

TECNOLÓGICO UNIVERSITARIO

VIDA NUEVA

SEDE MATRIZ



TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTROMECAÁNICA

TEMA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA MOTORES DE
CORRIENTE CONTINUA POR MEDIO DE UNA TARJETA ELECTRÓNICA**

PRESENTADO POR

PACHACAMA CANDO ANGEL ISRAEL

LLUMIQUINGA GUALLICHICO EDWIN ALEXANDER

TUTOR

ING. RUIZ GUANGAJE CARLOS RODRIGO MG.

FECHA

MARZO 2024

QUITO – ECUADOR

Tecnología Superior en Electromecánica

Certificación del Tutor

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Aplicación Práctica con el tema: “Diseño y construcción de un sistema de control para motores de corriente continua por medio de una tarjeta electrónica”, presentado por los ciudadanos Pachacama Cando Angel Israel y Llumiquinga Guallichico Edwin Alexander, para optar por el título de Tecnólogo Superior en Electromecánica, certifico que dicho proyecto ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

En la ciudad de Quito, del mes de marzo de 2024.

Tutor: Mg. Ruiz Guangaje Carlos Rodrigo

C.I.: 0604030635

Tecnología Superior en Electromecánica

Aprobación del Tribunal

Los miembros del tribunal aprueban el Proyecto de Aplicación Práctica, con el tema: “Diseño y construcción de un sistema de control para motores de corriente continua por medio de una tarjeta electrónica”, presentado por los ciudadanos Pachacama Cando Angel Israel y Llumiquinga Guallichico Edwin Alexander, facultados en la carrera Tecnología Superior en Electromecánica.

Para constancia firman:

Ing.

C.I.:

DOCENTE TUVN

Tecnología Superior en Electromecánica

Cesión de Derechos de Autor

Yo, Pachacama Cando Angel Israel portador de la cédula de ciudadanía 1754465688 y Llumiquinga Guallichico Edwin Alexander portador de la cédula de ciudadanía 1727688952, facultados en la carrera Tecnología Superior en Electromecánica autores de esta obra, certificamos y proveemos al Tecnológico Universitario Vida Nueva usar plenamente el contenido de este Proyecto de Aplicación Práctica con el tema “Diseño y construcción de un sistema de control para motores de corriente continua por medio de una tarjeta electrónica”, con el objeto de aportar y promover la cultura investigativa, autorizando la publicación de nuestro proyecto en la colección digital del repositorio institucional, bajo la licencia Creative Commons: Atribución-NoComercial-Sin Derivadas.

En la ciudad de Quito, del mes de marzo de 2024.

Pachacama Cando Angel Israel

C.I.: 1754465688

Llumiquinga Guallichico Edwin Alexander

C.I.:1727688952

Dedicatoria

Dedico con todo mi corazón este trabajo a Dios, por darme la oportunidad de culminar la primera etapa de estudios profesional en mi vida, por ser la fuente de bendición para alcanzar este triunfo y rodearme con muchas personas maravillosas que me han acompañado en este corto camino. Quiero dedicar este logro a cada uno de mi familia que son mis cuñados, cuñadas, mis hermanos y hermanas que cada uno de ellos me han brindado de su amor y apoyo incondicional por darme las palabras de aliento en los momentos más duros de ser un estudiante para no rendirme y terminar con éxito esta carrera la cual me ha regalado grandes amistades con los que pude compartir pequeños gestos de bondad.

Pachacama Cando Angel Israel

Dedico este trabajo a Dios ya que él me ha dado vida, salud, sabiduría y fortaleza para culminar con éxito tan ansiada carrera. Dedico de todo corazón a mi madre y a mi abuelo este trabajo de integración curricular que realicé antes de finalizar mi tecnología superior en electromecánica. Porque sin ellos no podría haber logrado este trabajo. Dedico esta misión de estudiar electromecánica a mi madre y a mi abuelo, quienes me brindaron apoyo moral y económico incondicional para desarrollar mis actividades profesionales. Mi gratitud es eterna. También dedico este trabajo curricular a todos mis colegas y amigos que me han brindado conocimiento y apoyo cuando más lo necesité a lo largo de mi carrera.

Llumiquinga Guallichico Edwin Alexander

Agradecimiento

Gracias a Dios por haber dado la vida, la fuerza y lo primordial la sabiduría para alcanzar todos mis objetivos personales y académicos. Agradezco a cada uno de mi familia que fueron pilar fundamental de inspiración, motivación, son ellos que con su cariño y ejemplo me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca rendirme frente a las adversidades. Agradezco al Ing. Carlos Ruiz Mg. tutor de este proyecto y cada docente que conforma la carrera de Electromecánica del Instituto Tecnológico Universitario Vida Nueva por brindarme de sus conocimientos y su dedicación a la enseñanza, gracias a todos por su guía y sus consejos, los llevare grabados en mi memoria.

Pachacama Cando Angel Israel

Gracias a Dios por haber dado la vida, salud, la sabiduría, y la fortaleza, por permitirme culminar y logar una meta más y un sueño más cumplido. Agradezco a mi madre y mi abuelo por ser fuente de inspiración, motivación, confianza, por su apoyo incondicional y paciencia, que siempre me apoyaron en toda mi formación profesional y nunca me dejaron rendirme. Quiero expresar mi gran sinceridad de agradecimiento al ingeniero Carlos Ruiz tutor de mi proyecto practico de titulación de igual manera a todos los docentes de la carrera de Electromecánica que me han brindado de sus conocimientos y aún más importante por la orientación a ser una mejor persona y ser un buen profesional, extendiendo mi gratitud a mis amigos con los que he compartido, un especial agradecimiento a las personas que han brindado su apoyo, su ánimo y consejos durante los años de estudio.

Llumiyinga Guallichico Edwin Alexander

Tabla de contenido

Resumen	9
Abstract	10
Planteamiento del Problema	11
Descripción de la Situación Problemática	11
Formulación del Problema	13
Introducción	14
Objetivos	16
Objetivo General	16
Objetivos Específicos	16
Justificación	17
Antecedentes	18
Marco Teórico	20
Desarrollo de Software	20
Robótica	21
Electrónica	22
Servomotores	23
Motores DC	24
Puente H	26
ESP32	27
Fuente de Voltaje DC	27
Batería VRLA	28
Placa PCB	29

	8
Metodología y Desarrollo del Proyecto	31
Diseño en PCBs	31
Creación del Esquemático de la ESP32	31
Diseño de Diagrama para Pruebas en el Software de Proteus	32
Diseño y Conexión del Circuito	33
Impresión a Laser	34
Planchado del Circuito	35
Taladrado de la Placa	36
Acoplar los Elementos	37
Instalación de la Placa Principal	38
Instalación de la Fuente Regulable	39
Instalación de los Motores	40
Instalación de la Batería	41
Conexión de los Componentes	42
Programación del Sistema de Control	43
Programación de la ESP32	43
Pruebas de Funcionamiento	44
Propuesta	46
Conclusiones	49
Recomendaciones	50
Referencias	51
Anexos	54

Resumen

En la sociedad actual el desarrollo orientado a la movilidad en proyectos electrónicos a menudo se ve limitado por la escasez de opciones que se ajusten a las necesidades específicas de proyectar, esto restringe a los diseñadores de nuevos proyectos en el sistema de control para producir en masa a bajo costo. Los PLC son equipos de muy alto costo y es donde aquí aparecen las tarjetas electrónicas, con el avance de la automatización se ha generado el uso de las tarjetas electrónicas en diversas aplicaciones la cual, genera un control preciso en los motores de corriente continua, haciendo uso de estas tarjetas gracias a su capacidad de generar pulsos PWM, es por ello que el presente proyecto propone la creación de un sistema de control para modificar la velocidad y cambiar la dirección de motores de corriente continua, se utilizará una tarjeta ESP32 que ofrece conexión directa a WiFi, buscando así reducir costos, mejorar la velocidad y brindar mayor flexibilidad en la gestión de los motores, este sistema de control de motores tendrá la capacidad de controlar la velocidad de los motores, además del sentido del giro, para ello se investigaran los protocolos de investigación de las tarjetas electrónicas, luego se desarrollará el sistema de control, y después se generaran las pruebas de funcionamiento. Para el desarrollo del proyecto es importante tener en cuenta el tipo de motores a usar, verificar la compatibilidad con los controladores, evitar mantener conexiones en la tarjeta electrónica mientras se carga el código para evitar daños y problemas en la tarjeta, y verificar el diseño de la placa antes de imprimirla.

Palabras Clave: MOTORES DC, PLACA PCB, ESP32, TARJETA ELECTRÓNICA.

Abstract

In today's society mobility-oriented development in electronic projects is often limited by the scarcity of options that fit the specific needs of the projector, this restricts the designers of new projects in the control system to mass-produce at low cost. PLCs are very high cost equipment and it is here where the electronic cards appear, with the advancement of automation has generated the use of electronic cards in various applications which generates a precise control in DC motors, making use of these cards thanks to its ability to generate PWM pulses, this is why this project proposes the creation of a control system to modify the speed and change the direction of DC motors, using an ESP32 that offers direct connection to Wifi in order to reduce costs, improve speed and provide flexibility in the management of the motors, in addition to the direction of rotation, for this research protocols of the electronic cards will be investigated, then the control system will be developed, and then the test runs will be generated. For the development of the project it is important to take into account the type of motors to be used, verify the compatibility with the controllers, avoid damage and problems on the board, and verify the design of the board before printing it. and verify the design of the board before printing it.

Keywords: DC MOTORS, PCB BOARD, ESP32, ELECTRONIC CARD.

Planteamiento del Problema

Descripción de la Situación Problemática

La situación problemática radica en la falta de un sistema de control especializado para motores de corriente continua mediante el uso de una tarjeta electrónica. En la actualidad, la ausencia de una solución específica limita la capacidad de gestionar y supervisar eficientemente motores de este tipo, afectando su desempeño y versatilidad en diversas aplicaciones, esta problemática es expuesta por Rojas, Herrera, Castañeda y Terraza (2008) de la siguiente forma:

Los proyectos desarrollados por universidades latinoamericanas, con frecuencia se opta por la inclusión de controladores comerciales, tales como los controladores lógico-programables (PLC), debido a que son ampliamente conocidos y confiables. No obstante, esta solución no es viable para ser implementada en aplicaciones cuyo objetivo es la producción en serie a un bajo costo. (p. 22)

La carencia de un sistema dedicado dificulta la optimización de procesos industriales, la automatización de sistemas y la ejecución efectiva de proyectos que requieren un control preciso y adaptable de los motores de corriente continua. La resolución de esta problemática implica el diseño y construcción de un sistema de control electrónico que permita una gestión eficaz de los motores, proporcionando una solución integral para mejorar su rendimiento y facilitar su aplicación en distintos contextos.

Además, esta falta de especialización puede tener implicaciones económicas negativas, la ineficiencia en el control de motores resulta en un uso subóptimo de recursos, aumentando los costos operativos y de mantenimiento para las empresas que dependen de estos sistemas, la incapacidad para adoptar soluciones más eficientes también puede afectar la competitividad de las empresas en un entorno comercial que valora la eficiencia y la productividad.

A esto hay que agregar que existen varios métodos que se usan en la industria para el control de motores de corriente continua, uno de ellos es el control no lineal de motores, el cual será analizado para plasmar las desventajas que proporciona usar este método en el control de motores, además de las deficiencias energéticas que puede presentar, se suman además las deficiencias en el ámbito económico, ya que pueden suponer un coste mayor, por encima de otros métodos de control de motores de corriente continua, así lo expresa Contreras (2018):

Es una señal que oscila entre el valor máximo y mínimo de saturación del actuador, comportándose la señal de control como un control todo nada, debido a este control “bang-bang” que se aplica con el objetivo de hacer que el sistema cumpla la referencia. Se trata de un tipo de control muy costoso visto desde el punto de vista energético y provoca fatiga en el actuador, ya que trabaja en saturación todo el ciclo de trabajo. Este comportamiento no se ajusta nada a un control robusto. (p. 31)

Esta estrategia de control "bang-bang", presenta varias desventajas significativas, en primer lugar, al comportarse como un control todo o nada, genera una señal de control abrupta que puede ser energéticamente costosa, este enfoque, al aplicar la saturación completa durante todo el ciclo de trabajo, resulta en un uso ineficiente de la energía, lo que podría tener implicaciones económicas considerables a largo plazo, además, esta práctica genera fatiga en el actuador, ya que se ve sometido constantemente a extremos de funcionamiento, este nivel de estrés continuo puede reducir la vida útil del actuador y aumentar los costos asociados con el mantenimiento y reemplazo de componentes, en última instancia, este comportamiento no se alinea con los principios de un control robusto, ya que la estrategia "bang-bang" no permite una adaptación suave y eficiente a los cambios en las condiciones del sistema, lo que limita su eficacia y versatilidad en entornos dinámicos.

Formulación del Problema

¿Cómo una tarjeta electrónica programable permite desarrollar el control de motores de corriente aplicados a robots terrestres?

Introducción

En la actualidad, la capacidad de gestionar y supervisar eficientemente motores de corriente continua es limitada, afectando su desempeño y versatilidad en diversas aplicaciones, la falta de soluciones específicas y accesibles para este propósito específico limita la capacidad de diseñadores para implementar sistemas de control personalizados y eficientes, la carencia de opciones accesibles dificulta la ejecución de proyectos individuales, afectando la versatilidad y eficacia de estos sistemas de control, esta problemática es expuesta por Rojas, Herrera, Castañeda y Terraza (2008) de la siguiente forma:

Los proyectos desarrollados por universidades latinoamericanas, con frecuencia se opta por la inclusión de controladores comerciales, tales como los controladores lógico-programables (PLC), debido a que son ampliamente conocidos y confiables. No obstante, esta solución no es viable para ser implementada en aplicaciones cuyo objetivo es la producción en serie a un bajo costo. (p. 22)

De esta forma se entiende que, en la actualidad en el desarrollo de proyectos realizados por universidades latinoamericanas, es común el uso de controladores comerciales y el principal controlador comercial es el PLC, ya que son aptos para controlar múltiples cargas, sin embargo, los costos del PLC, y su tamaño, dificultan la versatilidad en la creación de distintos proyectos, además de dificultar la creación en serie debido a su precio.

A esto hay que agregar que existen varios métodos que se usan en la industria para el control de motores de corriente continua, uno de ellos es el control no lineal de motores, el cual será analizado para plasmar las desventajas que proporciona usar este método en el control de motores, además de las deficiencias energéticas que puede presentar, se suman además las

deficiencias en el ámbito económico, ya que pueden suponer un coste mayor, por encima de otros métodos de control de motores de corriente continua, así lo expresa Contreras (2018):

Es una señal que oscila entre el valor máximo y mínimo de saturación del actuador, comportándose la señal de control como un control todo nada, debido a este control “bang-bang” que se aplica con el objetivo de hacer que el sistema cumpla la referencia. Se trata de un tipo de control muy costoso visto desde el punto de vista energético y provoca fatiga en el actuador, ya que trabaja en saturación todo el ciclo de trabajo. Este comportamiento no se ajusta nada a un control robusto. (p. 31)

Esta estrategia de control "bang-bang", presenta varias desventajas significativas, en primer lugar, al comportarse como un control todo o nada, genera una señal de control abrupta que puede ser energéticamente costosa, este enfoque, al aplicar la saturación completa durante todo el ciclo de trabajo, resulta en un uso ineficiente de la energía, a esto, Ioris, Lages, & Santini, 2012 agregan que “generalmente, los robots comerciales son basados en arquitecturas propietarias, lo que impide su integración en sistemas más complejos o incluso la reutilización del software”, esto quiere decir que los modelos de control de motores de corriente continua comerciales, tienen arquitecturas propias, que pueden entrar en conflicto al tratar de modificarlas para la creación de proyectos más complejos.

El diseño y construcción de un sistema de control para motores de corriente continua en el Ecuador es necesario para el desarrollo de distintos proyectos que tendrán movilidad, como pueden ser brazos robóticos o robots móviles, y es en este contexto que se requiere un control de motores versátil y que no sea costoso en relación con el uso del PLC, en el creciente desarrollo tecnológico y de robots móviles es necesario contar con alternativas personalizables y de bajo costo.

Objetivos

Objetivo General

Construir un sistema electrónico que permita el control de la velocidad y la dirección de rotación de motores de corriente continua mediante una tarjeta electrónica, con el fin de ofrecer una solución eficiente para aplicaciones que requieran un control preciso y versátil.

Objetivos Específicos

- Investigar los protocolos que intervienen en las tarjetas electrónicas y su red de comunicación en el sistema de control de motores de corriente continua.
- Desarrollar un sistema de control por medio de una tarjeta ESP32 para el control de motores de corriente continua.
- Ejecutar pruebas de funcionamiento en el sistema de control para la señal de comunicación entre la tarjeta y los dispositivos de corriente continua.

Justificación

En el presente proyecto está enfocada en realizar un sistema de control que permita variar la velocidad y desarrollar el cambio de giro de motores de corriente continua. Este sistema estará basado en una tarjeta ESP32 que cuenta con características fundamentales como la conexión directa a Wifi, es por esta razón que este sistema busca reducir costos mejorando la velocidad y proporcionar una mayor flexibilidad en la gestión de los motores. Además, se busca aprovechar las capacidades inalámbricas de la tarjeta ESP32 para facilitar la integración y el control remoto del sistema.

Implementar una tarjeta electrónica programable para mejorar el control sobre motores de corriente continua a un menor costo tiene una relevancia social significativa. En un mundo cada vez más orientado hacia la automatización y la tecnología, esta iniciativa contribuye a la mejora de procesos industriales, sistemas de transporte y proyectos de desarrollo de robots. La eficiencia y reducción de costos derivadas de esta solución pueden traducirse en beneficios sociales como la implementación de soluciones más accesibles en entornos donde los recursos económicos son limitados.

Desde el punto de vista del conocimiento, este proyecto ofrece una oportunidad para avanzar en la comprensión y aplicación de tecnologías de control electrónico. La investigación y desarrollo asociados con la implementación de una tarjeta electrónica programable permitirán explorar nuevas metodologías, algoritmos y enfoques para el control de motores de corriente continua. Este proyecto facilita el aprendizaje y la adquisición de conocimientos en áreas como la programación de microcontroladores, diseño de circuitos y optimización de sistemas electrónicos.

Antecedentes

En las últimas décadas, se ha producido un cambio sustancial en el ámbito de la automatización industrial, motivado por progresos tecnológicos en el diseño y regulación de motores de corriente continua, tradicionalmente, el manejo de estos motores se llevaba a cabo mediante prácticas convencionales que incorporaban resistencias y contactores, lo cual restringía la exactitud y flexibilidad de los sistemas.

Las tarjetas electrónicas, con su capacidad para generar señales de pulso PWM, desempeña un papel significativo en esta iniciativa. Según el artículo Remote control system of stepper motor based on the ESP32 developer board (2022) se ha demostrado que “la velocidad y dirección de los motores de corriente continua son ajustables y controlables mediante señales de pulso precisas”, esto resulta en un beneficio para aplicaciones que requieran controles precisos de las acciones que se van a realizar, ya que es posible controlar de manera precisa la velocidad de los motores a través de los pulsos PWM.

En el proyecto de Fernández (2023) propone un enfoque educacional integral, donde los alumnos simulan en PSIM la etapa de potencia con su respectivo control, posteriormente, se lleva a cabo la construcción en el laboratorio a escala y baja potencia, implementando el control en el mencionado microcontrolador ESP32. Este enfoque no solo proporciona a los estudiantes una experiencia práctica en la programación del MCU utilizando micro Python, sino que también busca evaluar la viabilidad de la implementación de sistemas de Operación y Mantenimiento (O&M) con filosofía IoT, aprovechando las capacidades del ESP32.

Integrando las contribuciones de Fernández (2023), se refuerza la importancia de la aplicación práctica de conocimientos en la programación de microcontroladores y la exploración de posibilidades IoT proporciona un contexto valioso para la investigación en curso sobre el

diseño y construcción de un sistema de control para motores de corriente continua mediante una tarjeta electrónica, la convergencia de estas perspectivas educacionales y tecnológicas establece un marco sólido y orientado al desarrollo continuo en el ámbito del control de motores eléctricos.

Esta información destaca la importancia de la educación práctica en el diseño de sistemas de control y la continua exploración de nuevas aplicaciones, impulsando así el avance en el ámbito del control de motores eléctricos, el presente proyecto se posiciona en este contexto, buscando contribuir al desarrollo de soluciones eficientes y accesibles, aprovechando la experiencia acumulada y las nuevas oportunidades que la tecnología, como el ESP32, ofrece para el control de motores de corriente continua.

Adicionalmente, la incorporación de la conectividad WiFi mediante la tarjeta ESP32 no solo potencia la versatilidad del sistema de control, sino que también facilita la posibilidad para la implementación de soluciones más eficientes y accesibles mejorando así la conectividad y la gestión remota de los motores de corriente continua la combinación de estas características tecnológicas fortalece el impacto y la aplicabilidad práctica de la propuesta en diversos contextos industriales y educativos.

Marco Teórico

Desarrollo de Software

De acuerdo con Muñoz, Castillo y Moreno (2015). Argumentan el concepto sobre el desarrollo de software:

El desarrollo de software es el modelo de papel principal a las que se basa diferentes tipos de lenguaje de programación y plataformas de objetos y sus componentes. El propósito de MDD es tratar de reducir los costes y tiempos de desarrollo de aplicaciones con el fin de mejorar la calidad de los sistemas que se construyen con una independencia de la plataforma en el que el software será ejecutado y garantizado las inversiones empresariales frente a la rápida evolución de la tecnología, Este proceso implica la planificación y ejecución de diversas etapas para producir un producto de software funcional y de calidad. (p. 58)

El texto explica cómo se crea el software, hablando sobre el modelo principal llamado Model-Driven Development, este modelo se basa en diferentes tipos de lenguajes de programación y plataformas de objetos con sus partes asociadas, el desarrollo de software consiste en diversos tipos de lenguaje de programación entre plataformas y este determina como interactúan entre sí.

Figura 1

Desarrollo de software



Nota. Programación en computadora.

Robótica

De acuerdo con Ramos, J. Vargas, J. y Gorostieta, H. (2018) definen que la robótica es:

Una rama interdisciplinaria de la ingeniería y la ciencia que se ocupa del diseño, construcción, operación y uso de robots. Un robot es un sistema mecánico o electromecánico que puede realizar tareas de manera autónoma o semiautónoma, programado para llevar a cabo operaciones específicas. (p. 128)

Robótica, se abordan temas que van desde la mecánica y la electrónica de los robots hasta algoritmos de control, inteligencia artificial, visión por computadora, sensores, interacción humano-robot, y ética en la robótica, entre otros. (p. 128)

Dentro del ámbito de la robótica, se examinan una variedad de temas, que van desde los componentes mecánicos y electrónicos de los robots hasta aspectos más complejos como algoritmos de control, inteligencia artificial, procesamiento de imágenes por computadora, sensores, la interacción entre humanos y robots, y aspectos éticos relacionados con esta disciplina, entre otros.

Figura 2*Robótica*

Nota. Robótica en la industria.

Electrónica

La electrónica es una disciplina fundamental en el mundo moderno que abarca una amplia variedad de campos y aplicaciones, desde circuitos simples en dispositivos cotidianos hasta sistemas complejos utilizados en la industria, las comunicaciones, la medicina, la informática y muchas otras áreas, de acuerdo con Botero (2022), la electrónica es:

El campo de la ingeniería y de la física aplicada relativo al diseño y aplicación de dispositivos, en general circuitos electrónicos, cuyo funcionamiento depende del flujo de electrones para la generación, transmisión, recepción y almacenamiento de información, entre otros. Esta información puede consistir en voz o música en un receptor de radio, en una imagen en una pantalla de televisión o en números u otros datos en un ordenador o computadora y sus componentes básicos de la electrónica incluyen resistencias, condensadores, inductores, transistores, diodos y circuitos integrados, placas impresas entre otros. (p. 13)

Esta afirmación implica que el ámbito de la electrónica se dedica de manera focalizada a la concepción y elaboración de circuitos electrónicos destinados a integrarse en electrodomésticos y herramientas de uso cotidiano. Estos dispositivos incorporan una diversidad de componentes electrónicos esenciales, tales como resistencias, circuitos integrados, condensadores, Leds, entre otros, en otras palabras, la influencia de la electrónica abarca una amplia gama de objetos que forman parte del entorno cotidiano en la sociedad actual, y además según Braga (2019) “estos artefactos eléctricos pueden ser tan básicos como un interruptor o tan sofisticados como una computadora o un sistema de comunicación”.

Figura 3

Electrónica



Nota. Circuito electrónico.

Servomotores

El servomotor es una pieza fundamental en el ámbito de la automatización y control de sistemas, destaca por su capacidad precisa y eficiente para realizar movimientos controlados, este dispositivo electromecánico se distingue por su capacidad para mantener una posición específica gracias a su retroalimentación de posición, a esto se agrega la descripción de Thompson y Aguayo (2009), que describen al servomotor de la siguiente manera:

Un motor servo es un dispositivo actuador que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y de mantenerse estable en dicha posición. Está formado por un motor de corriente continua, una caja reductora y un circuito de control, y su margen de funcionamiento generalmente es de menos de una vuelta completa (p. 2).

El servomotor se revela como una pieza esencial en el control y automatización de sistemas, destacando por su precisión y eficiencia en la ejecución de movimientos controlados, su capacidad para mantener posiciones específicas mediante retroalimentación de posición lo posiciona como un dispositivo electromecánico versátil en proyectos que requieran movimientos de la máquina.

Figura 4

Placa PCB



Nota. Servomotor sg90 con 180 grados de libertad.

Motores DC

En la esfera de la electrónica e ingeniería, los motores de corriente continua desempeñan un papel esencial al convertir electricidad en movimiento, son utilizados extensamente, estos motores generan movimiento mediante campos magnéticos, siendo un componente clave en la tecnología actual, se explorará de forma concisa su función básica y su definición, de esta forma

Pacheco (2019, p. 62) explica que “los motores de DC están constituidos por dos devanados internos, inductor e inducido, que se alimentan con corriente continua: el inductor, también denominado devanado de excitación, está situado en el estator y crea un campo magnético de dirección fija”, en términos generales el movimiento del rotor de un motor de corriente continua se da por el campo magnético que se crea al energizar los bobinados. Además, Pacheco (2019), agrega:

Para que se pueda dar la conversión de energía eléctrica en energía mecánica de forma continua es necesario que los campos magnéticos del estator y del rotor permanezcan estáticos entre sí. Esta transformación es máxima cuando ambos campos se encuentran en cuadratura. (p. 62)

En resumen, el fragmento subraya la importancia de mantener campos magnéticos estáticos entre el estator y el rotor para lograr una conversión continua y eficiente de energía eléctrica en energía mecánica.

Figura 5

Motores DC de 12V



Nota. Motor con motorreductor de 12V, tiene torque que un motorreductor de 5V, elaboración propia.

Puente H

En el control de motores de corriente continua es necesario el control de velocidad y de accionamiento de cada motor, por ello es necesario hacer uso de un puente H, uno de los más populares es el puente H L298, este es un controlador que permite conexión con distintos microcontroladores, para Nahuamel et., al (2020) “es un controlador de puente completo doble de alto voltaje y corriente diseñado para aceptar niveles lógicos TTL estándar y controlar cargas inductivas como relés, solenoides, CC y motores paso a paso” (p. 1).

Este enunciado resalta la versatilidad y aplicaciones extendidas del puente H como un componente esencial en el control de diversos dispositivos, ya que no solo es adecuado para gestionar motores de corriente continua, sino que también se muestra altamente eficiente en el manejo de otras cargas inductivas, como solenoides y motores paso a paso, lo que expande significativamente las posibilidades de proyectos que podrían llevarse a cabo utilizando el mismo controlador, permitiendo así un uso más eficaz de recursos y simplificando la creación de sistemas complejos, la capacidad del puente H para ajustarse a diferentes tipos de cargas inductivas resalta su utilidad en un espectro más amplio de aplicaciones.

Figura 6

Puente H L298N



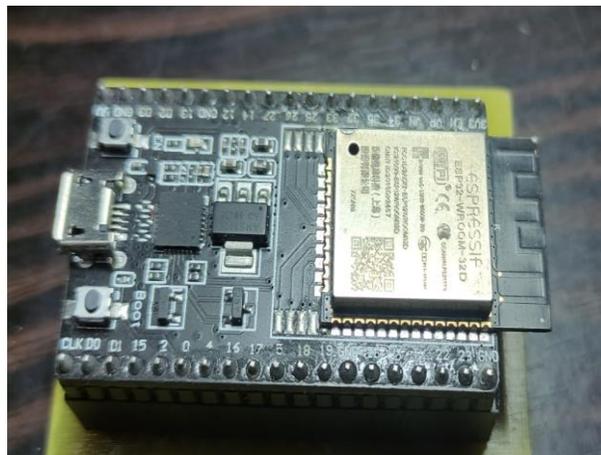
Nota. Controlador L928N para variar la velocidad de motores de CC, elaboración propia.

ESP32

Según Martínez (2020) la Esp32 es un dispositivo útil con múltiples aplicaciones, especialmente gracias a dos elementos integrados, el Wifi y el bluetooth, lo que facilita el envío y la recepción de datos, esto es necesario cuando se requieran realizar proyectos que se basen en mediciones con sensores y la aplicación de actuadores.

Figura 7

Módulo ESP32



Nota. Microcontrolador ESP32, con conexión wifi y bluetooth, elaboración propia.

Fuente de Voltaje DC

En el ámbito de la electrónica, las fuentes de voltaje DC son elementos cruciales para garantizar una alimentación estable y precisa a dispositivos electrónicos, desempeñando un papel esencial al mantener una salida de voltaje constante, esto asegura el funcionamiento óptimo de circuitos y dispositivos conectados, se explorará su funcionamiento y la importancia que tienen en el contexto de la electrónica, para ello Vega (2020) explica que “las fuentes reguladoras de voltaje son aparatos eléctricos que tienen una señal de salida DC y que puede ser ajustada según el uso que se le dé” (p. 1), esto indica que las fuentes se encargan de proveer el voltaje para el que está diseñado, proporcionando un voltaje seguro para los elementos electrónicos que se

necesiten energizar, a esto, Marín (2015) “la fuente DC es muy significativa en nuestras vidas diarias, también es muy importante en los estudios de nuevos avances tecnológicos lo que hace que las fuentes sean de tal importancia en nuestro entorno” (p. 1), en general, se destaca la importancia multifacética de las fuentes de voltaje DC, desde su papel en nuestras actividades diarias hasta su contribución fundamental en la investigación y desarrollo tecnológico.

Figura 8

Fuente de voltaje de 5V



Nota. Módulo regulador de voltaje de 5V para proyectos de electrónica, elaboración propia.

Batería VRLA

En el ámbito de las fuentes de energía eléctrica, las baterías de ciclo profundo desempeñan un papel fundamental al proporcionar una corriente constante a lo largo de un extenso periodo de tiempo. En particular, la batería de ciclo profundo de 12V VRLA (Regulada por Válvula de Plomo-Ácido) se destaca por su capacidad para descargarse de manera consecutiva a niveles más profundos, respaldada por placas de mayor grosor. Este componente esencial, diseñado para aplicaciones que demandan una entrega de energía constante y sostenida, como sistemas de energía solar y aplicaciones marítimas, presenta características distintivas que lo diferencian de las baterías convencionales (Imosolar, 2013).

La singularidad de la batería de ciclo profundo de 12V VRLA, regulada por válvula de plomo-ácido, se evidencia en sus características distintivas que la diferencian significativamente de las baterías convencionales. Su diseño robusto y su capacidad para soportar ciclos de descarga más profundos la convierten en una opción ideal para aquellas situaciones donde se busca optimizar la eficiencia energética y maximizar la vida útil del sistema.

Figura 9

Batería de 12V VRLA



Nota. Batería de ácido-plomo recargable de 12V, elaboración propia.

Placa PCB

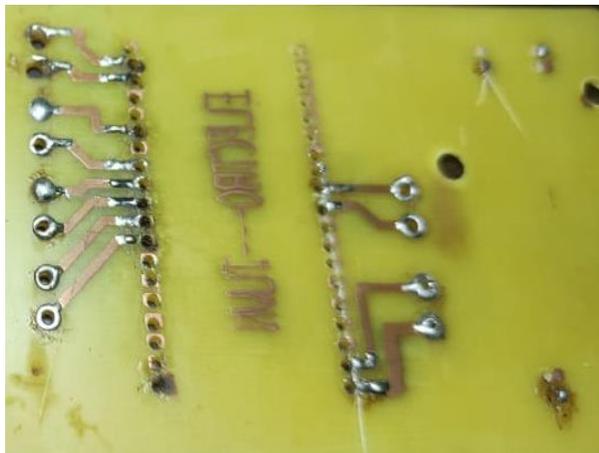
“Una placa PCB (Printed Circuit Board, por sus siglas en inglés), es una placa plana que se utiliza para sostener y conectar componentes electrónicos entre sí, está fabricada con un material aislante” (Hill, 2015, p. 1), la placa de circuito impreso (PCB) emerge como un componente fundamental en la electrónica, proporcionando una plataforma plana y aislante para sostener y conectar diversos componentes electrónicos entre sí. Su importancia radica en su capacidad para facilitar la integración ordenada de circuitos, permitiendo una disposición eficiente y organizada de los elementos electrónicos, la fabricación con materiales aislantes

garantiza la seguridad y la funcionalidad de los dispositivos electrónicos al evitar cortocircuitos y garantizar un rendimiento fiable.

Además, se agrega la definición de Salas, Pérez y Ramírez (2007) que indica que “es utilizado en las universidades, empresas y grupos de investigación para fabricación y/o modificación de equipos con funciones específicas de instrumentación, control y automatización” (p. 1), esto indica que las PCB brindan a los desarrolladores de proyectos electrónicos, un alto grado de libertad para decidir el diseño que más les conviene.

Figura 10

Placa PCB



Nota. Placa PCB generado de manera artesanal, elaboración propia.

Metodología y Desarrollo del Proyecto

El presente proyecto tiene la finalidad de crear un sistema diseñado para controlar los motores de corriente continúa abarcando tanto la regulación de la velocidad y la dirección del giro, su proceso de control se lleva a cabo por medio de una tarjeta electrónica ESP32. La versatilidad de la tarjeta electrónica ESP32 permite gestionar de una manera precisa y eficiente de los motores optimizando el rendimiento y la funcionalidad de los implementos avanzados al sistema de control.

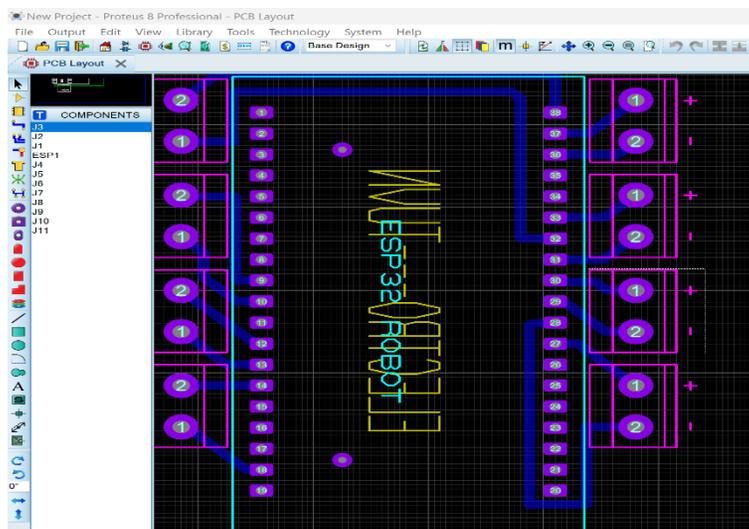
Diseño en PCBs

Creación del Esquemático de la ESP32

En la plantilla de proteus se creó un espacio de la tarjeta electrónica para luego de ello colocar los pines como terminales default MODE, haciendo referencia a 38 pines que cuenta la tarjeta, se añadió el nombre de cada pin en EDIT PIN para dar un valor a cada entrada sin repetir los nombres de los pines como es el caso de GND, para ello se toma en cuenta una referencia de la página web, se selecciona todo el recuadro para dar un nombre en Make Deviece y colocar el Data Sheet y por último guardar la creación en los microcontroladores.

Figura 11

Creación de la tarjeta electrónica ESP32



Nota. Se realizó la parte esquemática de la tarjeta electrónica ESP32 siendo la parte versátil y potente para las aplicaciones de IOT, elaboración propia.

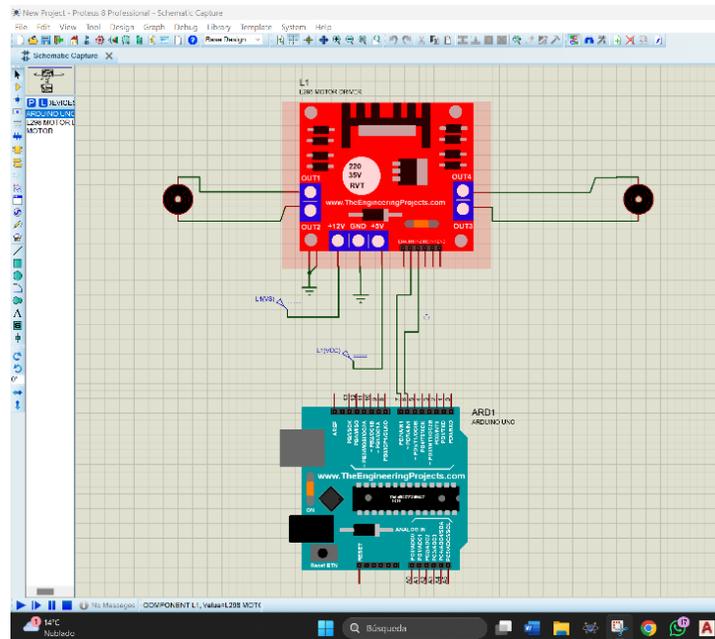
Diseño de Diagrama para Pruebas en el Software de Proteus

Para realizar el diseño del circuito e imprimir para la placa PCB, se empezó inicialmente con un diagrama de prueba para evaluar las dimensiones y la posición de los elementos. El primer paso consistió en añadir los dispositivos que ya vienen preestablecidos en el software de Arduino se debe dirigir a la librería de proteus, se seleccionaron los componentes como el puente H L928N, la placa de Arduino uno y los motores de corriente continua, facilitando su conexión con los pines preconfigurados en las placas. Transcurrido la prueba de funcionamiento en el simulador se procedió a imprimir el circuito para verificar la correcta ubicación de todos los elementos involucrados en la placa, hay que mencionar que es importante observar la posición en la que se imprimirá, ya que se puede encontrar en el modo espejo, el circuito que se imprima y se transfiera a la baquelita, quedará invertido y por lo tanto quedara inservible, cuando se asegure

de manera correcta la imagen ya es posible enviar a imprimir y empezar con el siguiente proceso sin errores.

Figura 12

Simulación de software de proteus



Nota. Circuito de conexión del Arduino con el puente h para los motores, elaboración propia.

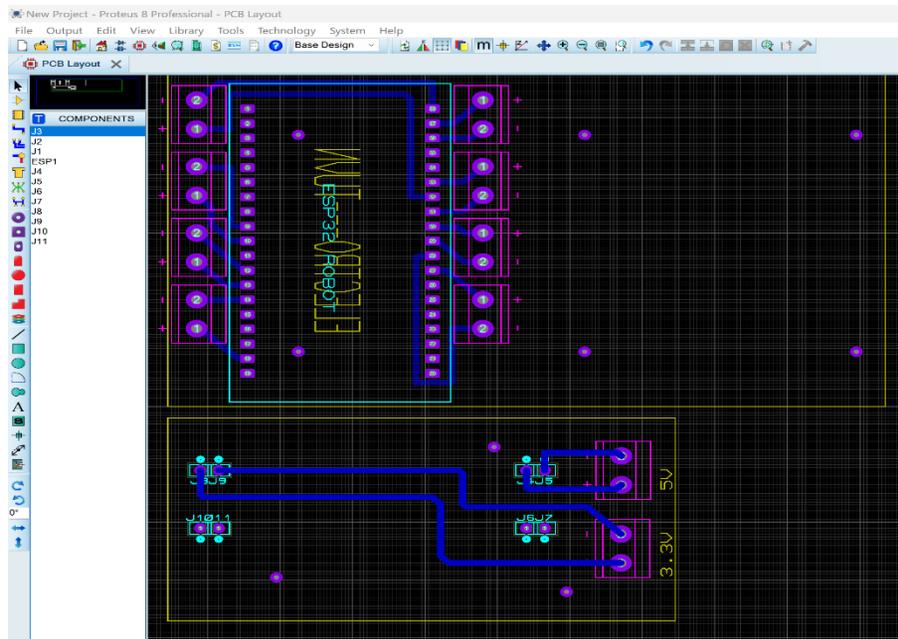
Diseño y Conexión del Circuito

Creado la parte del esquemático de la tarjeta electrónica ESP32 se añade las borneras para realizar las pistas del circuito, se insertó el módulo del puente H L928N para conectar los pines de control a la tarjeta electrónica, también se colocó el módulo regulador de voltaje el cual se va a encargar de alimentar a la tarjeta como al módulo del puente H. Para poder pasar del modo 2D y poder ver los gráficos se selecciona todo el recuadro para que se cree una capa de cobre en todo el circuito. Luego de extraer todos los elementos utilizados se puede cambiar la posición de los elementos conectados, se puede configurar el grosor de las líneas que se

representa al circuito y existe otra manera más fácil de hacer la conexión con el modo automático garantizando la conexión y por último ver la placa finalizada.

Figura 13

Diseño del circuito de la tarjeta, el puente H y la fuente regulable



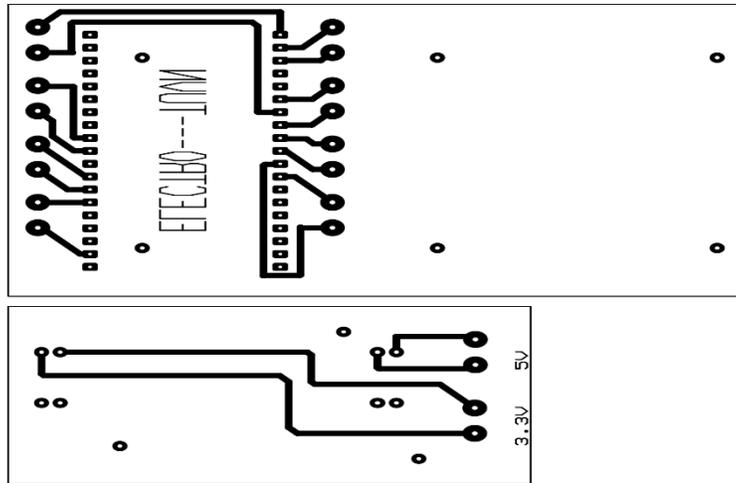
Nota. Diseño de las pistas de la placa PCB para el montaje de los componentes, elaboración propia.

Impresión a Laser

Creado el diseño del circuito y exportado a PDF para la impresión de la placa se realiza en una impresora a laser por ser preciso y el resultado es de mayor eficiencia, lo que permite tener un patrón de detalles mas minuciosos y mantener un correcto funcionamiento de los circuitos electrónicos siendo necesario para la palca de cobre y que no se acumule desperdicio en la pista siendo los caminos de conexión.

Figura 14

Impresión a laser del diagrama



Nota. Impresión del diagrama de conexión tanto de la ESP32 como el puente H, y el módulo de la fuente regulable, elaboración propia.

Planchado del Circuito

Para el proceso del planchado en la placa de baquelita se comienza por el diseño preestablecido anteriormente con la conexión y la ruta por donde la electricidad debe fluir, para su preparación se toma la placa de cobre y se lo comienza a limpiar de todas las impurezas que puede tener la placa, con la ayuda de un estropajo metálico se lo lija de manera suave haciendo lentos movimientos circulares, se colada alcohol para quitar las impurezas y se lo seca. El circuito se lo asegura en la parte del cobre para con l ayuda de una plancha por 10 minutos calentar dando leves movimientos para poder transferir el diseño del papel a la placa de baquelita, después se verifica si los caminos están completamente unidos o se puede remarcar con un marcador de tinta permanente por los fillos que falta la impresión. Luego de coloca en un recipiente con acido y transcurrir un tiempo de 10 minutos se quita el exceso de cobre y queda totalmente las pistas del diseño.

Figura 15*Planchado del circuito*

Nota. Proceso del planchado en la placa de baquelita para luego colocar en ácido para quitar el exceso del cobre de la placa, elaboración propia.

Taladrado de la Placa

El proceso del taladrado o perforado de la placa de baquelita es luego de a ver quitado el exceso de impureza y limpiado las pistas de la placa ya que es el paso importante para insertar los componentes del circuito. Los agujeros se los realiza con una broca de 0.7 milímetros de espesor y con la ayuda del taladro. Siendo precisos en el lugar marcado para que puede calzar los dispositivos que van sobre la placa evitando dañar las pistas de la placa. Al culminar las perforaciones se limpia la placa y se debe eliminar todo residuo que pueda interferir en la instalación de los componentes.

Figura 16*Perforado de la placa*

Nota. La ayuda del taladro facilita de gran manera a la perforación de todos los agujeros para que coincidan los dispositivos, elaboración propia.

Acoplar los Elementos

Para el ensamble de los componentes en la placa de baquelita, es un proceso muy minucioso de colocar los componentes porque se debe de respetar la posición de los pines porque puede quemar las placas electrónicas o los microcontroladores, por eso cada PCB comienza con un esquema diseñado anteriormente y se va colocando las piezas mas pequeñas como fue el caso de la fuente regulable, luego fueron las borneras y por últimos se coloco unos espadines machos-hembra para la ESP32 que pueda ser remontable.

Se utilizo el cautín para soldar con la ayuda de la pomada y del estaño se fue soldando cada pin de los elementos. Por ultimo se debe limpiar con alcohol o tiñer el exceso de la pomada y verificar que los pines no estén unidos porque puede ocasionar alguna interferencia a la

comunicación de los microcontroladores y se lo realiza con un cepillo de diente. Por consiguiente, se verifica la continuidad de cada uno de los pines de la placa.

Figura 17

Acoplar los elementos a la placa



Nota. Luego de colocar todos los elementos de acuerdo con el diagrama se procedió a soldar cada pin en la placa de la baquelita, elaboración propia.

Instalación de la Placa Principal

Luego de haber comprobado las señales de los pines que se está utilizando para los motores, así como para el controlador del puente H L928N, que son elementos de la tarjeta principal, se busca la mejor parte para instalar, con lo cual se realiza perforaciones en la tarjeta y en la parte de la estructura.

La tarjeta electrónica se sujeto con pernos en las esquinas, se colocó con alzas para que no se tense ya que la forma de la estructura no era completamente plana y con ellos para poder facilitar los elementos de conexión.

Figura 18

Perforación de la estructura



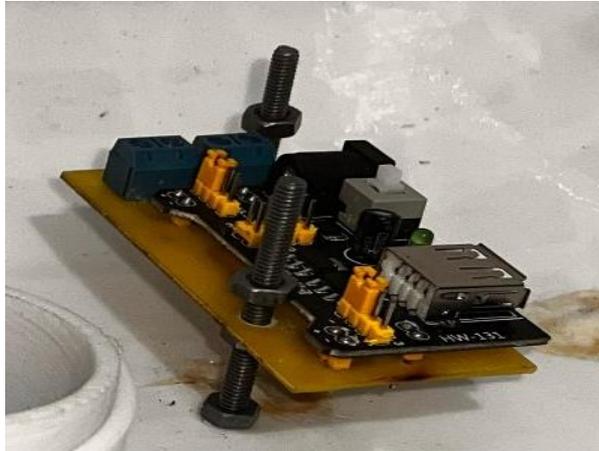
Nota. Se perfora la estructura para ubicar la placa principal para el control de los motores, elaboración propia.

Instalación de la Fuente Regulable

Para el modulo de la fuente regulable se volvió a realizar el mismo paso que la tarjeta principal en comprobar si tiene continuidad con las borneras de alimentación, y se perforo igualmente la estructura para sujetar y no tener esfuerzos de la superficie, siendo partes irregulares, se sujetó con pernos en las esquinas para evitar la interrupción en la alimentación siendo la parte que va a dar la energía de corriente continua de 5 voltios regulables para la tarjeta electrónica como para los motores de avance y un sensor de ultrasonido. Es energizado por una batería de corriente continua.

Figura 19

Ubicación de la fuente regulable



Nota. Se colocó pernos para asegurar el módulo fuente regulable de voltaje, elaboración propia.

Instalación de los Motores

Para poder asegurar los motores de corriente continua se procedió a realizar bases con la impresión 3D para evitar que los motores por la fuerza y la vibración pierdan la posición, la base que se realizó fue de una forma de mordaza, para mayor seguridad igualmente se utilizó el pegamento cemento de contacto para una mayor precisión. Luego de la base se procedió a centrar las mordazas para perforar, para ello se utilizó una broca de $\frac{1}{4}$ para la perforación con la ayuda del taladro se hizo los agujeros de la base, se añadió los pernos con sus respectivas tuercas y se colocó dos pernos por base del motor dando ajustes para el rendimiento de la carga del todo el robot.

De igual manera se colocó las llantas en cada uno de los motores en la cual se realizó un tipo de bocín para el eje de la llanta que pueda encajar con el eje del motor. Se colocó a un poco de pegamento y se lo introdujo a presión.

Figura 20

Asegurar las bases del motor



Nota. Se colocó los motores en la base del robot y se instalaron las llantas a cada motor, elaboración propia.

Instalación de la Batería

Antes de la instalación de la batería lo que se procedió a la seleccionar la batería adecuada que tenga la capacidad de abastecer del voltaje y la corriente de consumo de los elementos conectados, verificando la tensión nominal y cuál es la capacidad del amperaje por hora, así como el tamaño ya que influye mucho por el peso.

Para evitar que la batería tenga algún golpe brusco se colocó correas plásticas a sus extremos asegurando de una mejor manera. En sus terminales se soldaron cables los cuales van a alimentar a todo el circuito de control pasando por el modulo de regulador de voltaje. Y se colocó un interruptor para el encendido y el apagado del circuito, así como también se puso terminales tipo macho respetando la polaridad para poder cargar la batería.

Figura 21

Sujeción de la batería



Nota. Se soldaron cables en los terminales de la batería de igual manera de asegurar en la base de la estructura con amarraderas plásticas, elaboración propia.

Conexión de los Componentes

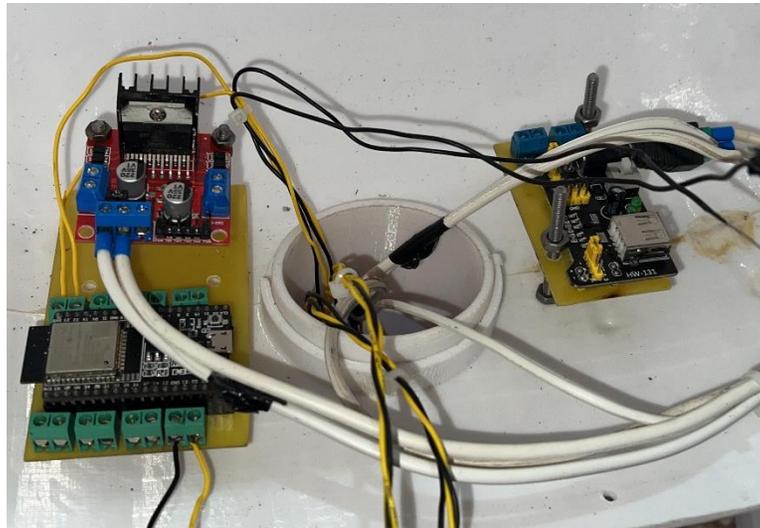
Antes de iniciar el proceso de la conexión de los componentes, es de gran importancia poder identificar los pines los que son de alimentación y los que se encargan de dar las señales a la tarjeta electrónica. Se debe considerar el esquema de la conexión para no tener interferencias o cambiar la polaridad de los elementos en los que puede afectar y quemar los microcontroladores, se coloca los componentes respetando la simbología de los conectores y de los terminales así como la codificación de los cables. También es necesario poder interpretar de forma manual el montaje y el ensamble para tener una referencia de los componentes.

Para la conexión de los motores al modulo del puente H L928N se coloco en uno de sus extremos terminales machos, también se colocó los terminales a los cables que controlaban los motores asegurando un buen contacto y por ultimo se soldaron los cables a los terminales que

van para cargar a la batería, se soldó en los terminales un interruptor el cual está conectado la batería e interrumpiendo la señal del positivo.

Figura 22

Armado del diagrama



Nota. Se utilizo el cable numero 16 para la carga de los motores y el numero 22 para la señal de los servomotores como el del sensor ultrasónico, elaboración propia.

Programación del Sistema de Control

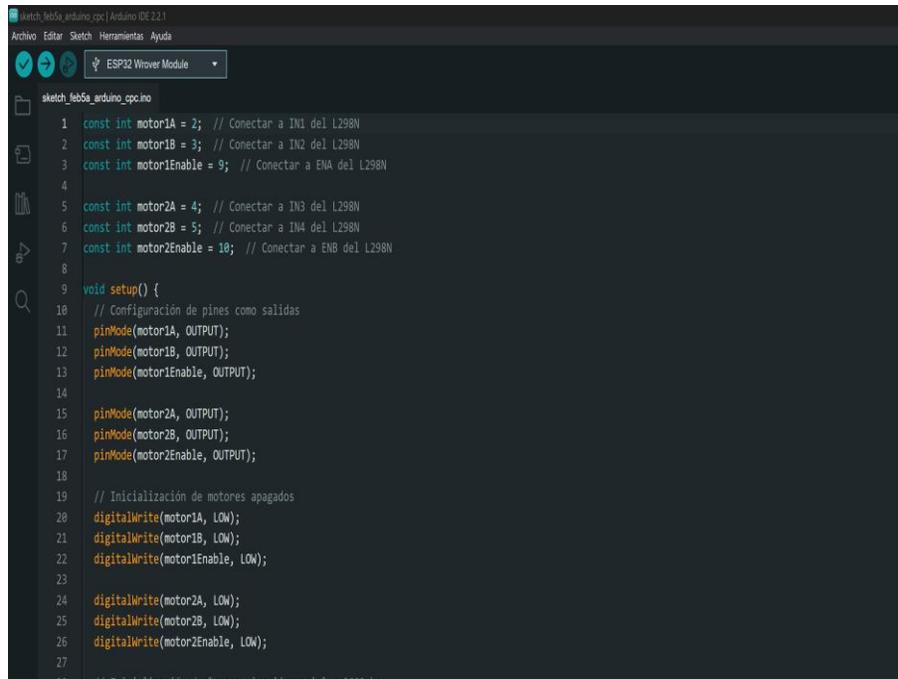
Programación de la ESP32

La programación para la tarjeta electrónica ESP32 se lo realiza mediante el software de Arduino, cuyo código estructurado se basa al lenguaje de programación C++, primeramente, en esta primera fase del proceso se incorporó la librería de la ESP32, para que tenga reconocimiento de la tarjeta con sus dos módulos de operación que son WIFI Y BLUETOOTH para configurar y manejar las conexiones más sencillas y que pueda gestionar la conexión inalámbrica se configuro los pines que se utilizaron, se seleccionó los pines para el control de los motores, para el control del sensor ultra sonido, para la señal de movimiento de los servomotores, al momento de elegir la placa y la compuerta se verifiko que el código sea compatible con las especificaciones de la

tarjeta ESP32 y una vez completado el código se pueda subir el programa para ejecutar las instrucciones previamente planteado.

Figura 23

Programación de la ESP32



```

sketch_765a_arduino.cpp | Arduino IDE 2.2.1
ESP32 Wrover Module
sketch_765a_arduino.cpp:ino
1  const int motor1A = 2; // Conectar a IN1 del L298N
2  const int motor1B = 3; // Conectar a IN2 del L298N
3  const int motor1Enable = 9; // Conectar a ENA del L298N
4
5  const int motor2A = 4; // Conectar a IN3 del L298N
6  const int motor2B = 5; // Conectar a IN4 del L298N
7  const int motor2Enable = 18; // Conectar a ENB del L298N
8
9  void setup() {
10 // Configuración de pines como salidas
11  pinMode(motor1A, OUTPUT);
12  pinMode(motor1B, OUTPUT);
13  pinMode(motor1Enable, OUTPUT);
14
15  pinMode(motor2A, OUTPUT);
16  pinMode(motor2B, OUTPUT);
17  pinMode(motor2Enable, OUTPUT);
18
19 // Inicialización de motores apagados
20  digitalWrite(motor1A, LOW);
21  digitalWrite(motor1B, LOW);
22  digitalWrite(motor1Enable, LOW);
23
24  digitalWrite(motor2A, LOW);
25  digitalWrite(motor2B, LOW);
26  digitalWrite(motor2Enable, LOW);
27
28

```

Nota. Librería y programación de la ESP32 para el sistema de control, elaboración propia.

Pruebas de Funcionamiento

Para el correcto funcionamiento de los motores de corriente continua se verifica la señal de las tarjetas electrónicas como es la ESP32 que recibe la señal para el avance de los motores. Se pudo observar que al poner en marcha el robot pasado un tiempo de 3 minutos se reiniciaba la tarjeta por el motivo que el consumo de los motores era muy alto en la que se independizo con otra fuente solo para los motores y otra para las tarjetas.

Figura 24

Pruebas de funcionamiento



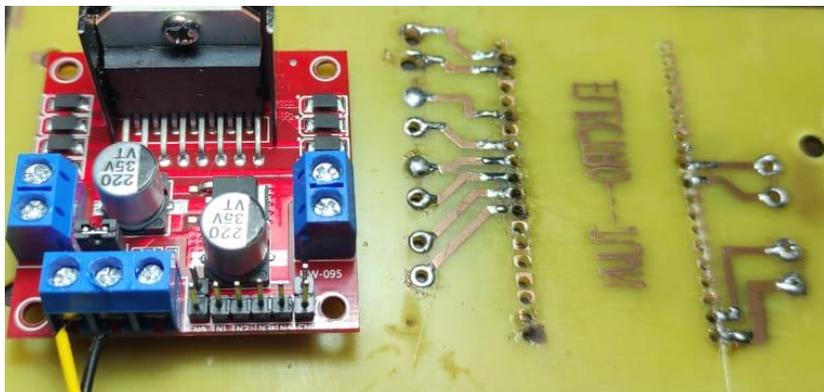
Nota. Prueba de comunicación entre la tarjeta electrónica y los motores de corriente continua, elaboración propia.

Propuesta

Una vez finalizado la construcción del sistema de control para los motores de corriente continua, se inició la etapa de pruebas y error. Su finalidad principal es verificar el correcto funcionamiento del sistema. Durante el tiempo de pruebas se fueron asignado diferentes tipos de variables para el avance de los motores. Sin embargo, se observó que las señales emitidas por la tarjeta de control no respondían con la programación, lo que resultó en la activación de un solo motor. Ante esta situación se tomó la decisión de rediseñar la placa del circuito principal donde se encontraba la tarjeta electrónica ESP32, se eligieron otros pines para la salida del motor y se reubicó los elementos optimizando el espacio y mejorando el funcionamiento del sistema.

Figura 23

Diseño de placa



Nota. La señal del pin del puerto GND de la ESP32 hacia contacto con el pin de señal para el control uno d ellos motores, elaboración propia.

Durante de etapa de prueba se identificó otro error y se encontraba en la sección de la programación relacionado con el control de los motores. Al ejecutar la secuencia para el movimiento se observó que unos de los motores funcionaban de manera distinta ya que la velocidad del otro era superior al otro. Este procedimiento se lo pudo evidenciar al asignar las

variables que correspondían de acuerdo con su ejecución como la letra W para avanzar y la letra S para poder retroceder a los motores.

Para poder corregir esta desigualdad, se realizó una configuración adicional en el código de programación ajustando a la señal del modulo por ancho de pulso del motor derecho.

Figura 24

Falencia de la programación



```
sketch_feb5a_arduino_cpc.ino
--
27
28 // Inicialización de la comunicación
29 Serial.begin(9600);
30 }
31
32 void loop() {
33   if (Serial.available() > 0) {
34     char command = Serial.read();
35     executeCommand(command);
36   }
37 }
38
39 void executeCommand(char command) {
40   switch (command) {
41     case 'w':
42       // Adelante
43       digitalWrite(motor1A, HIGH);
44       digitalWrite(motor1B, LOW);
45       analogWrite(motor1Enable, 255);
46
47       digitalWrite(motor2A, HIGH);
48       digitalWrite(motor2B, LOW);
49       analogWrite(motor2Enable, 255);
50     break;
```

Nota. El avance muy rápido de unos de los motores hacia que el robot vaya de forma diagonal y no de forma recta, elaboración propia.

Durante la puesta en marcha de los motores, se experimentó un corte de energía debido a que el tipo de cable y del calibre era muy delgado siendo insuficiente para la carga eléctrica requerida. Para poder prevenir futuras interrupciones se decidió el reemplazo de los cables que alimentaban a los motores por colocar unos de mayor calibre, afirmando así una adecuada transmisión de la energía a los motores y evitando los cortes inesperados.

Figura 25

Calibre de cables



Nota. Se colocó calibre de mayor capacidad para los motores, elaboración propia.

Por último, se realizaron las pruebas de avance de los motores que se encuentran calibrados con la misma velocidad al detectar una persona o un objeto, en el cual se tuvo que verificar y ajustar el balance del motor derecho en el lenguaje de programación.

Figura 26

Calibración de los motores



Nota. Ajuste del avance de los motores al momento de detectar una persona o un objeto, elaboración propia.

Conclusiones

Cuando se genere el diseño del diagrama que se usará para crear la placa PCB, se debe verificar la orientación que arroja por defecto el programa, ya que en el programa que se usó para el diseño, la vista que genera era la vista inferior, lo que sirve para el diseño, pero no para quemar la baquelita, por lo que una vez generado el diseño se invirtió su orientación para tener el diseño correcto.

Al momento de seleccionar los motores de corriente continua, es importante tener en cuenta el controlador que se va a usar, debido a que según el tipo de motores de corriente continua que se usen, brushless o con escobillas, puede que no sean compatibles con el controlador, para este caso se usó motores de 12v con escobillas, los cuales eran perfectamente compatibles con el controlador del puente H 1298.

En la programación se debe tomar en cuenta que, aunque los motores sean similares en características, no giraran a la misma velocidad, lo que puede provocar errores en el desplazamiento que se pretende realizar, en este proyecto se detectó que el motor derecho tenía un giro más rápido que el izquierdo, por lo que se redujo la velocidad directamente en la programación, logrando el movimiento deseado.

En la esp32, cuando se cargue una nueva programación, es necesario que en la placa no existan conexiones, al menos en los pines correspondientes a GND, debido a que genera un problema de conexión y no permite cargar nuevos programas, en este caso se tuvo que desconectar los pines de GND, cada que se generaba un cambio en la programación.

Recomendaciones

El número de motores a utilizar puede aumentarse para generar mayor fuerza de torque, lo que significa que se puede cargar mayor cantidad de peso sobre los motores, permitiendo generar estructuras más robustas y pesadas, además de tener un mejor control sobre la dirección se desea ejecutar.

Usar motores brushless en lugar de los convencionales proporcionaría mayor velocidad de movimiento y mayor fuerza de torque, aunque para ello es necesario cambiar no solo los motores y la programación, sino también es importante contar con un controlador especializado para el control de motores brushless.

El tamaño de rueda que se coloque en los motores puede reducirse o aumentar dependiendo las necesidades de movimiento que se requiera, ruedas más grandes propiciarán mayor torque, pero representará una disminución de velocidad, y las ruedas más pequeñas aumentaran la velocidad, pero el torque se verá disminuido.

Aumentar las salidas a borneras de la esp32, de esta manera se podrá agregar de manera sencilla más componentes, que pueden ser sensores o botones que sirvan para el control de movimiento de los motores, esto permite realizar mayores modificaciones una vez los motores se encuentren montados.

Referencias

Botero, O. (2022). Electrónica digital conceptos y métodos básicos.

https://drive.google.com/file/d/1LIplYPwfYm2MDEnhwR-YB_n9EU0HofC/view

Braga, N. C. (2019). Electrónica Analógica. Editora NCB. (Obra original publicada en 2019)

Contreras, A. (2018). Control de motores de corriente continua con compensación de zona muerta.

Сюань, Ч., & Вербицкий, Є. (2022). Remote control system of stepper motor based on the ESP32 developer board. Вісник Національного технічного університету «ХПІ».

Серія: Нові рішення у сучасних технологіях, (2 (12)), 48-53

Fernández, D. (2023). Banco educacional de sistemas electrónicos para el accionamiento de motores eléctricos basado en ESP32.

<https://digibuo.uniovi.es/dspace/handle/10651/69330>

Hill, Winfield, H. P. (2015). The Art of Electronics. Cambridge University Press.

Ioris, D., Lages, W., & Santini, D. (2012). Integrating the Orocos Framework and the Barrett Wam Robot. Ece.Ufrgs.Br, 1–8. Retrieved from

http://www.ece.ufrgs.br/~fetter/robocontrol2012_98855_1.pdf

Imosolar. (2013). Batería 12V 24Ah Ultracell UCG 24-12 AGM Ciclo

Profundo.<http://imosolar.cl/wp-content/uploads/2013/09/Bater%C3%ADa-12V-24Ah-Ultracell-UCG-24-12-AGM-Ciclo-Profundo.pdf>

Marín, W. (2015). Fuente de voltaje variable y regulada.

Martínez, J. (2020). Sistema de monitorización inalámbrica de temperatura mediante sensor de infrarrojos y microcontrolador ESP32.

Muñoz, F. Castillas, J. y Moreno, A. (2015). Desarrollo de software dirigido por modelos. Universidad Oberta de Catalunya.

<https://drive.google.com/file/d/13q9MUPBbhkJVx7P07zL4bYjuRkaQ2MEc/view>

Nahuamel, D., Ortega., A & Arangure, T. (2020). Vehículo robot que reconoce y esquiva obstáculos con visión artificial. https://www.researchgate.net/profile/Denis-Nahuamel-Sarce/publication/345347817_Vehiculo_robot_que_reconoce_y_esquiva_obstaculos_con_vision_artificial_octubre_de_2020/links/5fa48632299bf10f732892b9/Vehiculo-robot-que-reconoce-y-esquiva-obstaculos-con-vision-artificial-octubre-de-2020.pdf

Pachecho, M. (2019). Control de motores DC.

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/61783681/motor_DC20200114-11413-66ppk-libre.pdf?1579024592=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMotor_DC_Maquinas_Electricas.pdf&Expires=1710105966&Signature=Av5CrEPmgYW2VsXqP96BgppDmI2hxGlsNmNmeth33~tr2If5uaOSYV8QAAIY3eR9IRoc1MhZ-epngcNH04YuxnSB6Om1c2gpZaJ4BuyyAgrtfyeoPk-Iy36f3mX9Y-YUKzchR5F-mulUV21tSJRtlqAC4ehYmmYYbROmrFkaJ0wMU2R72rCE3MnxXJyS1FbKIoAVUG6FtkXdvG6ZapllgMNwvOorb2q~zCG1yU55MFEnqn5sPhlFqZdTXplxgKBahXsuTsv6KKc1HUG-2URsdZCBkLnkMtOnrZX16TUF2IgiFL6WeE7xJQPEvSIdAO2pc8AO~UHykSllh-t2o0b3Q__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Rojas, A, Herrera, G. Castañeda, R. Terraza, A. (2008). Diseño de tarjeta electrónica genérica para el control de motores trifásicos. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-77432012000100003&script=sci_arttext

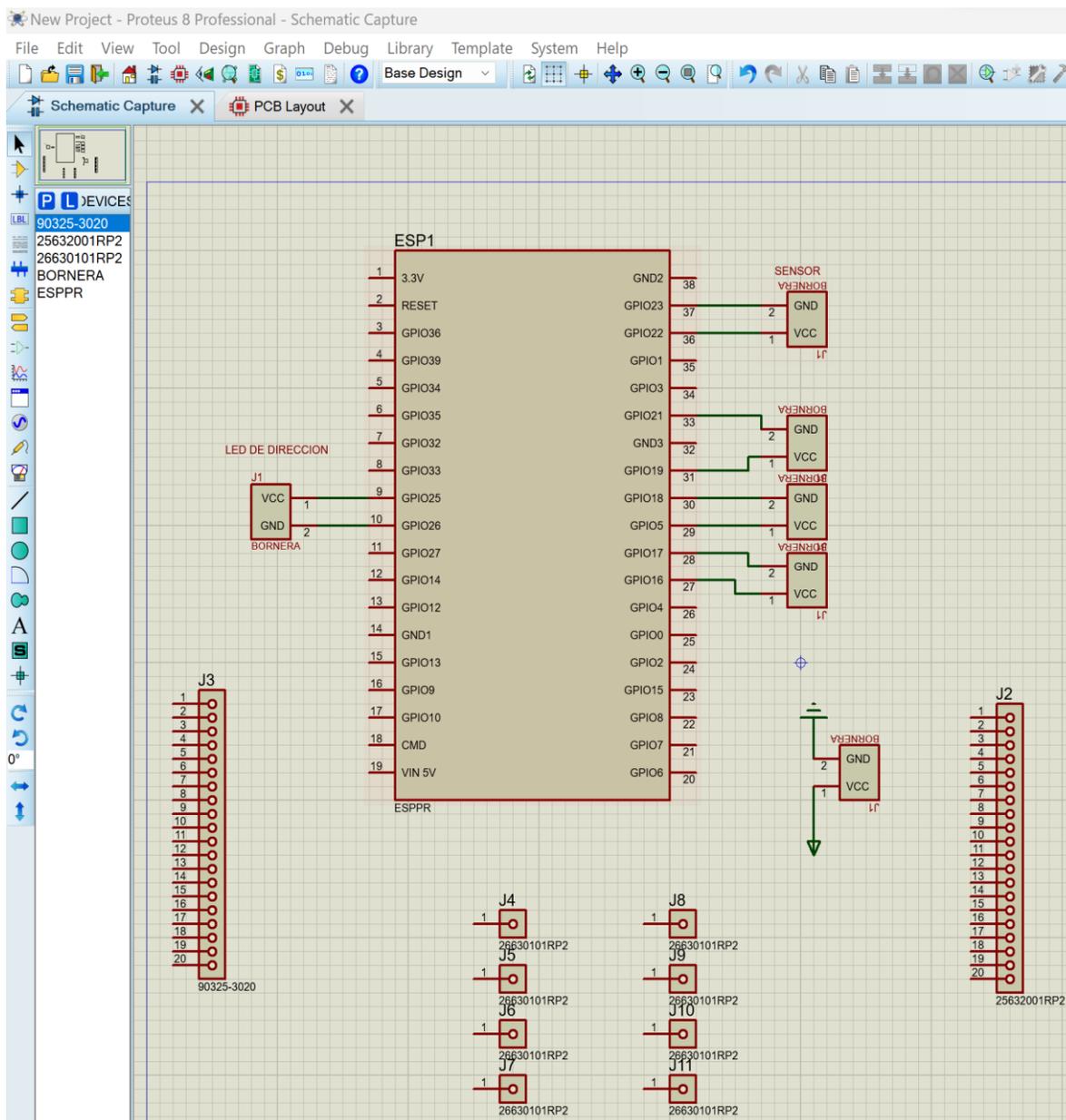
Vega, G. (2020). Fuente reguladora de voltaje DC.

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/68934283/Circuitos_Lab10-libre.pdf?1630255222=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DFuente_reguladora_de_voltaje_DC.pdf&Expires=1710103857&Signature=QLLVjPI7IPIf9ikK8yg5FkT4~9ZeT6RAsLQZi2OI2cKGJLnOKeWnM0oRltOAb3SC~~eUMXRqGMO-Aw3re2hl4ZNiREMjwtsREsOW5izLaw3va~vxBSOb4hImwkGKEpla88lc1JWopdpDGbFfqJQneerr2J7CxsATYzS9piSxmqXcBpZ-WERQRQQ8knsYqQNTyGZdwZ-COjU1xUgFkH0NIGvRQ2PHMWRUem~KeMno0ha2Qlos5yENy8D4mmVYgmr0mqgR7BX6gRQFKEktTRo0ywumhX653itZ335ixfITc~bWjDsTu6j-vT-2eepCjW4hZHkCYNgoA0xxMiF36orTTg__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Anexos

Anexo 1

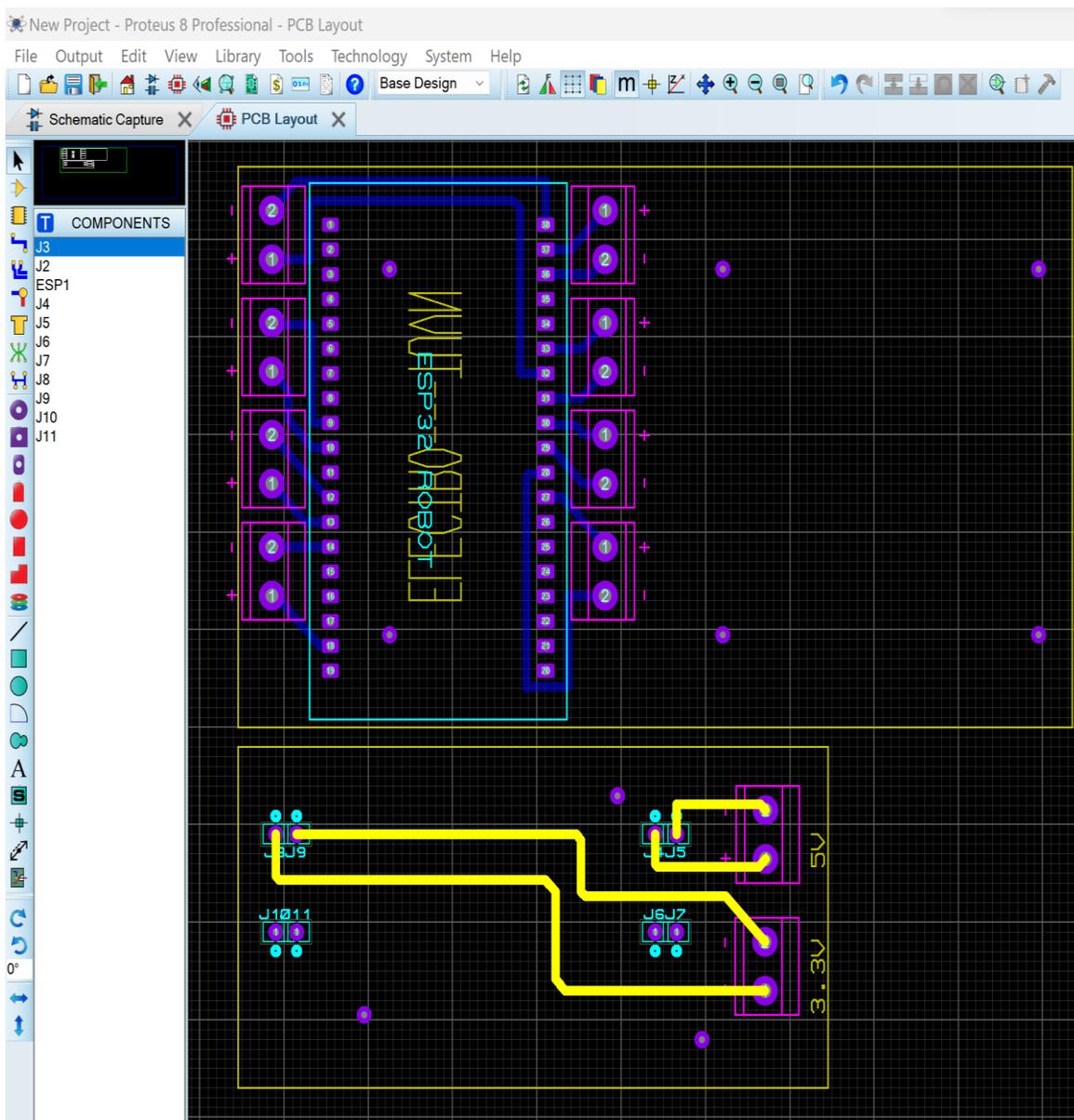
Diseño del esquemático ESP32



Nota. Se puede observar que los pines de la tarjeta electrónica ESP32 cada uno de los pines cuentan con diferentes funciones, elaboración propia.

Anexo 2

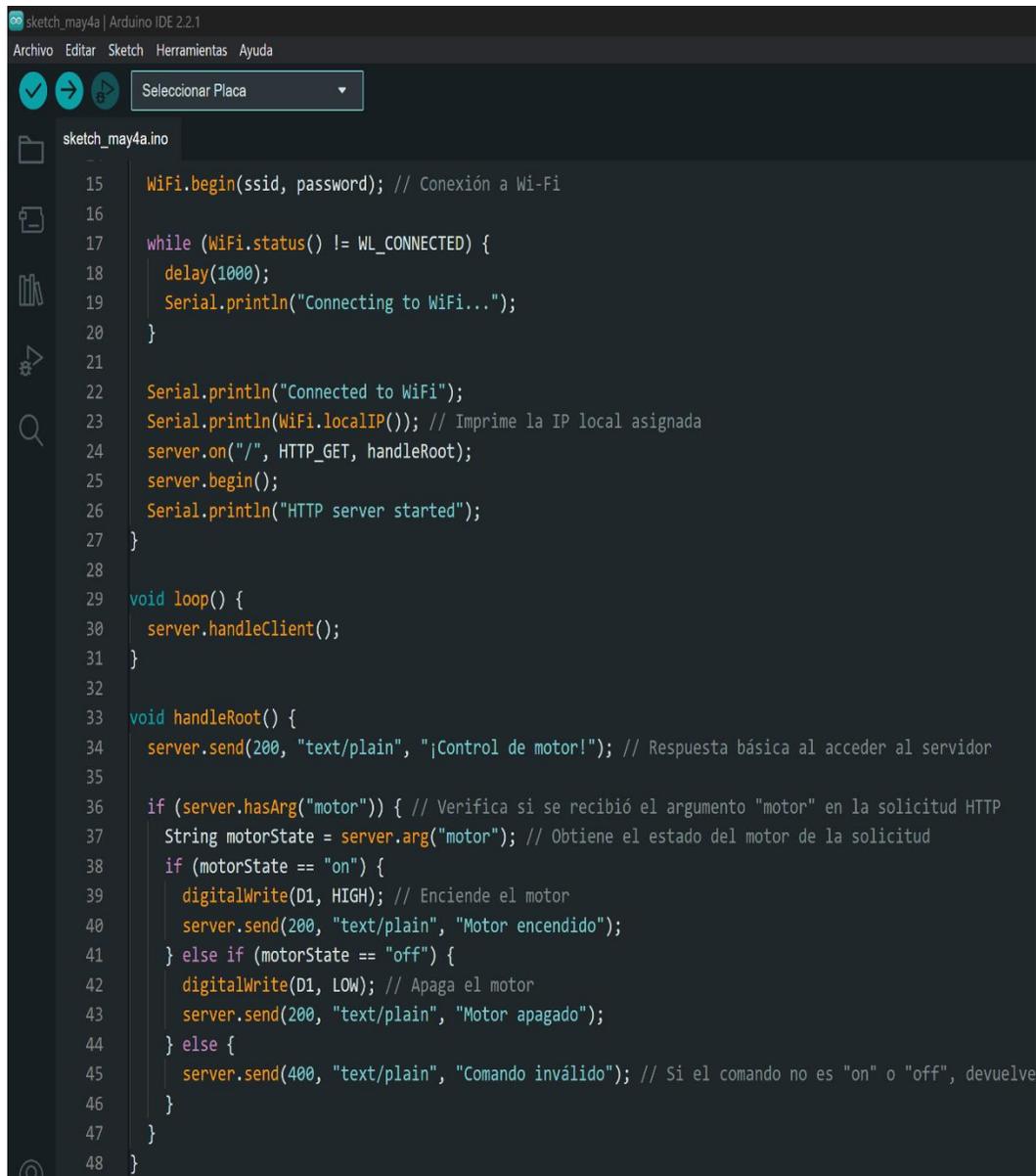
Diseño de la placa de PCB



Nota. En el software se puede modificar la posición de los elementos, el grosor de la capa que son las líneas de conexión con los elementos, elaboración propia.

Anexo 3

Líneas de programación



```

sketch_may4a | Arduino IDE 2.2.1
Archivo Editar Sketch Herramientas Ayuda
Seleccionar Placa
sketch_may4a.ino
15  WiFi.begin(ssid, password); // Conexión a Wi-Fi
16
17  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
18      delay(1000);
19      Serial.println("Connecting to WiFi...");
20  }
21
22  Serial.println("Connected to WiFi");
23  Serial.println(WiFi.localIP()); // Imprime la IP local asignada
24  server.on("/", HTTP_GET, handleRoot);
25  server.begin();
26  Serial.println("HTTP server started");
27  }
28
29  void loop() {
30      server.handleClient();
31  }
32
33  void handleRoot() {
34      server.send(200, "text/plain", "¡Control de motor!"); // Respuesta básica al acceder al servidor
35
36      if (server.hasArg("motor")) { // Verifica si se recibió el argumento "motor" en la solicitud HTTP
37          String motorState = server.arg("motor"); // Obtiene el estado del motor de la solicitud
38          if (motorState == "on") {
39              digitalWrite(D1, HIGH); // Enciende el motor
40              server.send(200, "text/plain", "Motor encendido");
41          } else if (motorState == "off") {
42              digitalWrite(D1, LOW); // Apaga el motor
43              server.send(200, "text/plain", "Motor apagado");
44          } else {
45              server.send(400, "text/plain", "Comando inválido"); // Si el comando no es "on" o "off", devuelve
46          }
47      }
48  }

```

Nota. En el código de programación se definiendo los pines que van a estar conectados con los diferentes dispositivos como los motores, el sensor ultrasonido, y los servos motores, elaboración propia.

Anexo 4

Estabilizar las bases de los motores



Nota. Se está ubicando los motores en la base de la estructura, elaboración propia.

Anexo 5

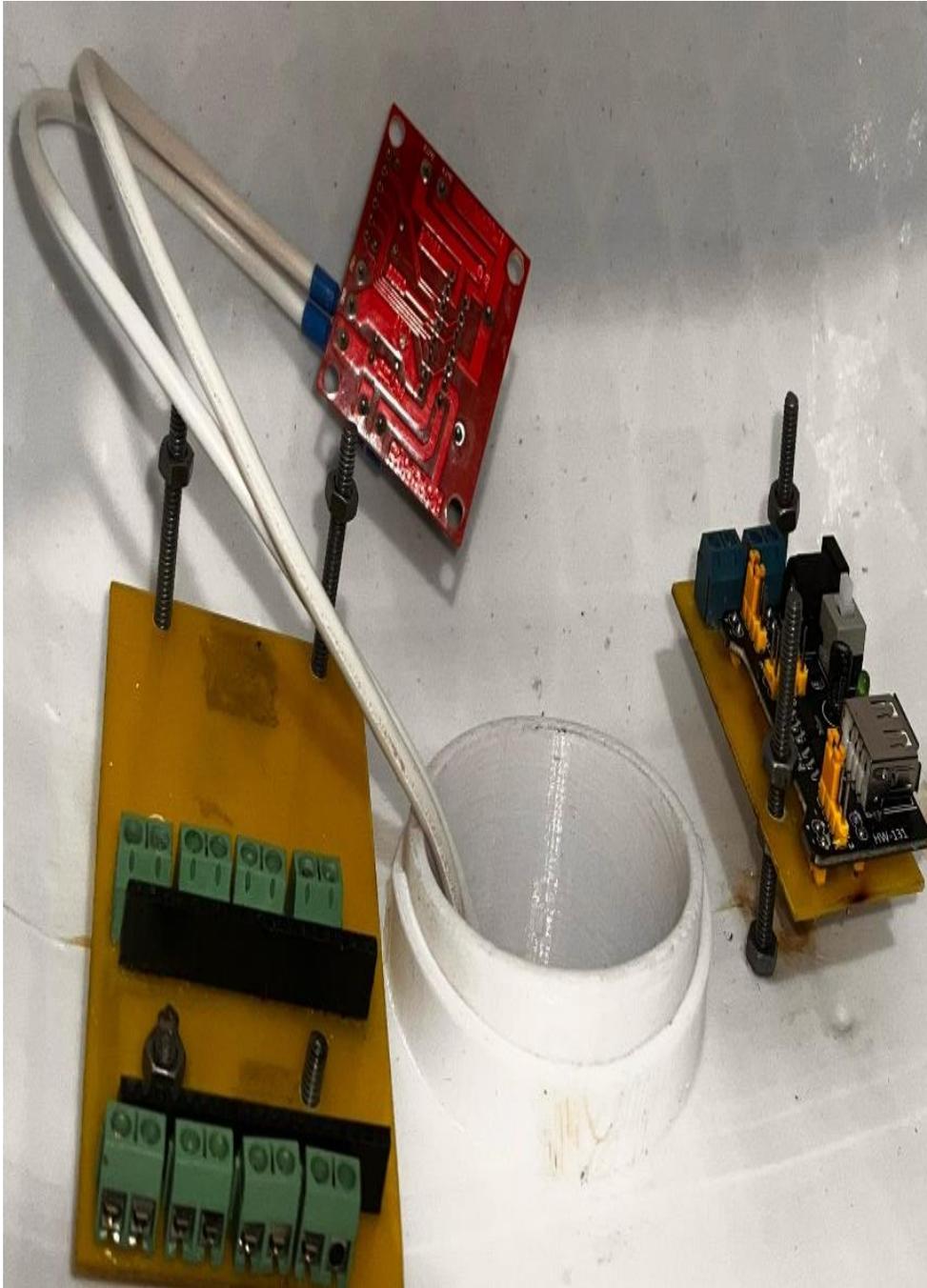
Soldar los terminales



Nota. Como se observa se está soldando el interruptor y los terminales para cargar la batería, elaboración propia.

Anexo 6

Placas de control



Nota. Como se puede observar las placas de control se encuentra instalado en la parte de la cabeza de la estructura del robot, elaboración propia.

Anexo 7

Terminales para los motores



Nota. Se instalo terminales para los motores, elaboración propia.