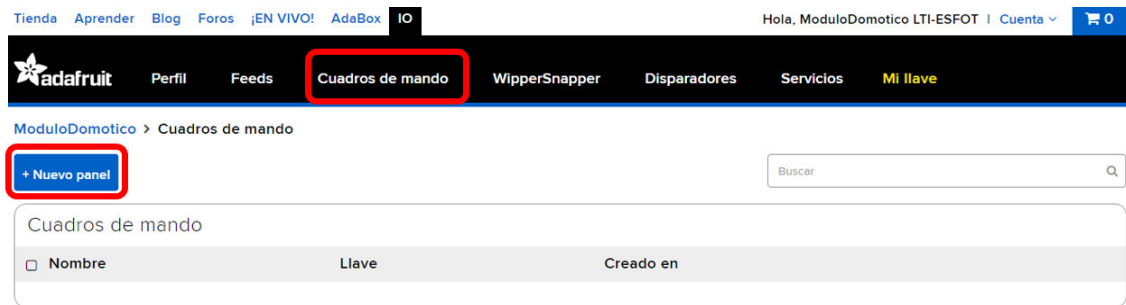


Figura 3.34 Proceso para generar un panel de instrumentos.

Al presionar en el botón de “Nuevo Panel” se despliega la siguiente ventana de diálogo, mostrada en la Figura 3.35, en la cual, se deben completar los cuadros de texto correspondientes al nombre y la descripción del nuevo objeto virtual.



Figura 3.35 Cuadro de diálogo, para crear un nuevo panel de instrumentos.

El nuevo tablero digital creado, se indica en la Figura 3.36.

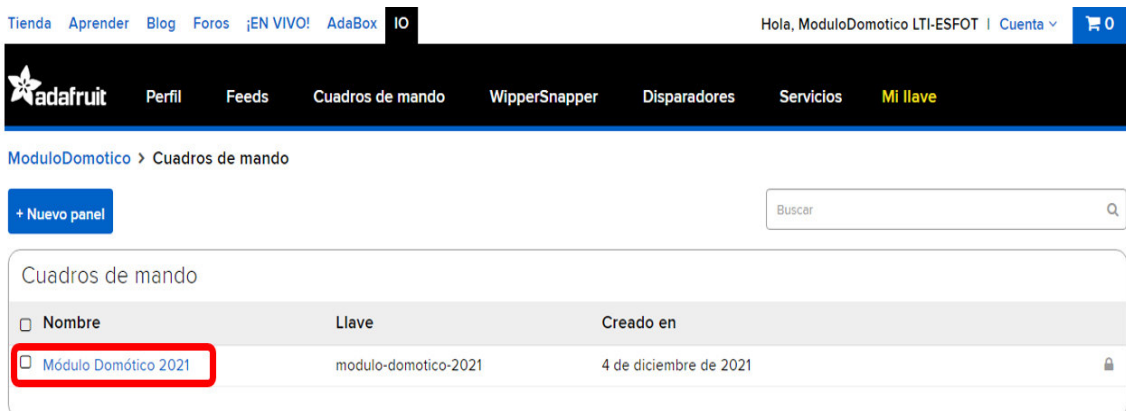


Figura 3.36 Nombre del panel de instrumentos creado en Adafruit.

Luego de haber creado el panel de instrumentos con el nombre “Módulo Domótico 2021”, se selecciona dicho componente mediante un clic, con el propósito, de añadir tres elementos digitales. Para poder anexar tales elementos, se requiere pulsar en la

rueda de configuraciones y seleccionar la opción de “Crear nuevo bloque”, presentes en el entorno de trabajo del panel de instrumentos previamente seleccionado, proceso descrito en la Figura 3.37.

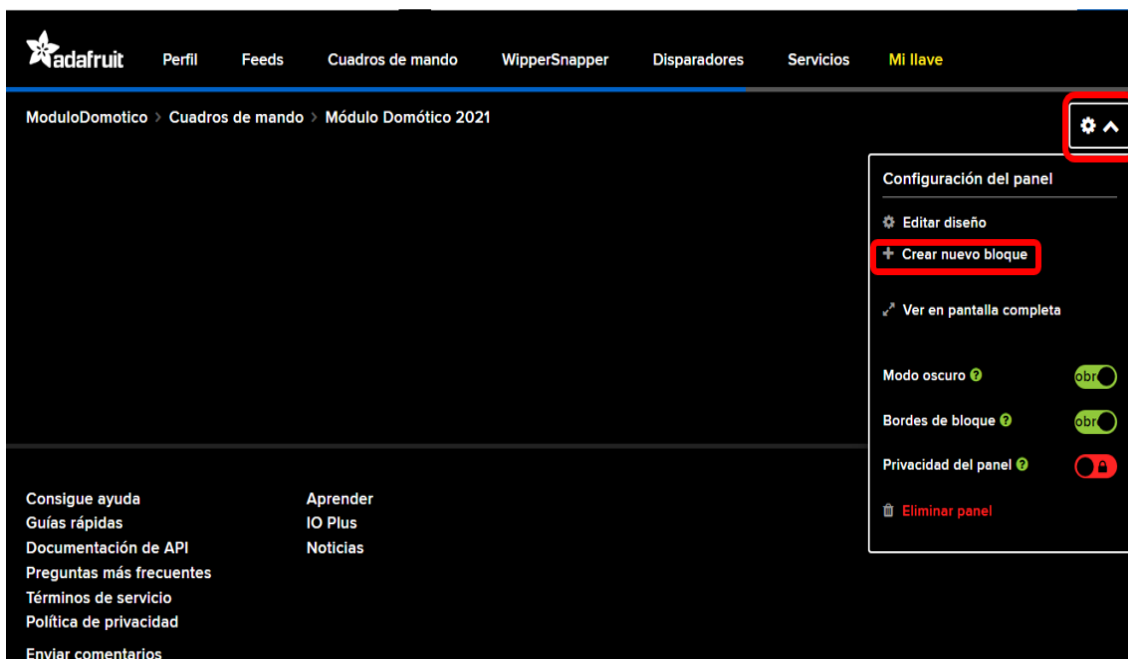


Figura 3.37 Proceso para añadir componentes digitales en *Adafruit*.

Se despliega el menú que contiene la variedad de componentes virtuales ofertados por la plataforma *Adafruit*, como se ilustra en la Figura 3.38. En este caso se escoge únicamente los interruptores de tipo palanca.



Figura 3.38 Menú de componentes digitales de la plataforma *Adafruit*.

Posteriormente a la selección del interruptor de tipo palanca, se muestra la siguiente ventana de diálogo, representada en la Figura 3.39. En donde, se escoge el nombre del contenedor *Feed* que se va a relacionar con el componente digital anteriormente seleccionado, seguidamente se pulsa en el botón “Próximo paso”.



Figura 3.39 Vinculación del contenedor *Feed*, con el interruptor tipo palanca.

En la Figura 3.40, se muestra la pantalla para modificar el diseño del componente digital escogido, basta con incluir el título del sistema al cual pertenece, los demás campos pueden dejarse en blanco. Finalmente, se ejecuta un clic sobre el botón “Crear Bloque”, para agregarlo sobre el panel de instrumentos.

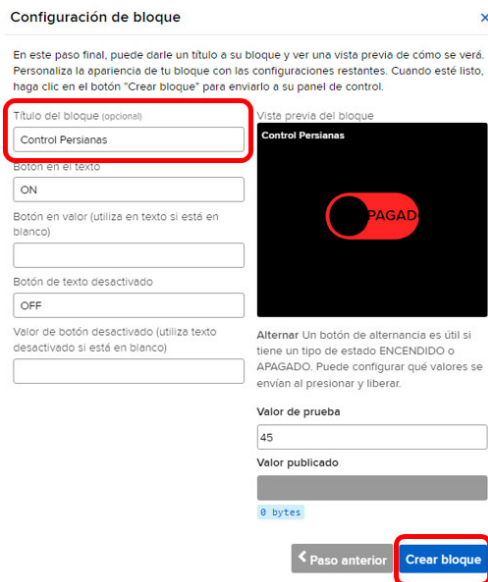


Figura 3.40 Configuración del diseño del interruptor de palanca.

Dicho procedimiento se realiza nuevamente para los dos sistemas restantes. Obteniendo el siguiente panel digital, representado en la Figura 3.41. El cual consta de los tres interruptores correspondientes a los tres sistemas comandados a través del control por voz.



Figura 3.41 Diseño final del panel de instrumentos creado en *Adafruit*.

Por último, se generan las credenciales, con las cuales, el micro controlador *NODEMCU* tendrá acceso al panel de instrumentos, tales caracteres son:

Nombre de usuario: ModuloDomotico

Clave activa: aio_aGPO84FSayB60sVcMgTCCLOJa5HX

Plataforma IFTTT

Para establecer la comunicación entre el asistente de Google con los servicios MQTT de *Adafruit.IO*, se utiliza la plataforma IFTTT, que permite personalizar comandos de voz compatibles con el asistente en cuestión. Los pasos a seguir se describen a continuación:

Se crea una cuenta de usuario en IFTTT, el entorno de bienvenida a la plataforma, se ilustra en la Figura 3.42. Posteriormente, se realiza un clic sobre el botón “Crear”, con la finalidad, de generar la primera aplicación.



Figura 3.42 Bienvenida a los servicios de IFTTT.

Las credenciales para poder ingresar al sitio web son:

Correo electrónico: modulodomotolti@gmail.com

Contraseña: modulodomotico21

Se presiona el pulsador “Agregar”, representado en la Figura 3.43. Para comenzar con la configuración del “Gatillo”, que está directamente relacionado con la inteligencia artificial de Google.



Figura 3.43 Proceso para crear el Gatillo en IFTTT.

En el gestor de búsqueda se escriben las palabras “*Google Assistant*”, con el objetivo de filtrar el servicio solicitado, entre los tantos existentes en la base de datos de la plataforma IFTTT. Posteriormente, se escoge el icono representativo del asistente virtual a usar, tal como se muestra en la Figura 3.44.

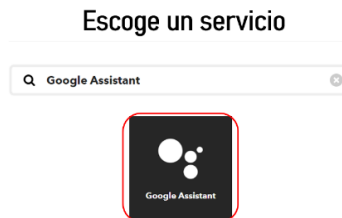


Figura 3.44 Selección de la inteligencia artificial de Google.

Para generar los comandos de voz personalizados, se elige uno de los cuatro formatos preestablecidos (ver Figura 3.45), con los que trabaja el asistente de Google. Por tanto, el que mejor se adapta a los requerimientos del módulo domótico es el segundo, denominado como: Decir una frase con un número.

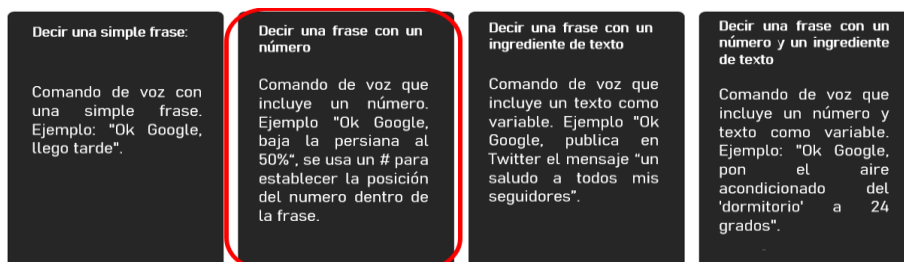


Figura 3.45 Plantillas de los comandos de voz personalizados.

Se completan los tres primeros cuadros de textos de la Figura 3.46, con oraciones que estén estrechamente relacionadas con el control del sistema a ser comandado, ya que a través de estas órdenes el asistente virtual responde de acuerdo al texto ingresado en el último cajetín. Completados todos los campos de texto se oprime el botón “Crear gatillo”.

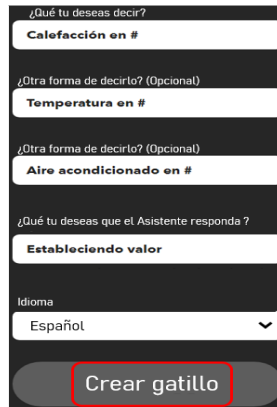


Figura 3.46 Escritura de los comandos de voz personalizados.

Se procede a la configuración de la “Acción” cada vez que se active el gatillo, por ello, se pulsa el botón “Agregar” de la Figura 3.47.



Figura 3.47 Proceso para crear la Acción en IFTTT.

En el gestor de búsqueda se escribe la palabra “Adafruit”, con el objetivo de vincular la “Acción” con los servicios de dicha plataforma, como se indica en la Figura 3.48.

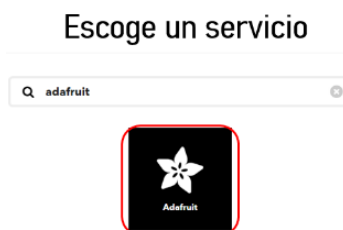


Figura 3.48 Selección de la plataforma de Adafruit.

En la ventana digital representada en la Figura 3.49, se elige el nombre del contenedor *Feed*, encargado de almacenar el valor numérico obtenido por la inteligencia virtual de *Google*. Completados los cuadros de texto con la información solicitada, se ejecuta un clic sobre el botón “Crear acción”.



Figura 3.49 Asignación de contenedor Feed.

Finalmente, se pulsa en el botón “Continuar” (ver Figura 3.50), que guarda todas las configuraciones hechas en el “Gatillo” como en la “Acción”.



Figura 3.50 Ventana digital de confirmación.

Cada uno de los pasos descritos anteriormente, se realizaron nuevamente para configurar los dos sistemas faltantes, obteniendo el siguiente panel de control representado en la Figura 3.51, en el cual ya constan los comandos de voz personalizados, para controlar los sistemas de calefacción, sonido y estado de las persianas.

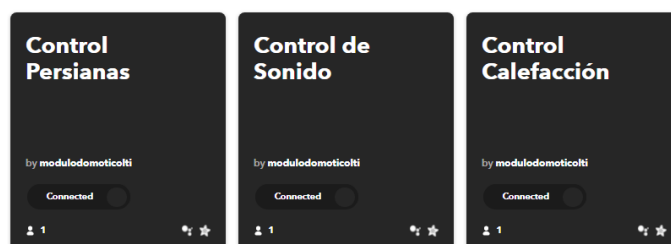


Figura 3.51 Panel de control finalizado, en el entorno de trabajo de IFTTT.

Programación

El algoritmo de control diseñado para interpretar los datos provenientes de la plataforma Adafruit y el envío de los mismos, hacia el Arduino por medio del puerto serial, se encuentra completamente comentado en el siguiente código QR representado en la Figura 3.52, dicha programación se desarrolló mediante el compilador del programa Arduino IDE. El flujograma asociado a la programación en cuestión, se ilustra en el Anexo 4: Diagramas de Flujo (Figura A.1).



Figura 3.52 Algoritmo de control del NODEMCU.

Trama de comunicación

Se desarrolló una trama de comunicación, con el propósito, de establecer un lenguaje estándar para los diversos componentes. El módulo *bluetooth* HC-05 y el micro controlador *NODEMCU* transmiten la información al Arduino, a través, de mensajes de cuatro bytes. Las funciones que cumplen cada uno de los caracteres que conforman los distintos mensajes, se los describe en la Tabla A.9.

Control remoto

Se desarrolló una aplicación móvil, en el entorno de trabajo de *MIT AppInventor*, con el objetivo, de proporcionar a los usuarios de una herramienta capaz de comunicarse con el módulo domótico, mediante tecnología *Bluetooth*. Tal aplicativo dispone de tres interfaces de usuario (ver Figura 3.53), diseñados para el control de los sistemas propuestos. El flujograma asociado a la programación en cuestión, se ilustra en el Anexo 4: Diagramas de Flujo (Figura A. 2).

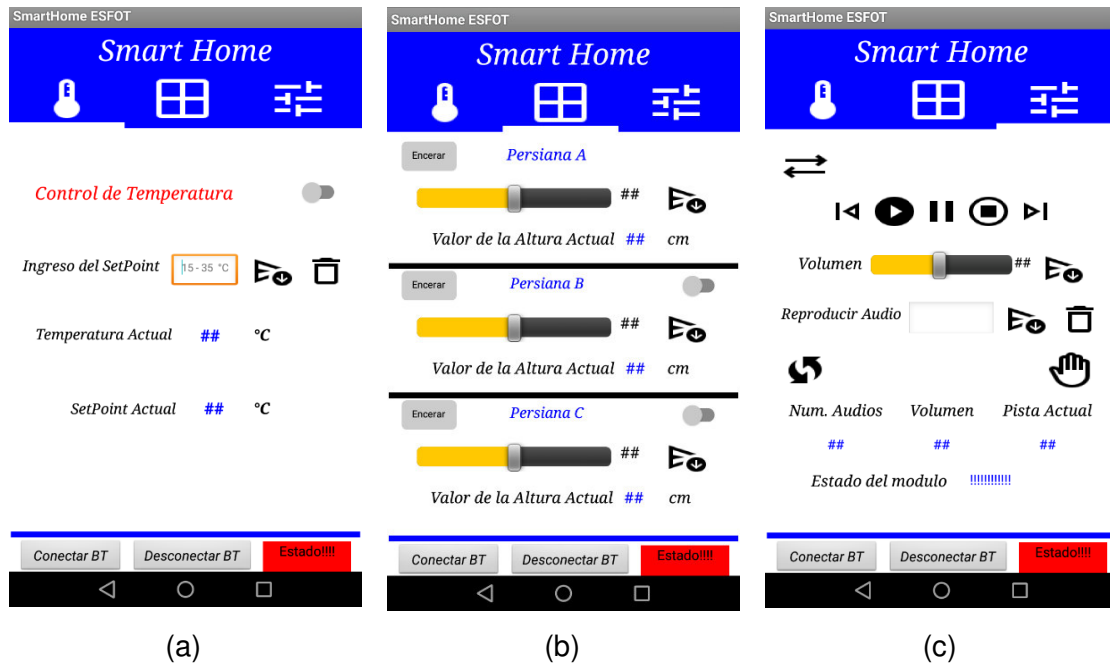


Figura 3.53 Interfaces de usuario de aplicativo móvil, (a) Panel de control de la calefacción, (b) Panel de control de las persianas, (c) Panel de control del sonido.

El Arduino envía la información recabada al control remoto en un tiempo estimado de 2 (s), en tanto que, el aplicativo móvil realiza la lectura de los datos provenientes del micro controlador cada 1.8 (s). Mediante estos intervalos de tiempo casi similares, se obtiene una adecuada sincronización entre el módulo domótico con el control remoto. El instalador de la aplicación digital, se encuentra en el siguiente código QR, representado en la Figura 3.54.



Figura 3.54 Instalador de *SmartHome*.

Programa principal

El algoritmo de control encargado de la sincronización de los tres sistemas implementados en el módulo domótico definidos como: calefacción, sonido y nivel de

altura de las persianas, se desarrolló mediante el programa Arduino IDE. El código principal completamente comentado se encuentra en el código QR, representado en la Figura 3.55, debido a que, está compuesto de múltiples líneas de programación, por tal motivo, no se adjuntan imágenes en el presente informe técnico.



Figura 3.55 Algoritmo de control del Arduino Nano.

Respecto, a los diagramas de flujo del algoritmo principal, se optó por dividirlo en dos etapas, denominadas de la siguiente manera: para la Etapa 1 (Recepción y procesamiento de la información) y la Etapa 2 (Toma de decisiones). Las principales características de ambas etapas, se detallan a continuación.

Etapa 1

Comprende únicamente las líneas de programación asociadas a la recepción y procesamiento de los datos transferidos por parte de los dispositivos inalámbricos y alámbricos, tales como: el módulo *bluetooth*, *NODEMCU* y teclado matricial, como también, de la asignación de las diversas órdenes con el sistema seleccionado por el usuario, el diagrama de flujo de la primera etapa, se muestra en el Anexo 4: Diagramas de Flujo (Figura A.3).

Etapa 2

Está conformada por las instrucciones, encargadas de ejecutar al accionamiento de los actuadores, en función de las órdenes de control procesadas en la etapa anterior, el flujograma de la segunda sección, se muestra en el Anexo 4: Diagramas de Flujo (Figura A.4).

3.4 Pruebas y análisis de resultados

Se realizaron diferentes pruebas de funcionamiento sobre el módulo didáctico domótico, para identificar los posibles fallos que puedan presentarse y corregirlos, ya sea, mediante programación o el cambio de algún componente.

Pruebas de comunicación

Consistió en el envío de diferentes ordenes de control, haciendo uso de los modos de operación que dispone el módulo domótico, con la intención de asegurar la comunicación entre persona y sistema, tales resultados se exponen en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2 Evaluación de funcionamiento de los dispositivos.

Comando	Control Manual	Control por voz	Control Remoto
Valor de referencia para la calefacción	✓	✓	✓
Valor de referencia para la persiana A	✓	✓	✓
Valor de referencia para la persiana B	✓		✓
Valor de referencia para la persiana C	✓		✓
Encerar persiana A			✓
Encerar persiana B			✓
Encerar persiana C			✓
Enlace A-B		✓	✓
Enlace A-C		✓	✓
Enlace A-B-C		✓	✓
Selección del audio	✓	✓	✓
Cambio en el nivel de volumen	✓		✓
Reproducción de las pistas en orden			✓
Anterior canción			✓
Play			✓
Pausa			✓
Stop			✓

Comando	Control Manual	Control por voz	Control Remoto
Siguiente canción			✓
Consulta del número de audios contenidos en la micro SD			✓
Detener el módulo DFPlayer Mini.			✓

Prueba de temperatura

Consistió en comparar el valor expuesto por el sensor de temperatura BME280 con el valor de una termocupla, con el objetivo de corroborar que la lectura sea correcta. Otro de los objetivos de esta prueba es verificar el adecuado funcionamiento de los actuadores para alcanzar los valores de referencia, de acuerdo, a las características propias de un lazo de control cerrado de tipo *On/Off*, manejando una banda de histéresis de ± 2 (°C).

Tabla 3.3 Error porcentual del sensor BME280.

Sensor BME280 (°C)	Termocupla (°C)	ERROR (%)
20	19	5.26
22	22	0.00
23	24	4.17
26	26	0.00
27	27	0.00
28	27	3.70
29	28	3.58
30	29	3.45
31	30	3.33
32	31	3.23

Prueba de nivel de altura de las persianas

Esta prueba consistió en el envío de instrucciones de control, que modifiquen el nivel de altura de la persiana seleccionada, registrando diez valores por cada ventana, mediante el uso de una cinta métrica, con la finalidad de conseguir el error porcentual. Dicho valor debe ser menor o igual 5%, caso contrario se calibrará por programación la cantidad de

los pulsos emitidos al motor PAP, relacionado con la persiana que contemple un error superior al establecido. Los resultados se muestran en la Tabla 3.4, Tabla 3.5, Tabla 3.6; correspondientes a los valores obtenidos en las ventanas A, B y C; respectivamente.

Tabla 3.4 Datos obtenidos para la persiana A

Altura final (cm)	Altura ideal (cm)	ERROR (%)
2.1	2	5.00
5.1	5	2.00
7.3	7	4.29
2.9	3	3.33
9.1	9	1.11
13.2	13	1.54
16.2	16	1.25
12.2	12	1.67
14.1	14	0.71
3.9	4	2.5

Tabla 3.5 Datos obtenidos para la persiana B

Altura final (cm)	Altura ideal (cm)	ERROR (%)
2.1	2	5.00
3.9	4	2.50
8.2	8	2.50
11.1	11	0.91
7.1	7	0.91
9.1	9	1.11
13.1	13	0.77
16.3	16	1.88
18.2	18	1.11
14.2	14	1.43

Tabla 3.6 Datos obtenidos para la persiana C.

Altura final (cm)	Altura ideal (cm)	ERROR (%)
2.9	3	3.33
4.8	5	4.00
9.8	10	2.00
6.8	7	2.86
13.2	13	1.54
14.9	15	0.67
16.9	17	0.59
18.2	18	1.11
11.9	12	0.83
5.8	6	3.33

Como se observa en los errores porcentuales de cada persiana, no se supera el valor establecido, demostrando de esta manera, el adecuado funcionamiento del nivel de altura de las persianas.

Para verificar el desarrollo de cada una de las pruebas realizadas, se puede acceder al video escaneando el código QR, mostrado en la Figura 3.56.



Figura 3.56 Código QR, para acceder al video de las pruebas de funcionamiento.

3.5 Hojas guías de laboratorio

Se desarrollaron tres hojas guías de laboratorio, con el propósito de que los estudiantes dispongan de una hoja de ruta cada vez que utilicen alguno de los sistemas implementados en el módulo domótico, para que puedan consolidar sus conocimientos teóricos y prácticos referentes a la domótica. Tales hojas guías, se muestran en el Anexo 5, con sus respectivas resoluciones.

3.6 Manual de uso y mantenimiento

Para indicar el adecuado uso y mantenimiento del módulo didáctico domótico, se realizaron dos videos explicativos, los cuales se puede acceder en los siguientes códigos QR de la Figura 3.57 y Figura 3.58.



Figura 3.57 Código QR, para acceder al video de manual de usuario.



Figura 3.58 Código QR, para acceder al video de manual de mantenimiento.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- A pesar del bajo número de instalaciones existentes de domótica a nivel nacional, esta nueva tecnología será en los próximos años de las más empleadas, debido a que, con básicos aplicativos móviles o comandos por voz, se tiene un control total sobre los diversos artefactos que conforman una vivienda, de esta manera, los usuarios experimentan un mayor nivel de confort dentro de las instalaciones, aprovechando de mejor forma la energía. Por ello fomentar en los estudiantes estas nuevas tendencias tecnológicas, les permitirá incrementar su perfil profesional en la planificación y ejecución de hogares inteligentes, eliminando el paradigma de que la domótica es solo un lujo.
- El módulo dispone del espacio suficiente para cada uno de los elementos electrónicos involucrados en el proyecto, cumpliendo con cada uno de los requerimientos propuestos.
- El asistente de Google es la inteligencia artificial comúnmente utilizada por los usuarios, debido a que, está presente en la mayoría de los teléfonos Android y permite comandar diversos dispositivos mediante básicos comandos de voz.
- Las comunicaciones entre componentes electrónicos, son fundamentales para el desarrollo de un determinado proyecto, ya que al usar estos medios se pueden vincular diversos dispositivos diseñados para realizar una función específica. Pero que, al acoplarse a un conjunto de elementos orientados en conseguir un mismo objetivo, promueven el desarrollo de productos llamativos y complejos. Por lo tanto, los conocimientos sobre el manejo adecuado de estos protocolos de comunicación, son importantes al perfil profesional de hoy en día.
- El intervalo de tiempo para el envío de la información recopilada por el micro controlador hacia el aplicativo móvil, debe ser casi similar al espacio de tiempo empleado en la aplicación para la lectura de los datos procedentes del Arduino, con ello, se consigue que el *Buffer Serial* no se sature y provoque el cierre involuntario de la aplicación, debido a que, los programas desarrollados en *MIT AppInventor* no disponen de una función especializada que advierta del ingreso de datos por el puerto serie, por ello, se recurre a la revisión del puerto cada cierto tiempo.
- Hoy en día, existe una gran variedad de plataformas digitales diseñadas para vincular proyectos de prototipado con internet, gracias a sus planes gratuitos, que son limitados pero que disponen de las suficientes herramientas para generar

trabajos destacados, ya sean para fines académicos o de interés personal. Sin embargo, al adquirir alguno de sus planes de pago, abre la posibilidad de realizar ya no solo prototipos, sino más bien, en la venta de productos terminados. Independientemente del plan del cual se disponga, las plataformas en línea, evitan el engorroso trabajo que conlleva el desarrollo de una página digital, partiendo del diseño y programación de la misma, hasta la adquisición del dominio en donde se va a presentar tal sitio virtual.

- El circuito integrado PCF8574 es una buena opción para incrementar el número de pines digitales de los microcontroladores en los casos que fuese necesario, debido a que, es un componente sumamente económico y fácil de usar.
- Los videos desarrollados correspondientes al manual de usuario y mantenimiento proporcionan a los estudiantes una guía para el adecuado manejo del módulo domótico, así como también, de las correcciones de los posibles fallos que puedan presentarse en el tiempo de vida útil del objeto.

4.2 Recomendaciones

- En el caso de los cortes de energía, provocados de manera fortuita, mientras el módulo este llevando a cabo el movimiento de alguno de los motores PAP. Se sugiere que los usuarios envíen la orden de “Encerar” desde el control remoto, para volver a calibrar las persianas, luego de reestablecerse el suministro eléctrico.
- Antes de utilizar el módulo didáctico domótico, se debe verificar que la tarjeta *SD-Card*, se encuentre en la ranura del *DFPlayer Mini*, ya que, su ausencia provoca que el sistema completo se ralentice de forma significativa.
- Al guardar nuevos audios musicales en la micro SD, se debe seguir rigurosamente el formato preestablecido para la identificación de cada una de las pistas musicales agregadas, con el propósito de que el módulo reproductor los considere, en caso de ser solicitados.
- Al utilizar dos o más comunicaciones seriales de tipo virtual, creadas mediante el uso de la librería *SoftwareSerial*, se recomienda especificar por código el momento en el que el micro controlador debe estar atento al ingreso de información de un determinado canal, ya que, al no realizar este aviso, el Arduino no sabe a qué canal escuchar y no receptará la información de manera correcta, generando conflictos en la comunicación.
- Mientras el módulo domótico esté ejecutando las órdenes referentes al nivel de altura de las persianas, es preferible que los usuarios se abstengan del envío de otra orden de control para cualquier sistema, debido a que, el micro controlador está

realizando la transferencia de los pulsos eléctricos necesarios hacia el motor PAP asociado con la persiana seleccionada, en este intervalo de tiempo, el Arduino deja de leer los puertos seriales.

- Al instalar un nuevo código de programación sobre la memoria del Arduino Nano, se debe retirar por completo el micro controlador del circuito impreso, debido que, el puerto serial físico del Arduino está conectado con el módulo Bluetooth, lo que genera conflictos de comunicación entre el micro controlador y la PC.
- Seguir cada uno de los lineamientos expuestos sobre el manejo del módulo, representado en el video denominado manual de usuario, con la finalidad de proveer posibles fallos en las horas de práctica.
- En caso de futuras mejoras al módulo, modificar el algoritmo de control, para adecuarlo a un solo micro controlador capaz de utilizar las dos comunicaciones inalámbricas (Bluetooth y Wifi), como lo es el ESP32.
- Realizar adaptaciones al algoritmo de control, con el propósito de que las comunicaciones entre componentes se efectuó mediante el protocolo I2C, con ello se disminuiría la cantidad de pines empleados.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. A. Pizarro Ruiz, “Aportación al desarrollo de las Normas Técnicas y Reglamentación para la implantación de los Sistemas Electrónicos para Viviendas y Edificios: Domótica, Inmótica y Hogar Digital,” Barcelona, 2013.
- [2] J. S. RUQUE CHAMBA, “ESTUDIO DEL ESTADO DEL ARTE DE LA DOMÓTICA EN LA CIUDAD DE LOJA,” Guayaquil, 2016.
- [3] Arduino, “Documentación y soporte de Arduino,” *Sitio oficial de Arduino*, Feb. 05, 2018. <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction#how-do-i-use-arduino> (accessed Sep. 13, 2021).
- [4] J. L. Rederjo, “Uso de AppInventor en la asignatura de Tecnologías de la Información y la Comunicación,” *Gobierno de España*, Feb. 20, 2013. <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/en/software/programacion/1090-uso-de-appinventor-en-la-asignatura-de-tecnologias-de-la-comunicacion-y-la-informacion> (accessed Sep. 13, 2021).
- [5] A. VIVALDO VICUÑA, P. SANCHEZ TIZAPANTZI, and G. CALDERON GARCIA, “Dispositivo electrónico y la app inventor como ayuda a la discapacidad visual,” *Revista del Desarrollo Tecnológico*, vol. 2, no. 8, pp. 19–25, Dec. 2018.
- [6] MIT App Inventor, “Documentación y soporte de MIT App Inventor,” *Sitio oficial de MIT App Inventor*, Jun. 2016. <https://appinventor.mit.edu/explore/library> (accessed Sep. 13, 2021).
- [7] M. Rimmer, “Lady Ada: Limor Fried, Adafruit Industries, Intellectual Property and Open Source Hardware,” *Queensland University of Technology*, Brisbane, Dec. 02, 2020.
- [8] Adafruit, “Introduccion a Adafruit IO,” *Sitio oficial de Adafruit*, Jun. 13, 2018. <https://learn.adafruit.com/welcome-to-adafruit-io/getting-started-with-adafruit-io> (accessed Sep. 13, 2021).
- [9] A. B. Herranz, “Desarrollo de aplicaciones para IoT con el módulo ESP32,” Madrid, 2019.
- [10] H. Gónzales, P. Díaz, and J. Toledo, “Design of an occupancy simulation system in Smart homes based on IoT,” *In 2021 IEEE International Conference on*

Automation/XXIV Congress of the Chilean Association of Automatic Control (ICA-ACCA) , pp. 1–8, Mar. 2021.

- [11] J. Cal Calleja, “Control Domótico basado en el protocolo MQTT,” Valladolid, 2019.
- [12] S. Quincozes, E. Tubino, and J. Kazienko, “Mqtt protocol: Fundamentals, tools and future directions,” *IEEE Latin America Transactions*, vol. 17, no. 1439–1448, Sep. 2019.
- [13] M. Domínguez and F. Vacas, *Domótica: Un enfoque sociotécnico*. Madrid: Dialnet, 2012.
- [14] M. E. Troncozo Gaibor, “Construcción de 4 mesas para el laboratorio de análisis instrumental ESFOT-EPN,” Quito, 2019.
- [15] N. Mechatronics, “ARDUBOARD NANO CH340G MINI-USB,” 2021. <https://naylampmechatronics.com/ardusystem-tarjetas/88-nano-ch340g-mini-usb.html> (accessed Jan. 31, 2022).
- [16] N. Mechatronics, “NODEMCU V2 ESP8266 WIFI,” 2021. <https://naylampmechatronics.com/espressif-esp/153-nodemcu-v2-esp8266-wifi.html> (accessed Jan. 31, 2022).
- [17] N. Mechatronics, “MÓDULO BLUETOOTH HC05,” 2021. <https://naylampmechatronics.com/inalambrico/43-modulo-bluetooth-hc05.html> (accessed Jan. 31, 2022).
- [18] N. Mechatronics, “SENSOR DE PRESIÓN, TEMPERATURA Y HUMEDAD BME280,” 2021. <https://naylampmechatronics.com/sensores-posicion-inerciales-gps/357-sensor-de-presion-temperatura-y-humedad-bme280.html> (accessed Jan. 31, 2021).
- [19] E. Cruz, “DFplayer mini reproductor mp3,” 2018. <https://www.makeelectronico.com/producto/dfplayer-mini-reproductor-mp3/> (accessed Jan. 31, 2022).
- [20] N. Mechatronics, “DISPLAY ALFANUMÉRICO LCD 2004,” 2021. <https://naylampmechatronics.com/lcd-alfanumerico/158-display-lcd-2004-azul-backlight.html> (accessed Jan. 31, 2022).

- [21] N. Mechatronics, "CONVERTIDOR VOLTAJE DC-DC STEP-DOWN 3A LM2596," 2021. <https://naylampmechatronics.com/conversores-dc-dc/196-convertidor-voltaje-dc-dc-step-down-3a-lm2596.html> (accessed Jan. 31, 2022).
- [22] N. Mechatronics, "CONVERSION DE NIVEL LÓGICO 4CH," 2021. <https://naylampmechatronics.com/conversores-ttl/67-conversor-de-nivel-logico-4ch-5v3v.html> (accessed Jan. 31, 2022).
- [23] R. García, "CONVERTIR UNA PANTALLA LCD A I2C CON EL CHIP PCF8574," 2013. <https://tallerarduino.com/2013/12/19/convertir-una-pantalla-lcd-a-i2c-con-el-chip-pcf8574/> (accessed Jan. 31, 2022).
- [24] M. Electrónica, "ULN2003 Driver Para Motor A Pasos Circuito Integrado," 2016. <https://mvelectronica.com/producto/uln2003-driver-para-motor-a-pasos-circuito-integrado> (accessed Jan. 31, 2022).
- [25] Amazon, "Todiys Nuevo 10pcs para 74C922 74C922N MM74C922N DIP-18 16-Key codificador IC Chip MM74C922," 2016. <https://www.amazon.com/-/es/Todiys-74C922N-MM74C922N-codificador-MM74C922/dp/B08MCJY9LP> (accessed Jan. 31, 2022).
- [26] N. Mechatronics, "MÓDULO SENSOR DE EFECTO HALL SS49E," 2021. <https://naylampmechatronics.com/sensores-proximidad/232-modulo-sensor-de-efecto-hall-ss49e.html> (accessed Jan. 31, 2022).
- [27] N. Mechatronics, "TECLADO MATRICIAL 4X4 DE BOTONES PLÁSTICOS," 2021. <https://naylampmechatronics.com/interfaz-de-usuario/420-teclado-matricial-4x4-de-botones-plasticos.html> (accessed Jan. 31, 2022).
- [28] N. Mechatronics, "ACOPLE FLEXIBLE DE ALUMINIO DE 5MM A 8MM," 2021. <https://naylampmechatronics.com/accesorios-mecanicos/129-acople-flexible-de-aluminio-de-5mm-a-8mm.html> (accessed Jan. 31, 2022).
- [29] N. Mechatronics, "MOTOR PAP 28BYJ-48 5V," 2021. <https://naylampmechatronics.com/motores-pap-steppers/365-motor-pap-28byj-48-5v.html> (accessed Jan. 31, 2022).

ANEXOS

ANEXO 1: CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

Campus Politécnico "J. Rubén Orellana R

Quito, 20 de diciembre de 2021

CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO DE PROYECTO DE TITULACIÓN

Yo, Alan Daniel Cuenca Sánchez, docente a tiempo completo de la Escuela Politécnica Nacional y como director de este trabajo de titulación, certifico que he constatado el correcto funcionamiento módulo didáctico domótico para el control de sistemas de calefacción, sonido y persianas, el cual fue implementado por el estudiante Luis Calero.

El proyecto cumple con los requerimientos de diseño y parámetros necesarios para que los usuarios de la ESFOT puedan usar las instalaciones con seguridad para los equipos y las personas.

DIRECTOR

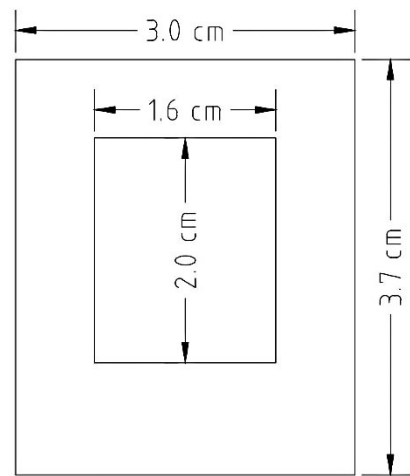
Ing. Alan Daniel Cuenca Sánchez, Msc.

Ladrón de Guevara E11-253, Escuela de Formación de Tecnólogos, Oficina 28. EXT: 2729

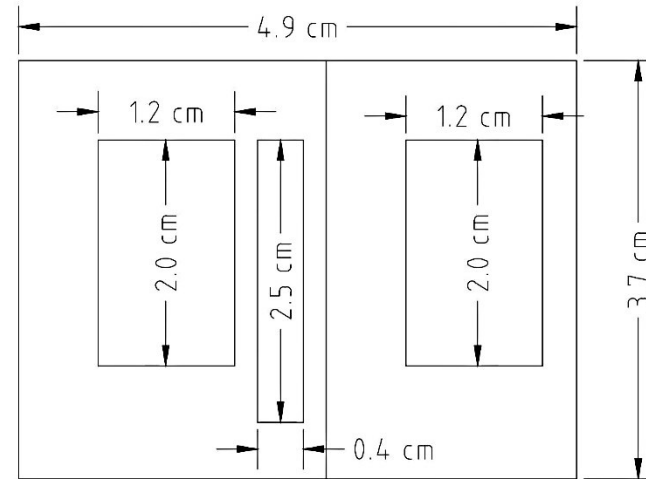
email: alan.cuenca@epn.edu.ec

Quito-Ecuador

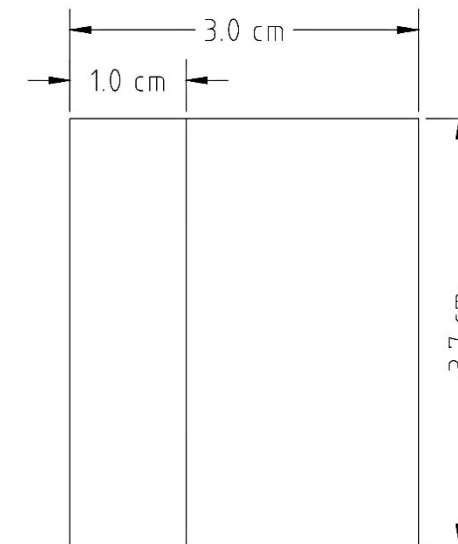
ANEXO 2: PLANOS Y ESQUEMAS



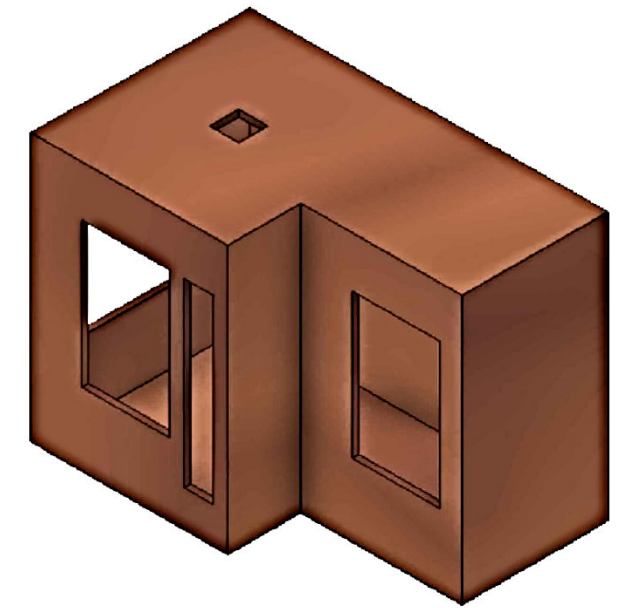
Vista lateral izquierda



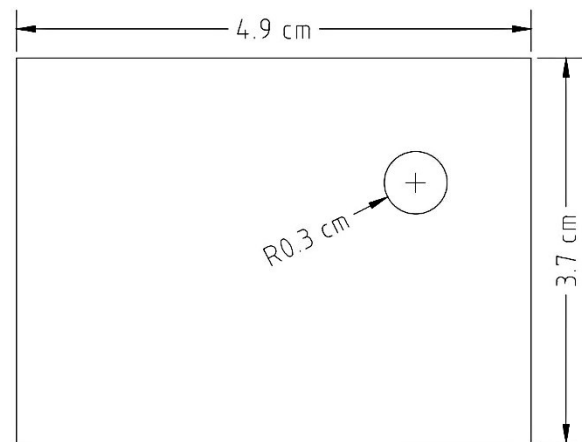
Vista frontal



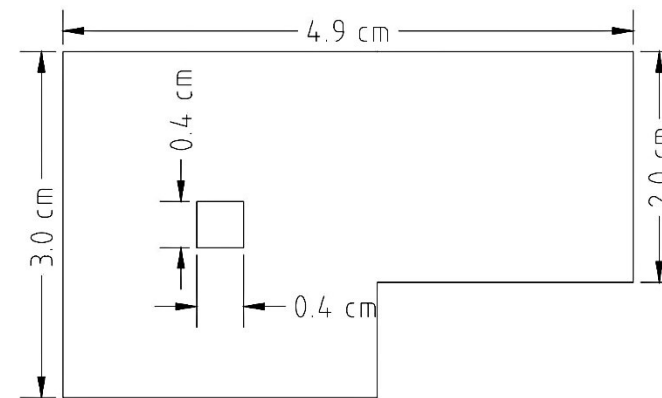
Vista lateral derecha



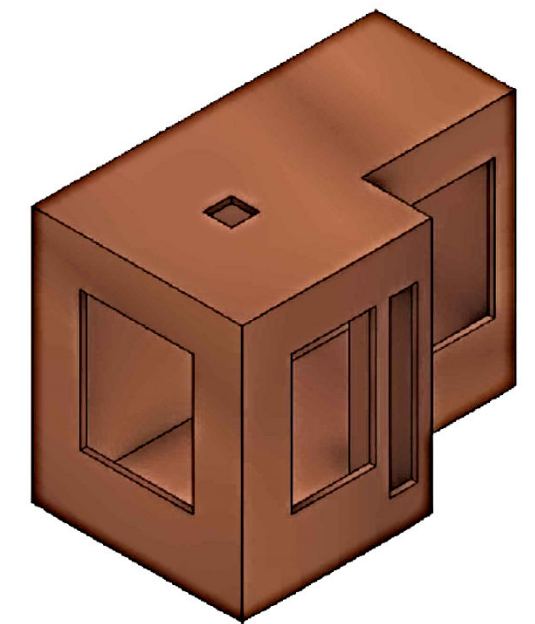
Vista isométrica derecha



Vista posterior



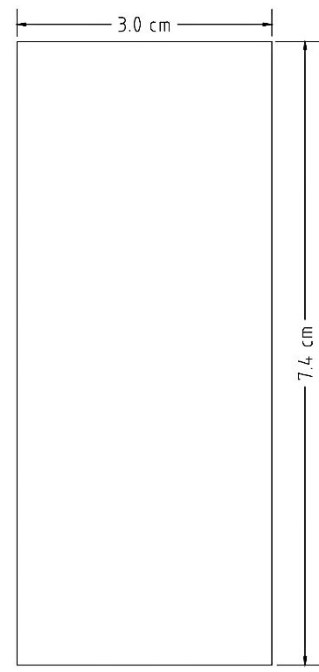
Vista superior



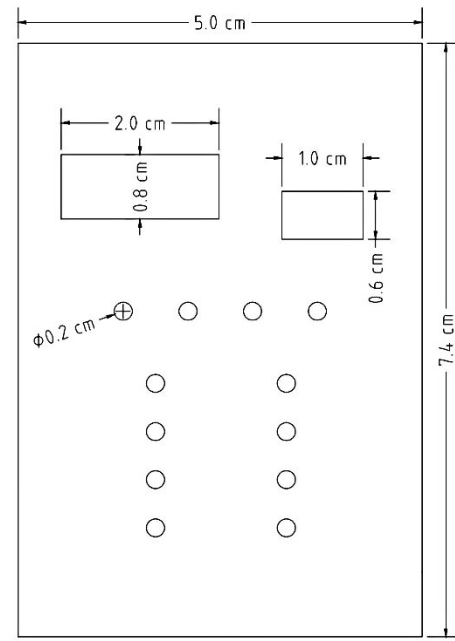
Vista isométrica izquierda

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT

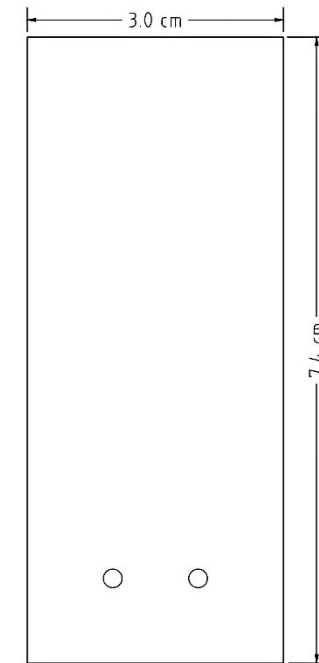
Estructura 1	TRATAMIENTO TÉRMICO: N/A.	MATERIAL: MDF.
	ESCALA: 1:10.	FORMATO: A3.
DISEÑADO POR: Luis Eduardo Calero Gordón.	FECHA: 03-12-2021.	LÁMINA: 01.



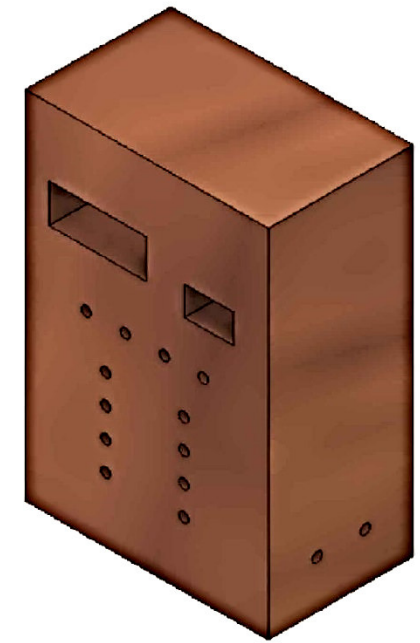
Vista lateral izquierda



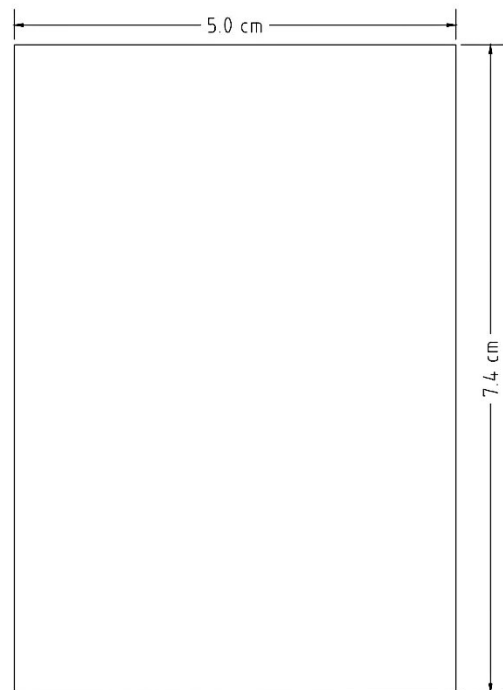
Vista frontal



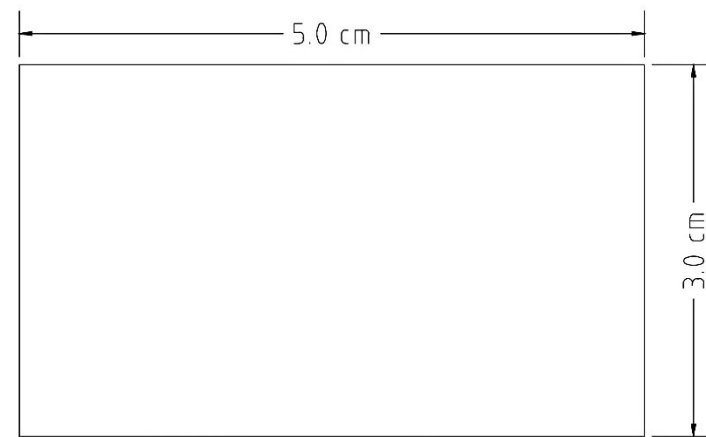
Vista lateral derecha



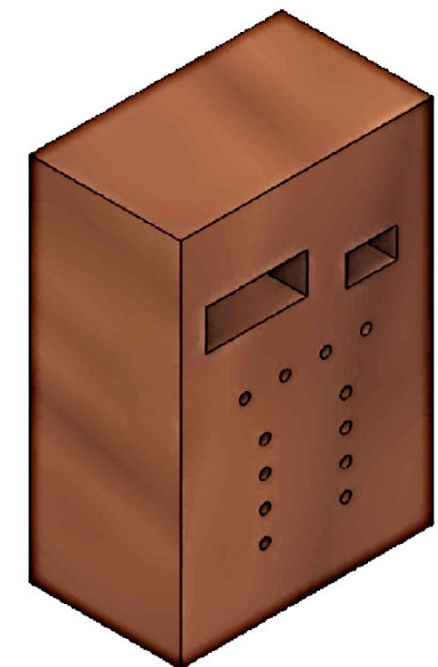
Vista isométrica derecha



Vista posterior



Vista superior



Vista isométrica izquierda

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT

Estructura 2

TRATAMIENTO
TÉRMICO: N/A

MATERIAL: MDF

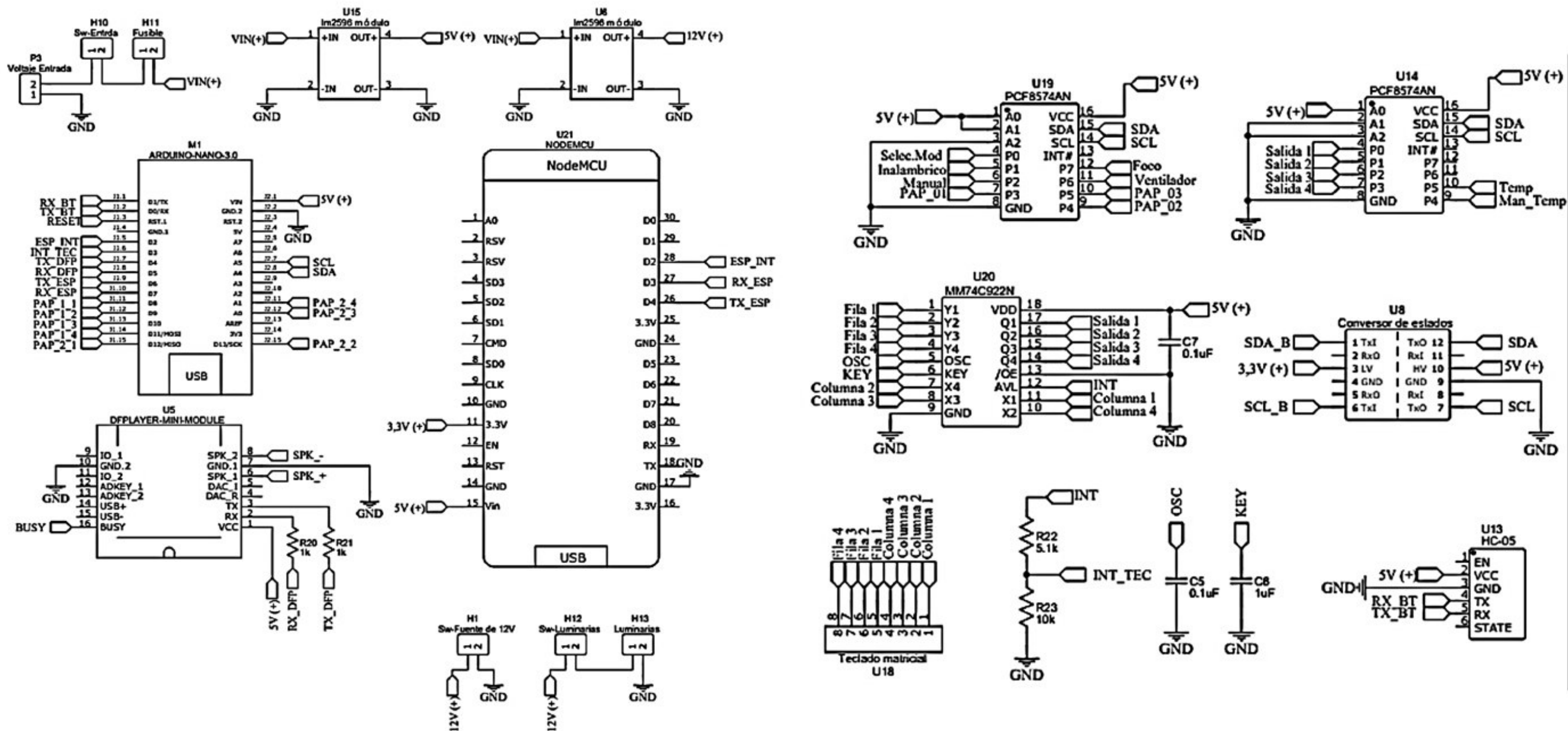
ESCALA: 1:5

FORMATO: A3

DISEÑADO POR:
Luis Eduardo Calero Gordón

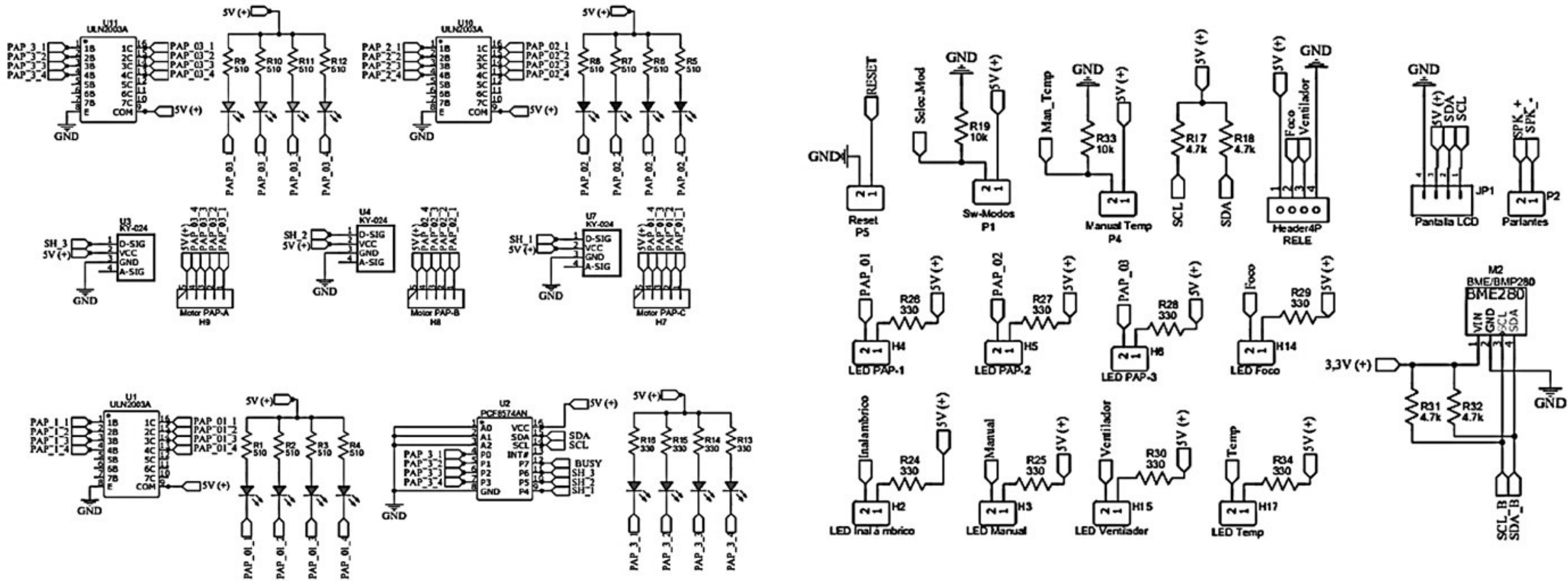
FECHA: 03-12-2021

LÁMINA: 02

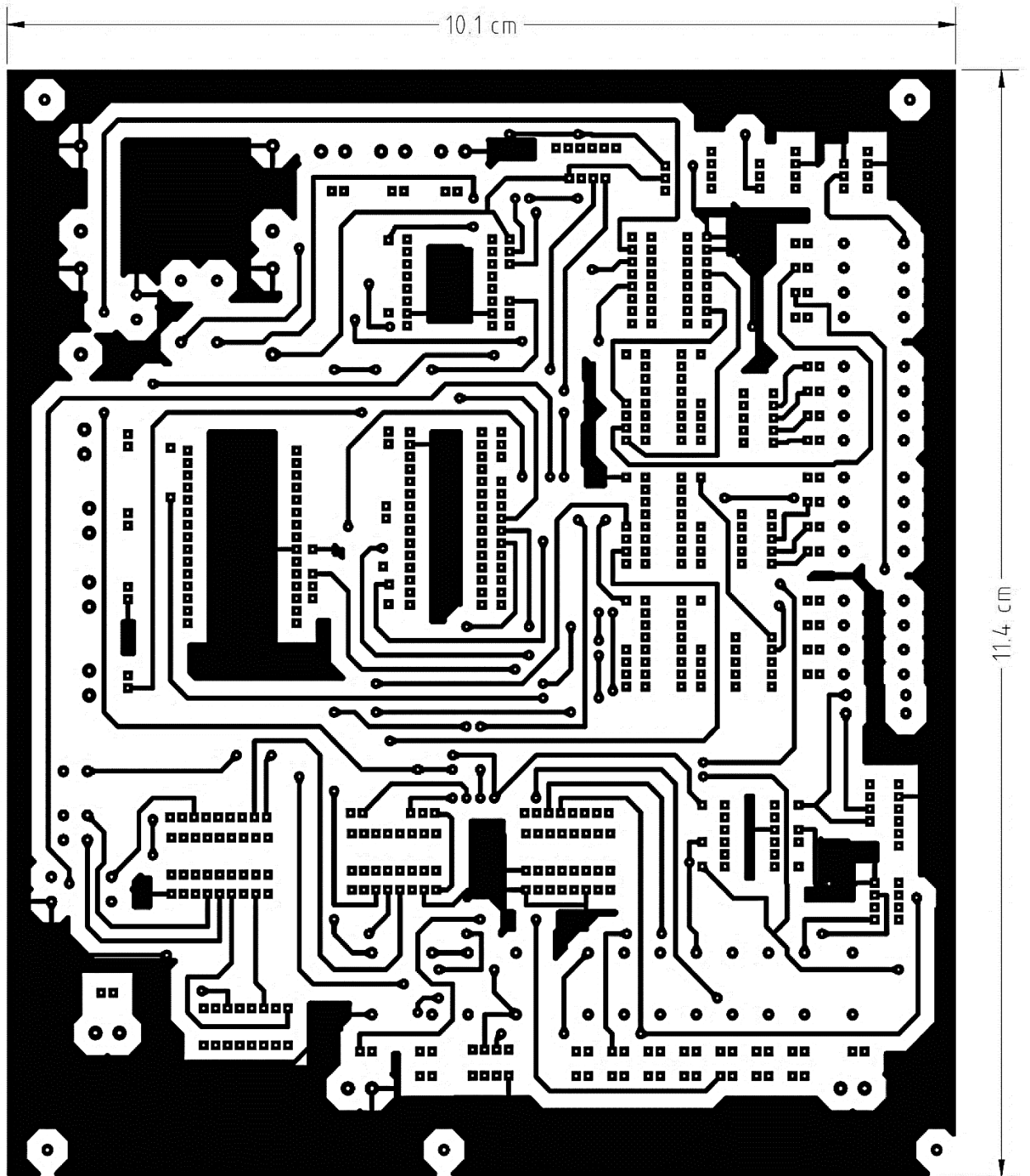


ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT

Circuito Eléctrico	TRATAMIENTO TÉRMICO: N/A.	MATERIAL: N/A.
	ESCALA: 1:1.	FORMATO: A3.
DISEÑADO POR: Luis Eduardo Calero Gordón.	FECHA: 03-12-2021.	LÁMINA: 03.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT		
Circuito Eléctrico	TRATAMIENTO TÉRMICO: N/A.	MATERIAL: N/A.
	ESCALA: 1:1.	FORMATO: A3.
DISEÑADO POR: Luis Eduardo Calero Gordón.	FECHA: 03-12-2021.	LÁMINA: 04.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT

Capa Superior de la PCB.

TRATAMIENTO
TÉRMICO: N/A.

MATERIAL: Material Eléctrico.

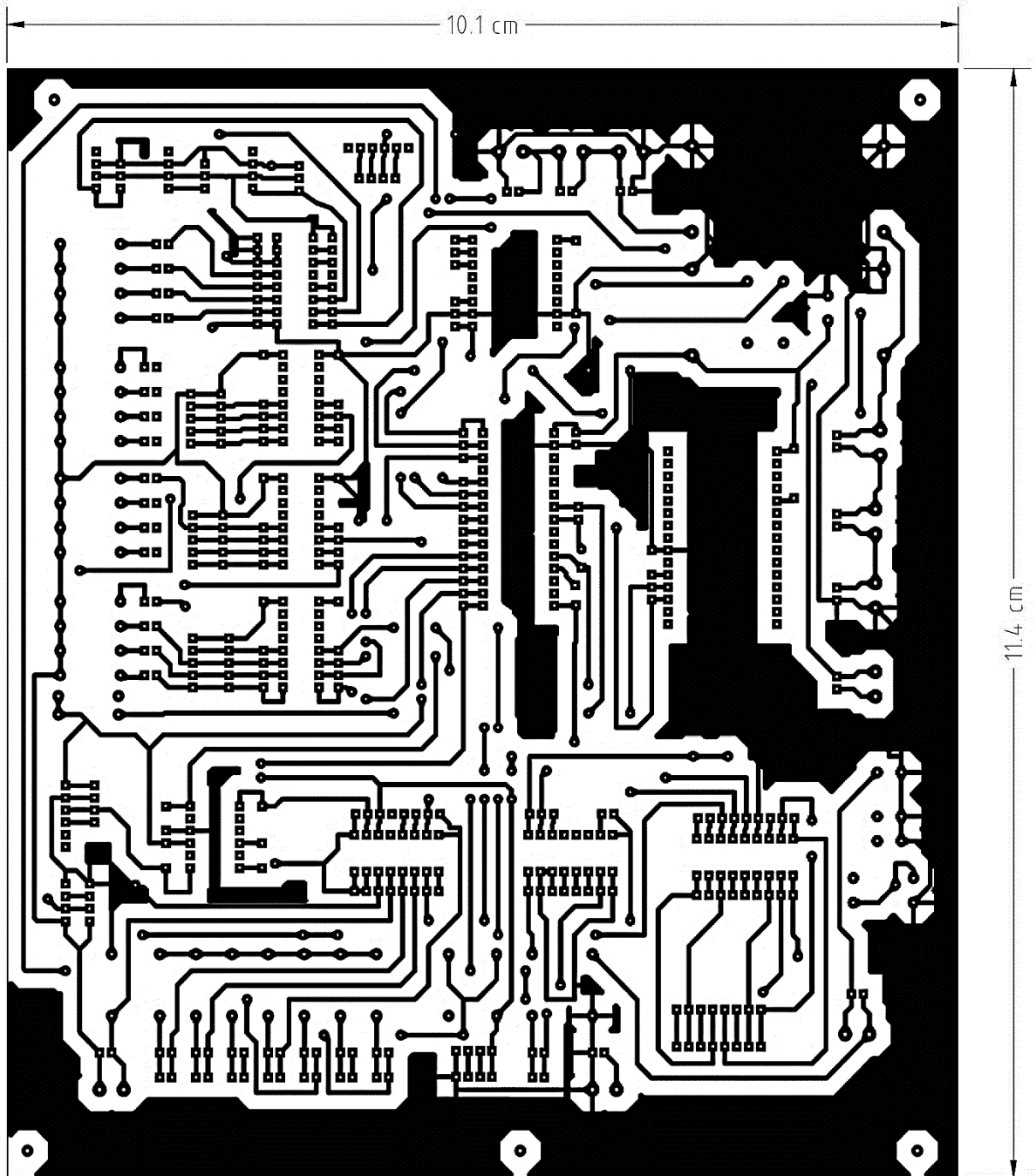
ESCALA: 1:2.

FORMATO: A4.

DISEÑADO POR:
Luis Eduardo Calero Gordón.

FECHA: 03-12/2021.

LÁMINA: 05.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT

Capa Inferior de la PCB

TRATAMIENTO
TÉRMICO: N/A.

MATERIAL: Material Eléctrico.

ESCALA: 1:2.

FORMATO: A4.

DISEÑADO POR:
Luis Eduardo Calero Gordón.

FECHA: 03-12-2021.

LÁMINA: 06.

ANEXO 3: DATOS TÉCNICOS

Tabla A.1 Función que cumple cada pin del Arduino Nano.

Pin No	Símbolo	Función
1	Tx1	Transmisor de la comunicación serial con el módulo Bluetooth
2	Rx0	Receptor de la comunicación serial con el módulo Bluetooth
3	RST	Reinicia al Arduino con un estado lógico BAJO.
4	GND	Conexión a tierra.
5	D2	Interrupción externa, para advertir el ingreso de datos seriales por parte del NODEMCU.
6	D3	Interrupción externa, para advertir la lectura de los estados lógicos del CI 74C922.
7	D4	Receptor de la comunicación serial con el DFPlayer.
8	D5	Transmisor de la comunicación serial con el DFPlayer.
9	D6	Receptor de la comunicación serial con el NODEMCU.
10	D7	Transmisor de la comunicación serial con el NODEMCU.
11, 12,13, 14	D8, D9, D10, D11	Pines digitales para el envío de los pulsos eléctricos del motor PAP número 1.
15, 16,19, 20	D12, D13, A0, A1	Pines digitales para el envío de los pulsos eléctricos del motor PAP número 2.
23	A4	Pin vinculado al protocolo I2C, corresponde al SDA
24	A5	Pin vinculado al protocolo I2C, corresponde al SCL
30	VIN	Pin de alimentación del micro controlador

Tabla A.2 Función que cumple cada pin del micro controlador *NODEMCU*.

Pin No	Símbolo	Función
11	3V3	Proporciona la alimentación al sensor BME280
15	VIN	Pin de alimentación del micro controlador
24	GND	Conexión a tierra.
26	D4	Transmisor de la comunicación serial con el Arduino.
27	D3	Receptor de la comunicación serial con el Arduino.
28	D2	Pin digital que provoca la interrupción al Arduino

Tabla A.3 Función que cumple cada pin del módulo bluetooth HC-05.

Símbolo	Función
STATE	Se coloca en alto, únicamente si hay una conexión con otro dispositivo
RXD	Receptor de la comunicación serial con el Arduino.
TXD	Transmisor de la comunicación serial con el Arduino.
GND	Conexión a tierra.
VCC	Pin de alimentación del módulo.
EN	Habilita los comandos AT

Tabla A.4 Función que cumple cada pin del sensor BME280.

Símbolo	Función
VCC	Pin de alimentación del módulo.
GND	Conexión a tierra.
SCL	Pin vinculado al protocolo I2C, corresponde al SCL
SDA	Pin vinculado al protocolo I2C, corresponde al SDA

Tabla A.5 Función que cumple cada pin del módulo DFPlayer mini.

Pin No	Símbolo	Función
1	VCC	Pin de alimentación del módulo
2	RX	Receptor de la comunicación serial con el Arduino.
3	TX	Transmisor de la comunicación serial con el Arduino.
6	SPK +	Salida positiva, para el parlante.
7	GND	Conexión a tierra.
8	SPK -	Salida negativa, para el parlante.
16	BUSY	Pin digital que advierta el estado del módulo, BAJO el módulo está reproduciendo un audio, ALTO no reproduce ningún audio

Tabla A.6 Función que cumple cada pin del circuito integrado PCF8574.

Pin No	Símbolo	Función
1,2,3	A0, A1, A2	En función de los estados lógicos de los pines, se establece la dirección I2C que toma el integrado dentro del bus I2C.
8	GND	Conexión a tierra.
13	INT	Pin digital que se coloca en ALTO, cada vez que las salidas cambian de estado
4,5,6,7,9,10,11,12	P[0...7]	Salidas digitales comandadas por I2C.
14	SCL	Pin vinculado al protocolo I2C, corresponde al SCL
15	SDA	Pin vinculado al protocolo I2C, corresponde al SDA
16	VCC	Pin de alimentación del circuito integrado

Tabla A.7 Función que cumple cada pin del circuito integrado ULN2003.

Pin No	Símbolo	Función
1,2,3,4	IN[0...3]	Entradas digitales.
8	GND	Conexión a tierra.
9	D4	Pin de alimentación del circuito integrado
13,14,15,16	OUT[13...16]	Salidas digitales, dirigidas a los motores PAPs

Tabla A.8 Función que cumple cada pin del circuito integrado 74C922.

Pin No	Símbolo	Función
1,2,3,4	Y[0...3]	Filas del teclado matricial.
5	OSC	Oscilador.
6	KEY	Mascarilla anti rebote.
7,8,10,11	X7,X8,X10,X11	Columnas del teclado matricial.
9	GND	Conexión a tierra.
12	DA	Datos disponibles, provoca la interrupción externa en el Arduino
13	OE	Habilita las salidas
14,15,16,17	OUT[14...17]	Salidas digitales, de la tecla pulsada.
18	VCC	Pin de alimentación del circuito integrado.

Tabla A.9 Trama de comunicación desarrollada (Parte 1).

Numero Byte	Función	Valores	Descripción
Byte 1	Determina si el mensaje adjunto es un carácter o un numero	*	Ingresa un carácter
		#	Ingresa un número.
Byte 2	Representa al actuador a ser activado	j	Persiana A
		k	Persiana B
		l	Persiana C
		t	Temperatura
		v	Volumen
		c	Canción
		s	Otros
Byte 3	Mensaje adjunto	E	Reproducción de todos los audios
		D	Detiene al módulo DFPlayer mini
		S	Siguiente audio
		A	Anterior audio
		X	Detener audio
		P	Pausa del audio
		I	Retoma la reproducción del audio, luego de una pausa o un stop
		N	Consulta el número de pistas contenidos en la SD-Card
		Y	Orden de encerrar para la persiana A
		O	Orden de encerrar para la persiana B
		U	Orden de encerrar para la persiana C
H	Comando que señala que se ha enlazado la persiana A con B		

Numero Byte	Función	Valores	Descripción
		G	Comando que señala que se ha enlazado la persiana A con C
		Q	Comando que indica el desacoplo de A con B
		W	Comando que indica el desacoplo de A con C
		Z	Enciende la calefacción
		T	Apaga la calefacción
		XX	Se ingresa un número
Byte 4	Indica el fin de la trama	\n	Se ha leído por completo el mensaje

ANEXO 4: DIAGRAMAS DE FLUJO

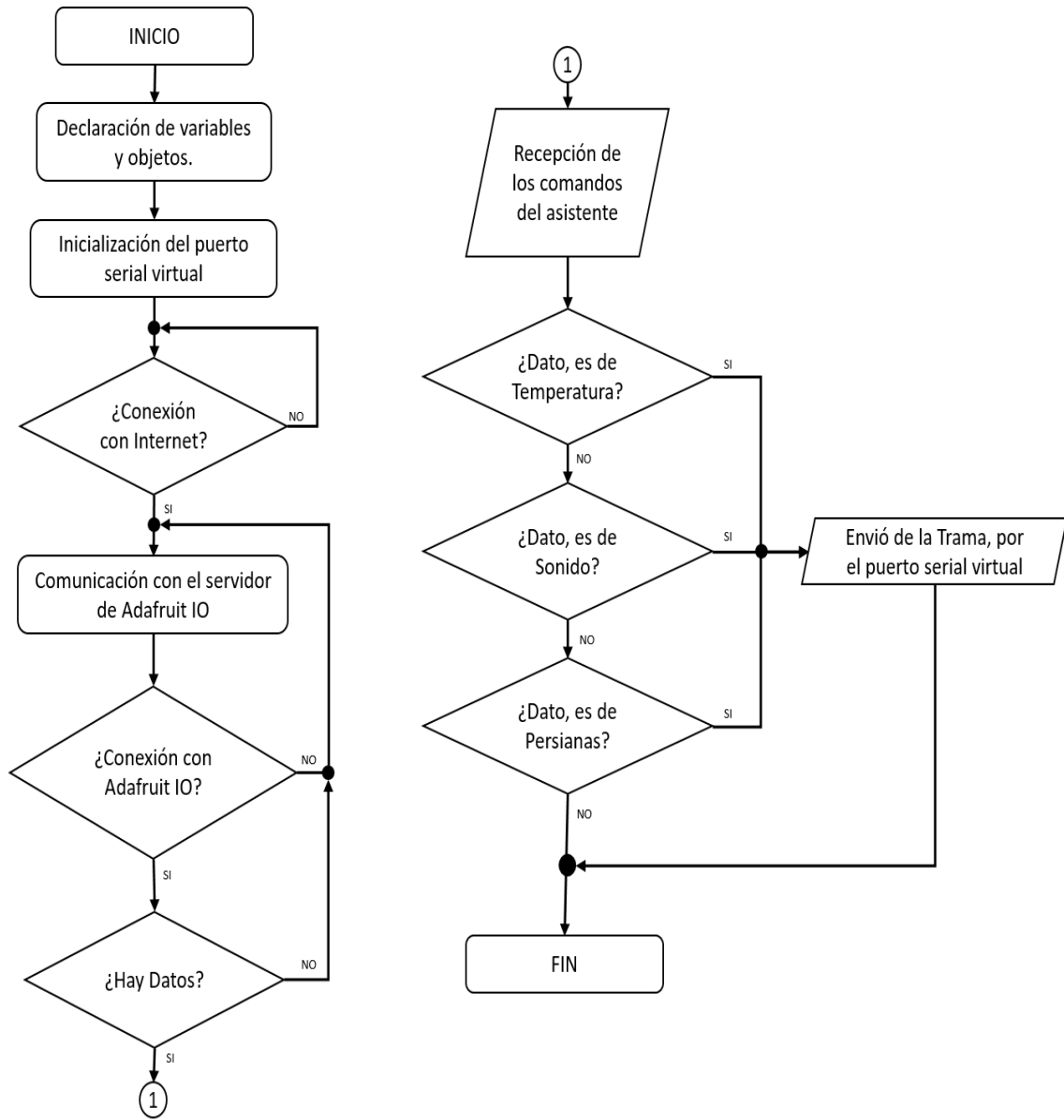


Figura A.1 Diagrama de flujo de la conexión con el asistente inteligente de Google.

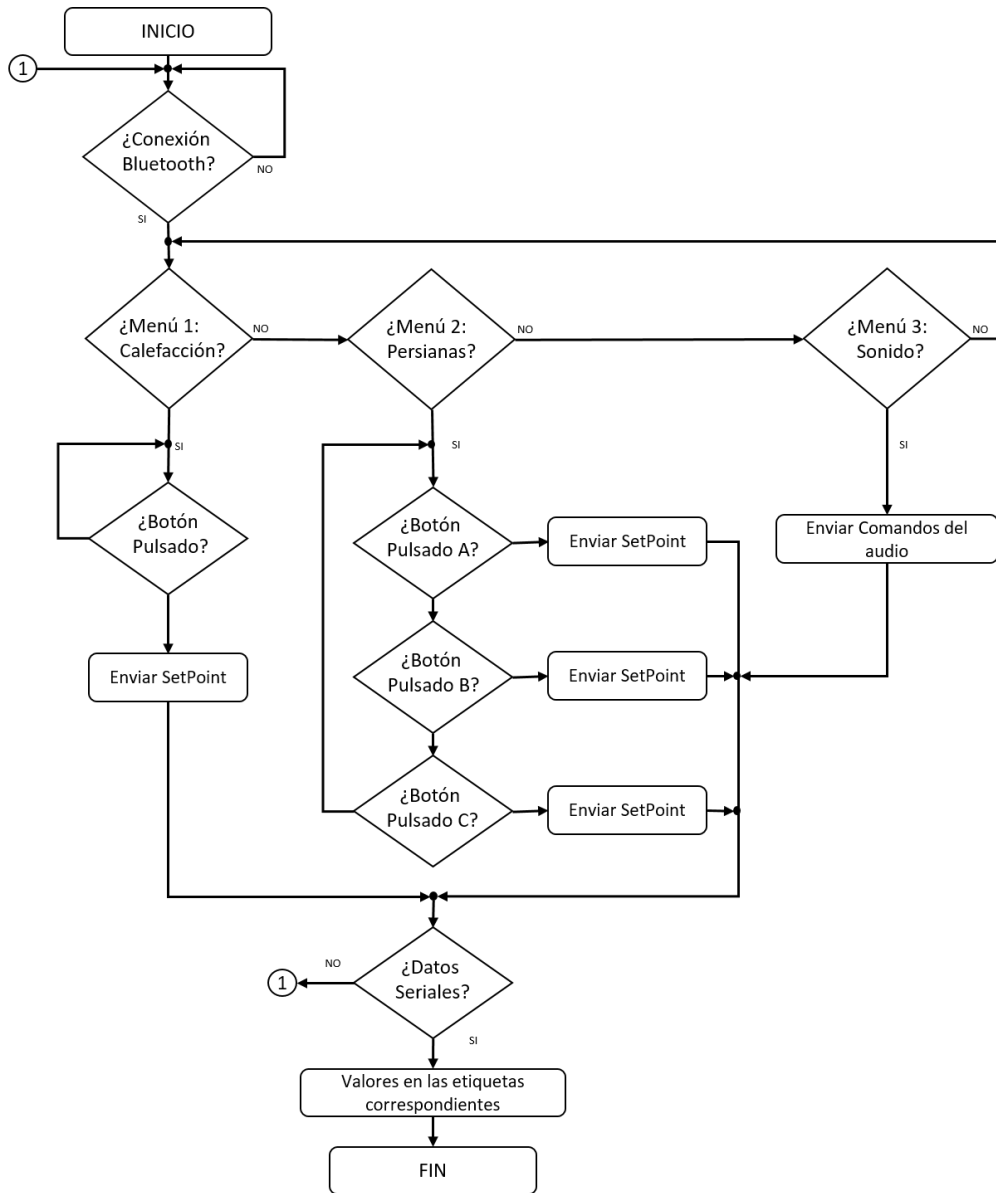


Figura A. 2 Diagrama de flujo de la conexión con el Control Remoto.

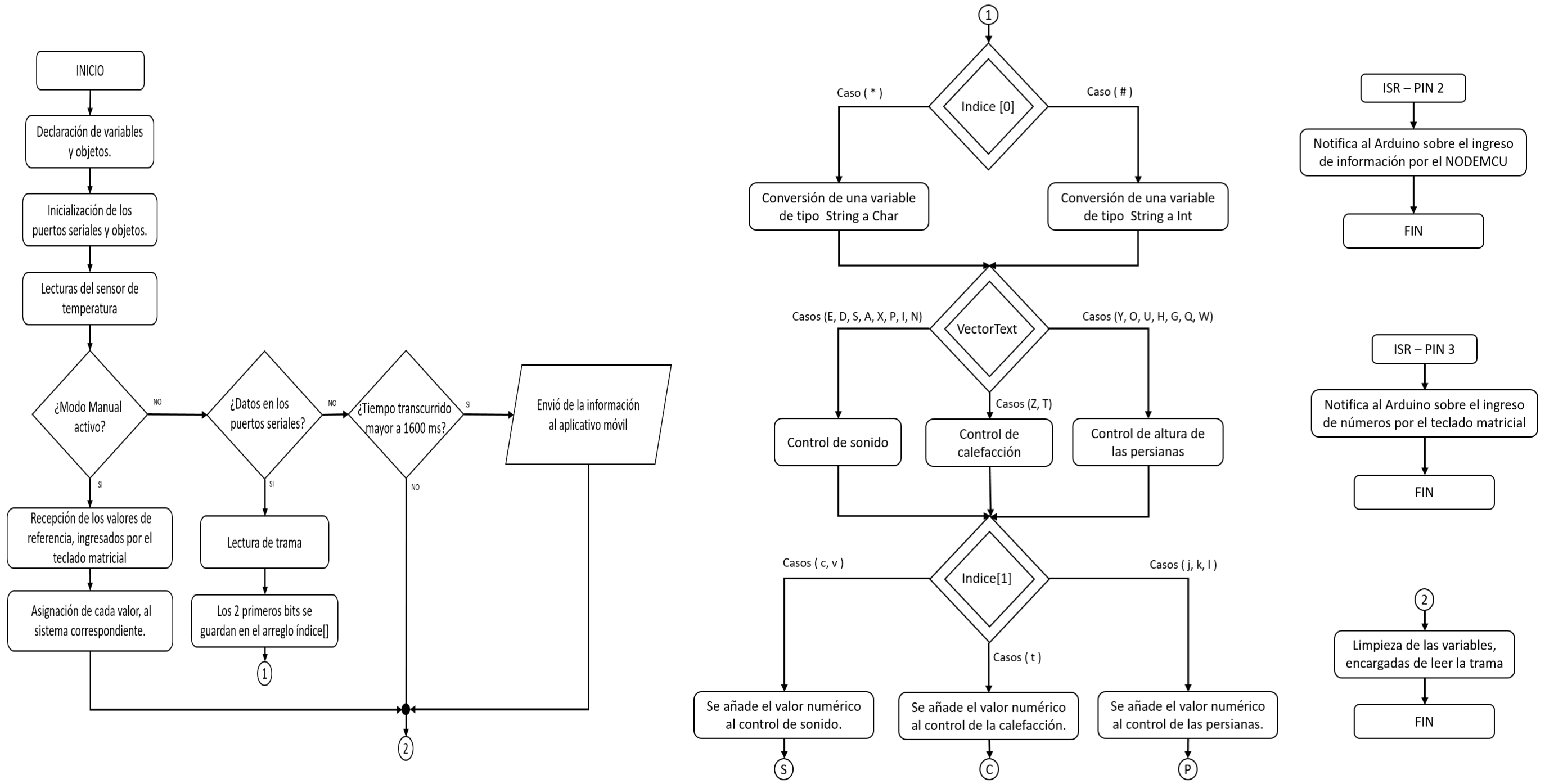


Figura A.3 Diagrama de Flujo de la Etapa 1.

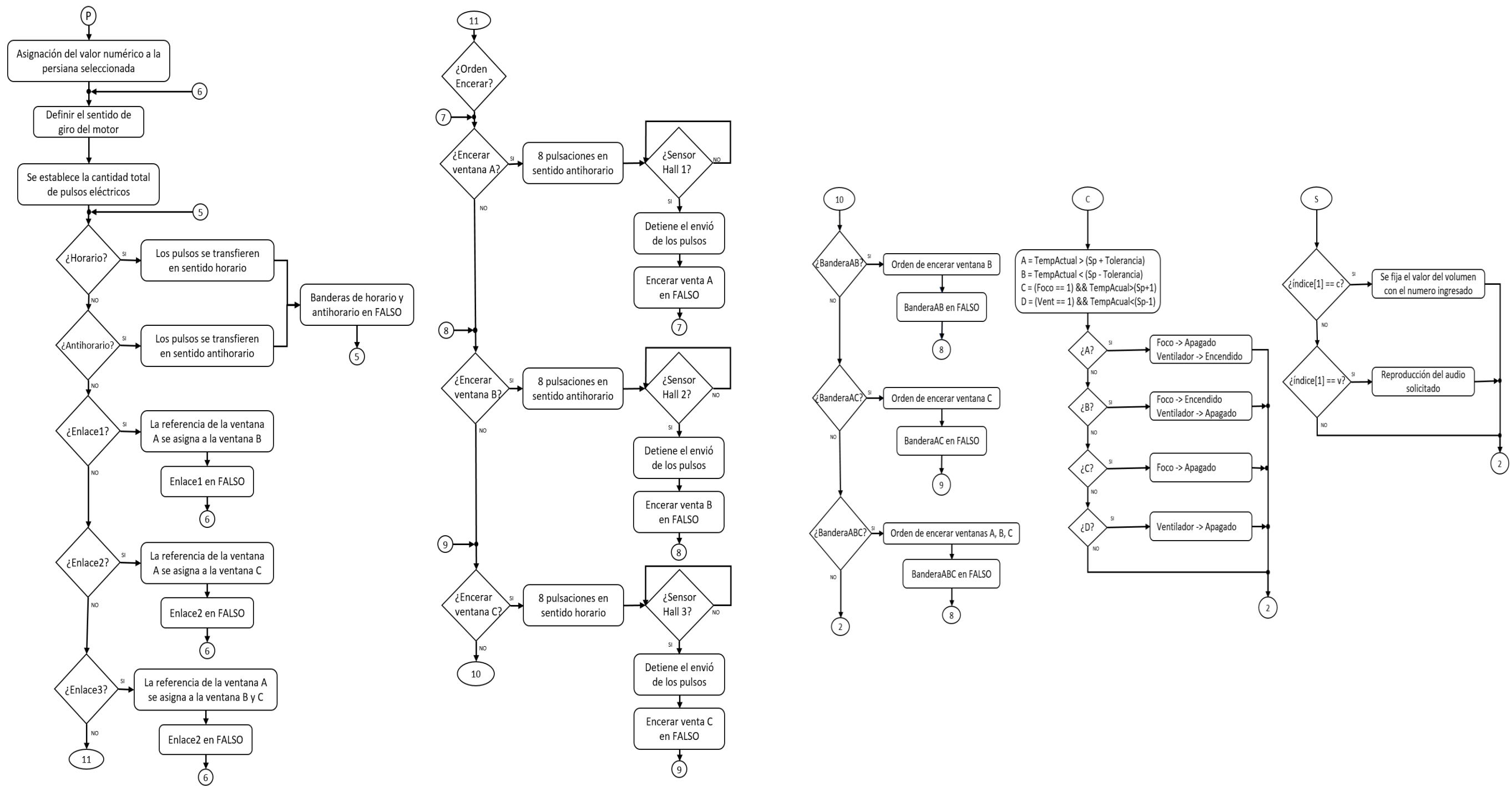


Figura A.4 Diagrama de flujo de la Etapa 2.

ANEXO 5: HOJAS GUÍA

CODIGO – MATERIA
HOJA GUIA
PRÁCTICA 1

Tema: Modificación de los valores de referencia del sistema de calefacción, mediante comandos manuales, remotos y por voz.

1. OBJETIVOS

- Familiarizar al estudiante con el módulo domótico.
- Realizar el control de temperatura basado en la acción de un control On/Off, con una banda de histéresis de $\pm 2^{\circ}\text{C}$.

2. DESARROLLO

2.1. PREPARACIÓN

- Ver el video de “Manual de Usuario” del módulo domótico.

3. HERRAMIENTAS

- Teléfono Android con conexión a Bluetooth y Wifi.
- Aplicación SmartHome.
- Módulo domótico del LTI-ESFOT.

4. PROCEDIMIENTO PRÁCTICO

- Verificar que el módulo esté conectado con el suministro eléctrico.
- Instalar la aplicación móvil SmartHome en el teléfono Android.

CONTROL MANUAL

- Comprobar que el LED, asociado al modo manual se encuentre encendido, si no es así, pulsar el botón de selección de modos. Ubicado en la parte frontal del módulo.
- Pulsar el botón que enciende la calefacción.
- Seguir las instrucciones dictaminadas en la pantalla LCD.
- Ingresar el nuevo valor de referencia, mediante el teclado matricial.

CONTROL REMOTO

- Comprobar que el LED, asociado al modo manual se encuentre apagado, si no es así, pulsar el botón de selección de modos. Ubicado en la parte frontal del módulo.
- Vincular el teléfono Android, con el bluetooth del módulo domótico.
- Abrir la aplicación SmartHome, y nuevamente seleccionar el bluetooth del módulo domótico.
- Enviar los nuevos valores de referencia, haciendo uso de la primera interfaz de usuario de la aplicación SmartHome, habilitando previamente el interruptor digital situado en la parte superior de la pantalla.

CONTROL POR VOZ

- Comprobar que el LED, asociado al modo manual se encuentre encendido, si no es así, pulsar el botón de selección de modos. Ubicado en la parte frontal del módulo.
- Verificar que el teléfono Android, este conectado a internet.
- En la aplicación SmartHome, habilitar el interruptor digital situado en la parte superior de la pantalla.
- Encender el asistente inteligente de Google.
- Enviar la orden “Temperatura en” y decir un número, comprendido entre (15°C – 35°C).

5. RÚBRICA DE EVALUCION

SET POINT [°C]	Temp. mostrada en la LCD [°C]	ERROR [%]

NOTA: La respectiva resolución de la hoja guía planteada se encuentra en el video “Manual de Usuario del módulo domótico”

CODIGO – MATERIA
HOJA GUIA
PRÁCTICA 2

Tema: Modificación de los valores de referencia del sistema de nivel de altura de las persianas, mediante comandos manuales, remotos y por voz.

1. OBJETIVOS

- Familiarizar al estudiante con el módulo domótico.
- Reconocer la importancia de los motores DC de tipo PAP.

2. DESARROLLO

2.1. PREPARACIÓN

- Ver el video de “Manual de Usuario” del módulo domótico.

3. HERRAMIENTAS

- Teléfono Android con conexión a Bluetooth y Wifi.
- Aplicación SmartHome.
- Módulo domótico del LTI-ESFOT.

4. PROCEDIMIENTO PRÁCTICO

- Verificar que el módulo esté conectado con el suministro eléctrico.
- Instalar la aplicación móvil SmartHome en el teléfono Android.

CONTROL MANUAL

- Comprobar que el LED, asociado al modo manual se encuentre encendido, si no es así, pulsar el botón de selección de modos. Ubicado en la parte frontal del módulo.
- Seguir las instrucciones dictaminadas en la pantalla LCD.
- Ingresar el nuevo valor de referencia, mediante el teclado matricial.

CONTROL REMOTO

- Comprobar que el LED, asociado al modo manual se encuentre apagado, si no es así, pulsar el botón de selección de modos. Ubicado en la parte frontal del módulo.
- Vincular el teléfono Android, con el bluetooth del módulo domótico.
- Abrir la aplicación SmartHome, y nuevamente seleccionar el bluetooth del módulo domótico.
- Enviar los nuevos valores de referencia, haciendo uso de la segunda interfaz de usuario de la aplicación SmartHome.
- Asociar dos o tres ventanas, a una única señal de control.

CONTROL POR VOZ

- Comprobar que el LED, asociado al modo manual se encuentre apagado, si no es así, pulsar el botón de selección de modos. Ubicado en la parte frontal del módulo.

- Verificar que el teléfono Android, este conectado a internet.
- Encender el asistente inteligente de Google.
- Enviar la orden “Altura en” y decir un número, comprendido entre (0 cm – 18 cm).
- Asociar dos o tres ventanas, a una única señal de control.

5. RÚBRICA DE EVALUACIÓN

Ventana seleccionada	SET POINT [cm]	Posición final de la persiana [cm]	ERROR [%]

Ventanas asociadas	SET POINT [cm]	Posición final de las persianas [cm]			ERROR [%]		
		Ventana A	Ventana B	Ventana C	Ventana A	Ventana B	Ventana C

NOTA: La respectiva resolución de la hoja guía planteada se encuentra en el video “Manual de Usuario del módulo domótico”

CODIGO – MATERIA
HOJA GUIA
PRÁCTICA 3

Tema: Utilización de los diversos comandos, diseñados para modificar el funcionamiento del reproductor de audio, del módulo domótico

1. OBJETIVOS

- Familiarizar al estudiante con el módulo domótico.
- Identificar las principales funcionalidades del módulo DFPlayer Mini.

2. DESARROLLO

2.1. PREPARACIÓN

- Ver el video de “Manual de Usuario” del módulo domótico.

3. HERRAMIENTAS

- Teléfono Android con conexión a Bluetooth y Wifi.
- Aplicación SmartHome.
- Módulo domótico del LTI-ESFOT.

4. PROCEDIMIENTO PRÁCTICO

- Verificar que el módulo esté conectado con el suministro eléctrico.
- Instalar la aplicación móvil SmartHome en el teléfono Android.

CONTROL MANUAL

- Comprobar que el LED, asociado al modo manual se encuentre encendido, si no es así, pulsar el botón de selección de modos. Ubicado en la parte frontal del módulo.
- Seguir las instrucciones dictaminadas en la pantalla LCD.
- Ingresar el número de la pista musical en ser reproducido

CONTROL REMOTO

- Comprobar que el LED, asociado al modo manual se encuentre apagado, si no es así, pulsar el botón de selección de modos. Ubicado en la parte frontal del módulo.
- Vincular el teléfono Android, con el bluetooth del módulo domótico.
- Abrir la aplicación SmartHome, y nuevamente seleccionar el bluetooth del módulo domótico.
- Ingresar el número de la pista musical en ser reproducido, haciendo uso de la tercera interfaz de usuario de la aplicación SmartHome.
- Interactuar con la interfaz.

CONTROL POR VOZ

- Comprobar que el LED, asociado al modo manual se encuentre apagado, si no es así, pulsar el botón de selección de modos. Ubicado en la parte frontal del módulo.

- Verificar que el teléfono Android, este conectado a internet.
- Encender el asistente inteligente de Google.
- Enviar la orden “Audio” y decir un número.
- Interactuar con la interfaz.

5. RÚBRICA DE EVALUCION

Instrucción de control	FUNCIONA	NO FUNCIONA
Selección del audio		
Cambio en el nivel de volumen		
Reproducción de las pistas en orden		
Anterior canción		
Play		
Pausa		
Stop		
Siguiente canción		
Consulta del número de audios contenidos en la micro SD		
Detener el módulo DFPlayer Mini.		

NOTA: La respectiva resolución de la hoja guía planteada se encuentra en el video “Manual de Usuario del módulo domótico”