

**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO
VIDA NUEVA**



**Diseño e Implementación de un Robot Seguidor de Línea NatCar
Utilizando Sensores QTR 1A y un Módulo ESP 32**

Presentado por:

Jácome del Valle Dayana Micaela

Tecnología en Electromecánica

Tutor:

Msc. Ruiz Guangaje Carlos Rodrigo

Septiembre 2022

Quito – Ecuador

Tecnología en Electromecánica**Certificación del Tutor**

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Aplicación Práctica con el tema: “Diseño e Implementación de un Robot Seguidor de Línea NatCar Utilizando Sensores QTR 1A y un Módulo ESP 32”, presentado por la ciudadana Jácome del Valle Dayana Micaela, para optar por el título de Tecnóloga 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 septiembre de 2022

Tutor: Ruiz Guangaje Carlos Rodrigo

C.I.: 0604030635

ISTVN

Tecnología en Electromecánica**Aprobación del tribunal**

Los miembros del tribunal aprueban el Proyecto de Aplicación Práctica, con el tema: “Diseño e Implementación de un Robot Seguidor de Línea NatCar Utilizando Sensores QTR 1A y un Módulo ESP 32”, presentado por la ciudadana Jácome del Valle Dayana Micaela facultada en la carrera Tecnología en Electromecánica.

Para constancia firman:

ING.**DOCENTE ISTVN**

ING.**DOCENTE ISTVN**

ING.**DOCENTE ISTVN**

Cesión de Derechos de Autor

Yo, Jácome del Valle Dayana Micaela portadora de la cédula de ciudadanía 1727529875, facultada de la carrera Tecnología en Electromecánica autora de esta obra, certifico y proveo al Instituto Superior Tecnológico Vida Nueva, usar plenamente el contenido de este Proyecto de Aplicación Práctica con el tema “Diseño e Implementación de un Robot Seguidor de Línea NatCar Utilizando Sensores QTR 1A y un Módulo ESP 32”, con el objeto de aportar y promover la lectura e investigación, autorizando la publicación de mi proyecto en la colección digital del repositorio institucional bajo la licencia de Creative Commons: Atribución-NoComercial-SinDerivadas.

En la ciudad de Quito, del mes de septiembre de 2022.

Jácome del Valle Dayana Micaela

C.I.: 1727529875

Dedicatoria

Dedico este trabajo en especial a mi padre por ser una fuente de inspiración, apoyo y dándome ejemplos de superación, porque gracias a él, hoy puedo conseguir mi meta ya que siempre estuvo impulsándome, animándome y sobre todo por el orgullo que siente por mí.

También a mis hermanas que, gracias a su apoyo, y por darles el mejor el ejemplo de perseguir sus sueños y superarse cada día en su vida personal y para sobrellevar el camino al triunfo y superación.

Agradecimiento

Primero doy gracias a Dios por haberme dado la fuerza para llegar a culminar esta etapa de mi vida también a mi padre y a mis hermanas porque son la razón por la cual llegar a cumplir con este sueño que es ser una mujer de bien y con profesión, y a mis compañeros que de una u otra manera disfrutamos cada momento difícil de nuestra vida, afrontando cada reto que nos propuso el destino.

Además, agradezco a los docentes que me brindaron sus enseñanzas que han aportado en mi formación académica para ser un profesional de éxito.

Índice

Resumen.....	12
Abstract.....	13
Introducción	14
Antecedentes	16
Justificación	17
Objetivos.....	19
Objetivo General	19
Objetivos Específicos.....	19
Capítulo I	20
Marco Teórico.....	20
La Robótica	20
Robots Seguidor de Línea.....	20
Algoritmo de control PID.....	21
Modulo ESP-32 WROOM	22
Características del Módulo ESP-32.....	23
Driver TB6612FNG	25
Motores de Corriente Continua.....	26
Sensores Infrarrojo QTR-8A.....	27
Batería Lipo.....	28
Sensor Infrarrojo QTR-1A	29
Buzzer o Zumbador.....	30
Proteus.....	32

Intelligent Schematic Input System (ISIS).....	33
Advanced Routing Modelling (ARES)	33
AutoCAD	34
Programa Arduino.....	35
Capítulo II.....	37
Metodología del Proyecto - Desarrollo.....	37
Desarrollo y procedimiento.....	37
Diseño Electrónico del Seguidor de Línea NatCar	38
Diseño electrónico en el programa ISIS.....	40
Estructura de la placa	42
Diseño Electrónico en el Programa ARES.....	43
Impresión de la placa PCB.....	44
Diseño del Armazón.....	45
Corte en laser del armazón.....	46
Programación del Robot seguidor de línea NatCar.....	46
Capítulo III.....	48
Propuesta.....	48
Armada del sistema electrónico	48
Conclusiones.....	56
Recomendaciones	57
Referencias Bibliográficas.....	58
Anexos	62

Índice de Imágenes

Imagen No. 1 Robot seguidor de línea.....	21
Imagen No. 2 Modulo ESP-32 WROOM	23
Imagen No. 3 Pines de la ESP-32 WROOM	24
Imagen No. 4 Controlador de Motor.....	25
Imagen No. 5 Motor de Corriente Continua	27
Imagen No. 6 Sensor Infrarrojo QTR-8A	28
Imagen No. 7 Bateria Lipo.....	29
Imagen No. 8 Sensor Infrarrojo QTR-1A	30
Imagen No. 9 Buzzer	31
Imagen No. 10 Programa PROTEUS	32
Imagen No. 11 Programa ISIS	33
Imagen No. 12 Programa ARES	34
Imagen No. 13 AutoCAD	35
Imagen No. 14 Plataforma Arduino.....	36
Imagen No. 15 Diseño Electrónico ISIS	39
Imagen No. 16 Creación del Elemento Electrónico.....	40
Imagen No. 17 Comprobación del Sistema de los Motores.....	41
Imagen No. 18 Comprobación de Motores y Sensor	41
Imagen No. 19 Comprobación de Sensor y Buzzer	42

Imagen No. 20	Diseño de la Placa en AutoCAD	43
Imagen No. 21	Diseño Electrónico ARES.....	44
Imagen No. 22	Impresión de la placa PCB	45
Imagen No. 23	Diseño del Armazón.....	45
Imagen No. 24	Corte en Maquina Laser	46
Imagen No. 25	Creación de Librería ESP.....	47
Imagen No. 26	Librería de la ESP-32	47
Imagen No. 27	Pruebas de funcionamiento de los motores.....	48
Imagen No. 28	Pruebas de funcionamiento del conteo de puntos	49
Imagen No. 29	Diseño Electrónico 3D	50
Imagen No. 30	Armazón de los sensores.....	50
Imagen No. 31	Armado del Robot Seguidor de Línea NatCar	51
Imagen No. 32	Declaración de puertos del motor	52
Imagen No. 33	Variable de detección de la línea	52
Imagen No. 34	Declaración de puertos de los sensores.....	53
Imagen No. 35	Condiciones para el movimiento de los motores	54
Imagen No. 36	Programación del Sensor QTR-1A del conteo de puntos	55
Imagen No. 37	Funcionamiento del robot seguidor de línea NatCar	55

Índice de Tablas

Tabla No. 1 Especificaciones Tecnicas de la ESP-32.....	24
Tabla No. 2 Especificaciones Tecnicas del Driver	26
Tabla No. 3 Especificaciones Tecnicas de los Sensores QTR-8A.....	28
Tabla No. 4 Especificaciones Tecnicas de los Sensores QTR-1A.....	30
Tabla No. 5 Especificaciones Tecnicas del Buzzer	31
Tabla No. 6 Características Técnicas del Robot	37
Tabla No. 7 Presupuesto del Proyecto	39

Resumen

En el presente proyecto está basado en la necesidad requerida de elaborar un prototipo robótico para mejorar los robots existentes, la cual este tipo de robot seguidor de línea NatCar permita aprender, comprender, desenvolver y demostrar las habilidades y destrezas que tiene al desenvolverse en diferentes pistas ya sea resuelta o un recorrido nuevo junto al conteo de puntos.

Se realiza el diseño electrónico del prototipo, el cual está compuesto por el sistema sensorial, un microcontrolador y por controladores de motores. Para el diseño estructural de soporte se toma en cuenta la forma del armazón y el peso adecuado para la movilidad de los motores y así el robot pueda movilizarse en la pista con mayor facilidad. La elaboración de una programación para el manejo del sistema electrónico que compondrá al prototipo.

De acuerdo al desenvolvimiento del robot seguidor de línea debe desplazarse a lo largo de una línea negra junto al conteo de puntos, cumpliendo el recorrido de un circuito en el menor tiempo posible todo se basa en calibración de la programación que conforma el robot.

Palabras Clave: Robot seguidor de línea, Selección de componentes, Electrónicos, Diseño del sistema electrónico, Estructura, Programación.

Abstract

This project is based on the need to develop a robotic prototype to improve the existing robots, which this type of NatCar line follower robot allows to learn, understand, develop and demonstrate the skills and abilities it has to develop in different tracks either resolved or a new route along with counting points.

The electronic design of the prototype is made, which is composed of the sensory system, a microcontroller and motor controllers. The structural support design takes into account the shape of the frame and the appropriate weight for the mobility of the motors so that the robot can move around the track more easily. The development of a programming for the management of the electronic system that will compose the prototype.

According to the development of the line-following robot, it must move along a black line together with the counting of points, completing the circuit in the shortest possible time, everything is based on the calibration of the programming that shapes the robot.

Keywords: Line follower robot, Component selection, Electronics, Electronic system design, Structure, Programming.

Introducción

Según el análisis propuesto por Acosta, Forigua, & Navas (2017):

La investigación en el campo de la robótica a nivel mundial está muy avanzada ya que muchos países invierten millones de dólares en el desarrollo tecnológico e innovación. Si bien es cierto que la tecnología es un componente importante para el cambio educativo también debe verse como ese enfoque omnipresente que redimensiona permanentemente el mundo, los seres que lo habitamos, la cultura, la economía, la política, las relaciones con el otro y con nosotros mismos; a través del acceso a procesos activos que permiten la interacción entre el mundo virtual y el mundo real (p.12)

En la actualidad el Ecuador se ha dedicado a la investigación en el campo de la robótica generando que la educación superior se dedique a este tipo de análisis de diseñar nuevos prototipos con el objetivo que el país sea reconocido por sus avances tecnológicos.

Valverde (2020) menciona que:

La robótica es la ciencia y tecnología que consta el desarrollo en la actualidad, ya que es de gran importancia tener en cuenta el conocimiento en el área de la electrónica, electricidad, diseño y programación, con la finalidad de que pueda interactuar de manera automática en los diferentes campos con el propósito de que tenga un excelente rendimiento en el trabajo por el cual fue construido. (p.3)

A diario se observa que la tecnología avanza a pasos agigantados como por ejemplo los robots móviles autónomos, que son capaces de desenvolverse por sí mismos en un entornos conocidos o desconocidos, es por eso que el campo de la robótica tiene una gran importancia en las actividades que se realizan en el campo industrial, residencial, entre otros.

En la actualidad donde más se han observado distintos tipos de prototipos tecnológicos en los concursos de robótica, en el cual poseen un desarrollo con más frecuencia en el Ecuador dando a demostrar los conocimientos y destrezas que cada Universidad e Institutos inculcan a cada uno de sus estudiantes con el fin de que ellos demuestren un mejor desenvolvimiento en su ámbito académico y laboral.

Por ello en el presente proyecto se pretende diseñar, construir y programar un robot seguidor de línea NatCar que sea capaz de desenvolverse de forma autónoma y que su manejo sea a través de sensores para que obtengan las ordenes e instrucciones pertinentes hacia los motores para que se desplace con mayor facilidad por la pista que este planteada.

Para la carrera de Tecnología en Electromecánica es de gran importancia este tipo de proyectos como es el seguidor de línea NatCar que pueden ser de gran importancia para un mayor impacto académico para las futuras generaciones de profesionales como también para las casas abiertas que son realizadas por la institución para motivar a las nuevas generaciones a crear nuevas tecnologías e innovaciones.

Antecedentes

De acuerdo al análisis propuesto por Ocampo (2017): La robótica, hoy en día, juega un papel muy importante en ambientes específicos como: el industrial, donde se emplean brazos robóticos para el ensamblaje de piezas de vehículos, o en el traslado de herramienta para llevar a cabo un determinado proceso; en la medicina, donde los cirujanos llevan a cabo, intervenciones con un alto nivel de precisión; en ámbito educativo, porque mediante kits, los estudiantes aprender a ensamblar, programar y dirigir un robot. (p.3).

A nivel mundial se puede encontrar distintos tipos y modelos de robots, algunos de ellos son utilizados para la industria, servicio sociales o residenciales, por esa razón en el Ecuador en la actualidad se encuentra innovando nuevas tecnologías para el bienestar de la sociedad.

Hernández & Ochoa (2018) argumentan que: La robótica es una rama muy importante el cual permite la creación de diseños, construcción y programación, los robots autónomos con la capacidad de trasladarse de un sitio a otro de acuerdo a su programación. También los robots autónomos poseen una fuente propia de energía la cual alimenta para que pueda realizar el trabajo específico por el cual fue ensamblado. (p.30)

Estos tipos de prototipos se pueden describir como robots móviles, entre los más comunes está el robot seguidor de línea que se ayuda por medio de sensores que entregan datos de navegación puntuales para que así se pueda desplazar su movimiento en la pista en la que se encuentre.

Justificación

Saenz, (2016) explica que: Con el pasar del tiempo han ido mejorando los avances tecnológicos para el uso de la sociedad y como también en la parte industrial llegando a incentivar a nuevas generaciones al estudio de la tecnología de la robótica ya que es una de las ramas que abarca a un alto valor educativo que son de alto impacto a nivel mundial. La robótica es uno de los conocimientos técnicos que ha ido evolucionado en diversos contextos de la vida cotidiana del ser humano. (p.4)

Hoy en día en los concursos nacionales no cuentan con este tipo de categoría robot seguidor de línea NatCar, el cual llega a la necesidad de construir este prototipo para hacer conocer esta línea de robots, para generar interés a las federaciones que se encargan de realizar los concursos de robótica y así hacer conocida la categoría NatCar en el país.

La elaboración de este tipo de robot seguidor de línea NatCar se investiga con el propósito de mejorar los robots existentes en el área de la electrónica, para posteriores prototipos tecnológicos con el fin de mejorar en el campo: académico, social e industrial, por eso es importante crear tecnologías innovadoras para que los futuros profesionales logren desarrollar una mentalidad más proyectada en los avances científicos y académicos.

Con la construcción del robot seguidor de línea NatCar se pretende utilizar para futuras demostraciones de la carrera de Electromecánica, dando a notar los fundamentos teóricos y prácticos que se pueden desarrollar durante el transcurso de los niveles académicos, adquiriendo así conocimiento sobre la asignatura y demostrando que este tipo de especialización abarca un sin número de contenidos para la elaboración de este prototipo y también para el desarrollo de nuevas tecnologías.

Para el funcionamiento correcto del sistema electrónico es necesario crear una programación en la cual estén declaradas todas las características que el prototipo debe cumplir con su trayectoria de resolver de forma autónoma. La cual se va a declarar la velocidad, el reconocimiento de la línea de color negra y la detección de puntos negros en una de sus partes laterales, con estas características principales se evita que el robot seguidor de línea NatCar llegue a tener oscilaciones las cuales podrían perjudicar el desempeño del robot, en la cual en una competencia podría ser perjudicial.

Objetivos

Objetivo General

Construir un robot seguidor de línea NatCar aplicando una tarjeta ESP-32 bajo las normas de la competencia Robot Game Zero Latitud, en el periodo académico abril 2022 – septiembre 2022.

Objetivos Específicos

- Implementación de un sistema electrónico para el robot seguidor de línea NatCar.
- Diseñar una programación de control que active el manejo de los motores y la detección de los sensores en el robot seguidor de línea.
- Construir la estructura que va a conformar al robot seguidor de línea NatCar, de acuerdo a las especificaciones de las competencias nacionales.
- Ejecutar pruebas del funcionamiento del sistema electrónico y calibraciones del programa que conforma al robot.

Capítulo I

Marco Teórico

La Robótica

Rus (2016) menciona que: Su trabajo se centra en desarrollar la ciencia y la ingeniería de la autonomía con el objetivo a largo plazo de hacer posible un futuro en el que las máquinas estén integradas en el día a día y ayuden a las personas en tareas cognitivas y físicas. (p.1).

Es la ciencia y tecnología relacionada a la construcción y operación de robot que sean capaces de realizar tareas automatizadas o de similar comportamiento humano generando un alto grado de efectividad en distintos procesos donde se les permite dar una aplicación en cursos enfocados al desarrollo de prototipos como: robots de batalla, seguidores de línea, humanoides, trepadores, etc.

Robots Seguidor de Línea.

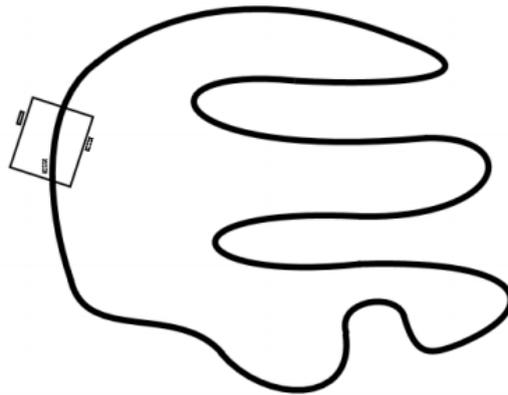
Ortiz (2016) argumenta que: Estos tipos de robots se caracterizan porque son capaces de seguir un camino trazado por una línea. Esta línea normalmente es de un color que contrasta con el color del resto del suelo, es decir, si la línea es negra, el suelo será blanco, y viceversa. La gran virtud de esta configuración es que se puede realizar de múltiples maneras, y, por tanto, pueden ser tan complicados como la persona que los realice quiera. Es decir, se pueden diseñar robots que funcionen con electrónica analógica y digital, utilizando lógica combinacional o amplificadores operacionales, hasta utilizar un microprocesador de última generación. (p.9).

Un seguidor de línea son robots sencillos, que cumplen con su misión de seguir una ruta establecida en el menor tiempo posible. Para la realización de este tipo de robot se toma en cuenta las características relevantes como el circuito electrónico para el funcionamiento del robot, un microcontrolador que ejecutara las ordenes grabadas en su memoria, los sensores con

el fin de que detecte la trayectoria, los motores dependiendo las RPM que se considere con el consumo de la batería, para las ruedas de los robot se deben analizar algunos aspectos como el radio, ancho y de que material está fabricado para tener un mejor desplazamiento.

Imagen No. 1

Robot seguidor de línea



Nota: Seguidor de línea recorriendo una pista. Tomado de Ortiz (2016)

Algoritmo de control PID

Carillo (2018) estableció que: En este algoritmo de control PID, la parte integral se encarga de acumular errores para fortalecer la señal de control, es decir que, si el robot se encuentra fuera del set point y se mantiene en esa posición por varios ciclos, la señal de control integral tenderá a incrementarse en cada ciclo. Por otro lado, la señal de control correspondiente a la parte derivativa presentará valores elevados cuando existan cambios significativos entre el valor del error actual y el anterior, el conjunto de las tres señales de control será la acción de control que se utilizará para generar la señal de PWM a los motores del robot, para determinar las constantes K_p , K_i y K_d se procede a asignarles valores arbitrarios y de manera experimental se adecuan los valores hasta obtener un desempeño óptimo y estable en el robot. (p.124)

Está compuesto por un grupo de elementos que busca ejercer control sobre otros sistemas basado en la combinación de las acciones proporcional, integral y derivativa, de tal forma que se logren características dinámicas estables en la variable que se requiera controlar, cada una de las acciones por sí solas, definen una determinada respuesta en la salida de un proceso cuando éste es sometido a una excitación.

Modulo ESP-32 WROOM

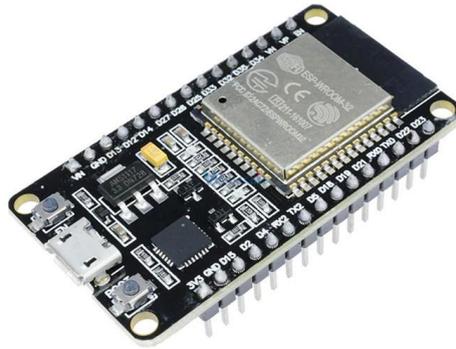
Según Peña (2019): Ha sido diseñado completamente enfocado al marco del Internet de las Cosas. Entre las nuevas aportaciones que le presta el fabricante, destacamos la inclusión de conectividad por BLE, Bluetooth Low Energy, junto a la conectividad Wifi que ya disponía el modelo ESP8266, algo muy a tener en cuenta para facilitar las comunicaciones. También nos encontramos ante un procesador adicional y la aportación de pines de salida digital a analógica, DAC. (p.18).

El módulo ESP-32 es un microprocesador el cual permite una solución a través de Wifi o Bluetooth también su proceso integrado con interfases para conectarse con varios periféricos, este microcontrolador contiene un chip con una apertura de 32bits que brinda un mejor rendimiento para que supere su procesamiento, la integración electrónica, el consumo de energía y la conectividad a través de una USB.

La integración de este microcontrolador que permite una extensa gama de aplicaciones como el uso del wifi donde permite una comunicación de medio alcance o al conectarse una red, mientras el Bluetooth que permite conectarse directamente a otros dispositivos como un celular. Además, el programa Arduino es muy activa y da soporte a la plataforma como la ESP-32 para trabajar con un lenguaje de programación.

Imagen No. 2

Modulo ESP-32 WROOM



Nota: Un procesador integrado con interfaces para conectarse con varios periféricos. Tomado de Peña (2019).

Características del Módulo ESP-32

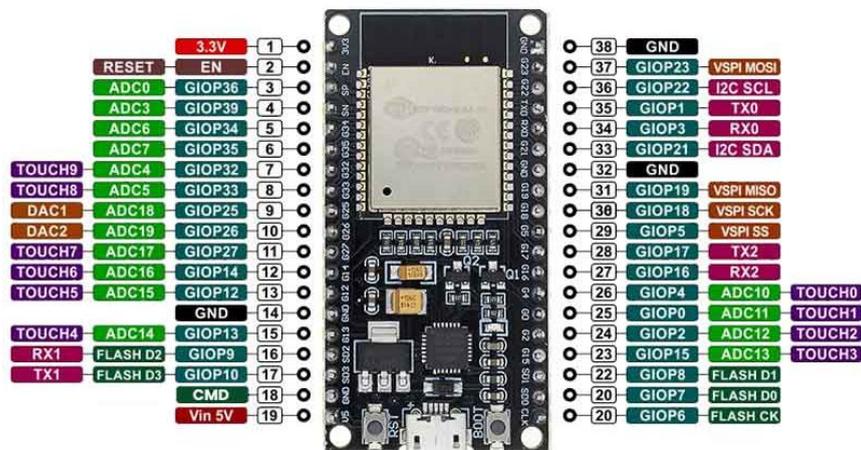
En esta tarjeta de desarrollo permite el ingreso de 5v por un puerto USB, de igual manera se puede alimentar con 3.3v, contiene tres pines de GND y dos pulsadores que se corresponden con los pines RST (reseteo) y BOOT.

- Los pines GIOP 34 y GIOP 39 son de entrada donde no se pueden generar como PWM ni actuar como salidas.
- Los pines GIOP 6 hasta GIOP 11 están conectados al SPI (Interfaz Periférico Serial) interna del sistema integrado de la ESP-32-WROOM.
- No todos los pines están conectados a los ADC (convertidor analógico digital) internos y son: 25,24,26,13,15,12,23,9,10,11,7,8,5,6,3,4.
- Los pines GIOP 25 y GIOP 26 que pueden usar el ADC (convertidor analógico digital).
- Los pines GIOP 21 y GIOP 22 son para la comunicación I2C, también se puede abrir otro puerto para una segunda comunicación I2C.

- Los pines GIOP 23 (VSPI MOSI), GIOP 19(VSPI MISO), GIOP 18(VSPI SCK), GIOP 5(VSPI SS) son pines por defecto para la comunicación por SPI (Interfaz Periférico Serial).

Imagen No. 3

Pines de la ESP-32 WROOM



Nota: Entradas y salidas del módulo ESP-32. Tomado de Carrasco (2019)

Tabla No. 1

Especificaciones Técnicas de la ESP-32

ITEM	ESPECIFICACIONES	Scala
1	Voltaje de Alimentación USB	5v
2	Voltaje de entrada/salida	3.3v
3	Memoria Flash Externa	4MB
4	Frecuencia de Reloj	240MHz
5	Chip USB-Serial	CP2102
6	Bluetooth	4.2BR
7	Wifi	2.4GHz

Nota: Tabla de elaborada de las especificaciones técnicas que domina el módulo ESP-32.

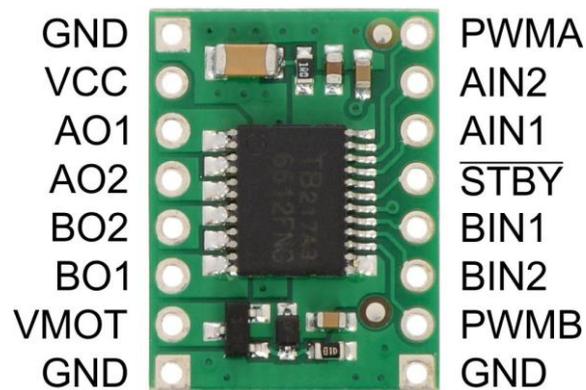
Driver TB6612FNG

Gomez (2019) explica que: Permite controlar el giro de un motor. Existen varios drivers que viene con un circuito integrado para invertir el giro. Con este driver es posible mover dos motores de corriente continua paso a paso enviando impulso de máximo 2 amperios, en el mercado hay mucha variedad de puentes H y viene con las soldaduras para conectar los cables y controlar entradas y salidas de señales.

Es un controlador de motores la cual que permite manejar motores de corriente continua de 1.2A, variando la velocidad en el sentido de giro. Está formado por un puente H de transistores MOSFET que se utiliza para ampliar la señal del circuito electrónico, un control de módulo de pines como AIN1, AIN2 y un PWMA que se forma como canal A, y el canal B se conforma por BIN1, BIN2, y el PWMB y para la alimentación electrónica del módulo se tiene el pin VCC.

Imagen No. 4

Controlador de Motor



Nota: Controla la señal que emite el motor. Tomado de Ferreira (2018)

Tabla No. 2*Especificaciones Tecnicas del Driver*

ITEM	ESPECIFICACIONES	Scala
1	Alimentación (VMOT)	4.5v a 13.5v
2	Voltaje de control (VCC)	2.7v a 5.5v
3	Salida máxima	3A
4	Salida continua	1A
5	potencia máxima disipada	1W
6	chip	TB6612FNG

Nota: Tabla de elaborada de las especificaciones técnicas que domina driver TB6612FNG.

Motores de Corriente Continua

Alvarez (2018) menciona que: Los motores de corriente continua son los más comunes y económicos, se pueden encontrar en la mayoría de los juguetes a pilas, constituidos, por lo general, por dos imanes permanentes fijados en la carcasa y una serie de bobinados de cobre ubicados en el eje del motor, que habitualmente suelen ser tres y a su vez son ampliamente usados a nivel industrial. (p.155).

Es una máquina que convierte en energía eléctrica en mecánica provocando un movimiento rotatorio, estos tipos de motores constan de una parte fija la que es por un imán producido por el campo magnético que introduce a la fuerza y la móvil está compuesta por espirales llamada bobinas junto a un rotor.

Imagen No. 5*Motor de Corriente Continua*

Nota: Transforma la energía eléctrica en energía mecánica. Tomado de Patiño (2018)

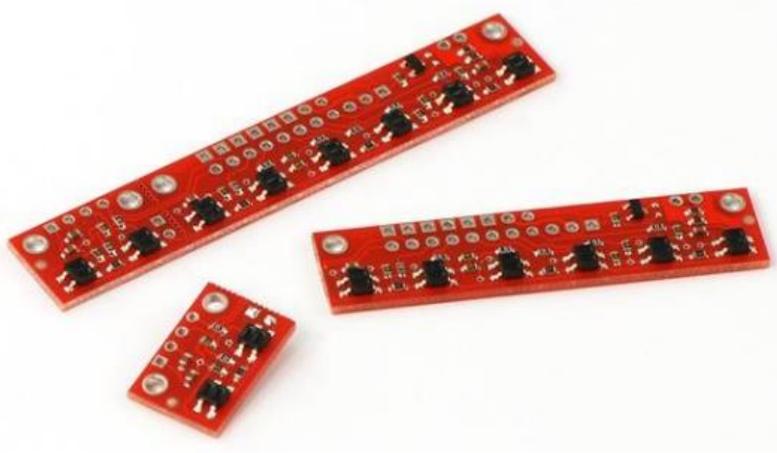
Sensores Infrarrojo QTR-8A

Según el argumento de Perez (2017): La matriz de sensores infrarrojos QTR-8RC está diseñada específicamente para la utilidad que se le va a dar en este robot, es decir que, para detectar líneas, aunque se puede emplear para otros propósitos como por ejemplo sensor de proximidad. (p.78).

La función está compuesta por un fototransistor la cual es ideal para los robots que siguen una línea o para sensores de proximidad, este es un sensor analógico. Las medidas son proporcionadas por los sensores colocados en el robot, estos datos son procesados de la programación para que permita el correcto funcionamiento de perseguir la línea negra.

Imagen No. 6

Sensor Infrarrojo QTR-8A



Nota: Sensor que detecta la línea negra o de proximidad. Tomado de Perez (2017)

Tabla No. 3

Especificaciones Tecnicas de los Sensores QTR-8A

ITEM	ESPECIFICACIONES	Scala
1	Tensión de trabajo	3.3v - 5v
2	Consumo de corriente	100mA
3	Formato de salida analógica	5V
4	Rango de salida de tensión	0v
5	Distancia optima de detección	3mm
6	Dimensiones máximas de detección	6mm
7	Peso	3.09g

Nota: Tabla de elaborada de las especificaciones técnicas que domina el sensor QTR-8A.

Batería Lipo

Bajo las afirmaciones de Perez (2017): El tipo de batería Lipo ya que ofrecen una gran autonomía y una elevada capacidad de descarga en relación con su peso. Pero todas las que se encontraron tenían un tamaño y un peso excesivo para este proyecto, además de que el pack batería + cargador resultaba caro. Incluso, según el modelo, llegaban a ser más grandes y pesadas que todo el resto del robot. (p.89).

La batería lipo contiene un voltaje de 7.4v, un amperaje de 3000mAh además tiene una mejor descarga, tiene excelentes prestaciones en cuanto a rendimiento, peso y dimensiones, son muy fiables y resisten, con el avance de la tecnología permite que los electrones pasen más libremente desde el ánodo al cátodo con menos impedancia interna, estas baterías están diseñadas para entregar una carga de corriente alta de hasta 300mAh.

Imagen No. 7

Bateria Lipo



Nota: Es el encargado de encender todo el sistema electrónico. Tomado de Perez (2017)

Sensor Infrarrojo QTR-1A

Medina (2020) mencionan que: Existen varias maneras en que la que pueden interactuar con la salida de QTR-1A, es utilizando un convertidor analógico/digital (ADC) de un microcontrolador para medir la tensión. Usando un comparador con un umbral ajustable para convertir la tensión analógica en una señal digital (es decir, blanco / negro) 45 que puede ser leído por la línea I / O digital de un microcontrolador. Conectando la salida directamente a la línea de E / S digital de un microcontrolador (Pololu, 2016). Este último método es eficaz si es capaz de obtener una alta reflectancia de la superficie. (p.45)

Lleva solo un led infrarrojo y un par de fototransistores el cual está conectado a un a resistencia de pull up como diverso de voltaje que produce como salida de voltaje 0v y 5v. debido a su pequeño tamaño se puede usar como la detección de línea y la detestación de contraste, en este caso se utilizara para censar la pista de los puntos negros.

Imagen No. 8

Sensor Infrarrojo QTR-1A



Nota: Sensor de detección de la línea negra. Tomado de Medina (2020)

Tabla No. 4

Especificaciones Tecnicas de los Sensores QTR-1A

ITEM	ESPECIFICACIONES	Scala
1	Tensión de trabajo	5v
2	Consumo de corriente	17mA
3	Dimensiones	13x8mm
4	Distancia optima de detección	3mm
5	Dimensiones máximas de detección	6mm
6	Peso	0.23g

Nota: Tabla de elaborada de las especificaciones técnicas que domina el sensor QTR-1A.

Buzzer o Zumbador

Chacon (2017) explica que: El corazón de los buzzer piezoeléctricos es un simple disco, que consiste de una placa cerámica con una capa metálica. Si el disco es controlado por un

circuito oscilante externo se habla de un transductor piezoeléctrico. Si el circuito oscilador está incluido en la carcasa se lo denomina zumbador piezoeléctrico. (p.13)

Es un dispositivo que convierte una señal eléctrica en acústica, consta de una bobina y un electroimán se utiliza para generar alarmas de tarjetas electrónicas, despertadores, multímetro para el sonido de las luces de navidad entre otras. Está conectado a la corriente que pasa por la bobina del electroimán y produce un campo magnético la cual hace vibrar la lámina de acero sobre la armadura y se reproduce el pitido.

Imagen No. 9

Buzzer



Nota: Dispositivo electrónico que reproduce un pitido. Tomado de Chacon, Cortes, & Giral (2017)

Tabla No. 5

Especificaciones Técnicas del Buzzer

ITEM	ESPECIFICACIONES	Scala
1	Voltaje	5v
2	Corriente máxima	30mA
3	Frecuencia de resonancia	23Hz
4	Dimensiones	12mmx9.5mm
5	Salida de sonido mínimo	10cm
6	Temperatura de trabajo	-20°C a 70°C
7	Temperatura de almacenamiento	-30°C a 150°C

Nota: Tabla de elaborada de las especificaciones técnicas que domina el buzzer.

Proteus

Según Sevilla (2016): La herramienta PROTEUS es un entorno integrado diseñado para la realización completa de proyectos para construcción de equipos electrónicos en todas sus etapas. Proteus el Sistema Virtual de Modelado (VSM) combina el modo mixto la simulación de circuito de SPICE, componentes animados y modelos completos de diseños basados en microprocesador para facilitar la co-simulación del microcontrolador. Esta herramienta dispone de los módulos conocidos por: Captura de esquemáticos ISIS, Layout de ARES PCB y Simulador (ProSpice/VSM). Por primera vez, es posible desarrollar y probar diseños antes de construir un prototipo físico. (p.2)

Se utiliza para la construcción de equipos electrónicos como: diseños de circuitos electrónicos, circuitos impresos, simulación del circuito o del programa, construcción de circuitos eléctricos y pruebas de funcionamiento, Además se puede modificar el circuito electrónico de forma práctica y accesible, también dispone de herramientas como ISIS, ARES y un simulador para comprobar el buen funcionamiento del prototipo.

Imagen No. 10

Programa PROTEUS



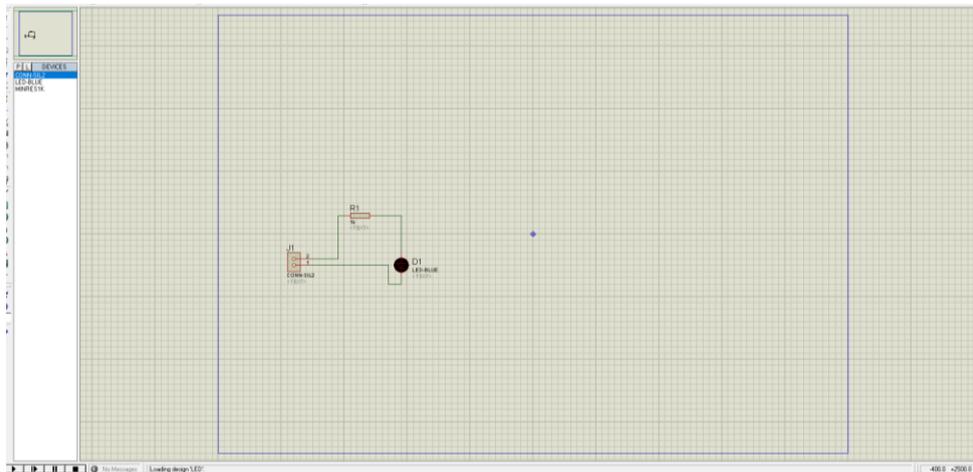
Nota: Software para el diseño del robot. Elaboración propia.

Intelligent Schematic Input System (ISIS)

El sistema de entrada esquemático inteligente es un programa que permite diseñar diagramas de circuitos electrónicos donde se incorpora una librería de más de 6.000 modelos de dispositivos digitales o analógicos, también que permite ubicar los símbolos o la creación de componentes electrónicos, para ejecutar dichas simulaciones del funcionamiento sin perjudicar el estado de los elementos que conforma el circuito.

Imagen No. 11

Programa ISIS



Nota: Programa para diseñar los diagramas electrónicos. Elaboración propia.

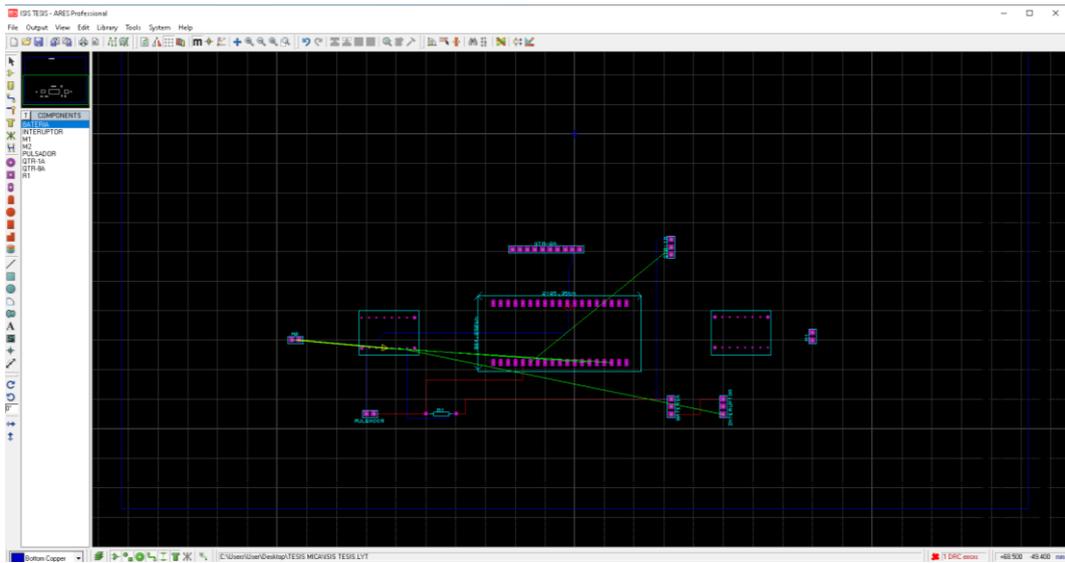
Advanced Routing Modelling (ARES)

Modelado de enrutamiento avanzado este programa es para la creación del diseño de la placa de circuitos impresos sacando los componentes directo de las librerías o los que se crearon para proporcionar los elementos y generando automáticamente de pistas, se puede hacer de forma manual o automática donde el trazado de las pistas entre componentes puede ser en la cara superior o por la parte inferior. Este programa puede hacer la creación de componentes de

ISIS que se muestren un determinado aspecto a la hora de visualizar la placa en 3D y que el programa guarde el espacio necesario para cada componente.

Imagen No. 12

Programa ARES



Nota: La creación del diseño de la placa de circuitos impresos. Elaboración propia.

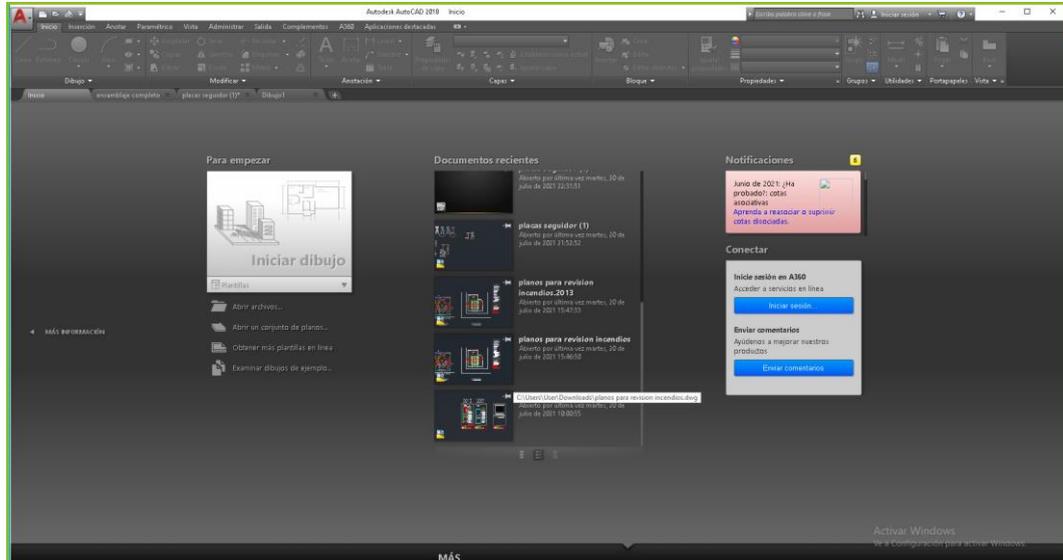
AutoCAD

Según Aguilar (2020): Con las tecnologías de la información (TICS) la tecnología avanza dando así más capacidades en el uso de este software y además adaptándose a las versiones más nuevas en la computación. Con este que quiere decir, que los requisitos del sistema cada vez aumentan y dejando desactualizadas versiones atrás, el diseñador debe estar a la vanguardia e informado de las diferentes versiones de AutoCAD. (p.12)

Esta es una herramienta la cual permite dibujos en 2D y modelos en 3D, este programa accede a realizar diseños desde cero o apoyándose en la galería de objetos predeterminados que apoyan, también se puede visualizar de distintos ángulos el diseño. Además, proporciona interfaces que se pueden determinar dibujos y la base de datos.

Imagen No. 13

AutoCAD



Nota: Software para la creación del diseño del robot. Elaboración propia.

Programa Arduino

Reyes (2018) argumenta que:

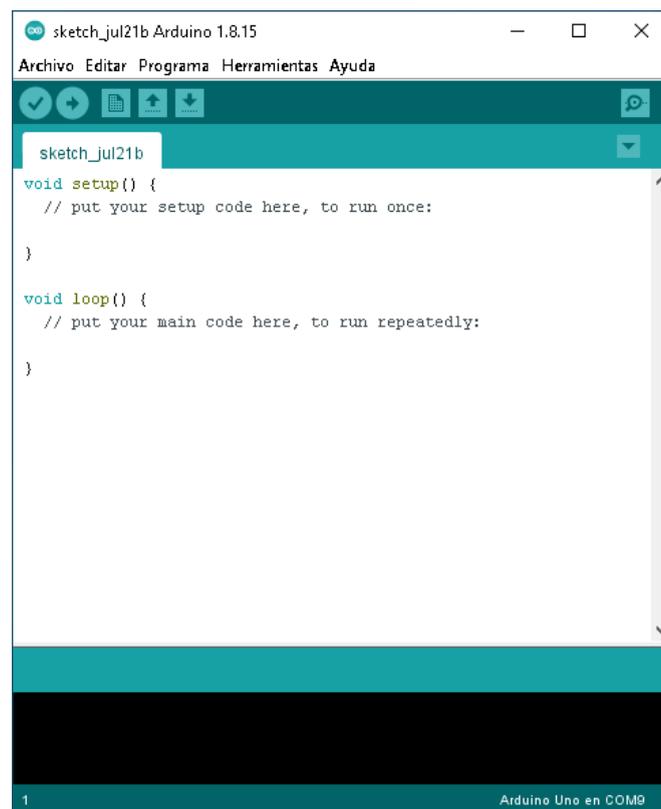
Es una serie de entregas en formato tutorial sobre la estupenda plataforma Arduino, un proyecto libre para la creación de una plataforma para el prototipo de hardware con micro controladores. Un micro controlador, es un circuito integrado (chip) que es una de las principales partes de una computadora, CPU, memoria, y entrada/salida. Para ello emplean una arquitectura un poco distinta a la conocida Eckert-Mauchly (mal llamada Von Neumann) que usan nuestros PC's, la arquitectura Hardware, en la que los datos(variables) y el programa, se almacenan en memorias diferentes. (p.1)

Arduino es una plataforma de electrónica abierta para la creación de prototipos basadas en software y hardware su uso es libre, flexibles. Los proyectos elaborados en esta plataforma pueden ejecutarse sin necesidad de comunicarse con diferentes tipos de software. También

puede tomar información del entorno a través de sus pines de entrada, para esto toda una gama de sensores puede ser usada y puede afectar aquello que le rodea controlando luces, motores y otros elementos electrónicos.

Imagen No. 14

Plataforma Arduino



```
sketch_jul21b Arduino 1.8.15
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
sketch_jul21b
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
}
1 Arduino Uno en COM9
```

Nota: Software para la programación del robot. Elaboración propia.

Capítulo II

Metodología del Proyecto - Desarrollo

Desarrollo y procedimiento

Para la elaboración de este prototipo de robot seguidor de línea NatCar es necesario investigar sobre las normativas de la Robot Game Zero Latitud que son las normativas de competencias de robótica internacionales, dando un proyecto apto para futuras participaciones nacionales o a nivel mundial.

Tabla No. 6

Características Técnicas del Robot

Dimensiones	<p>El robot no podrá exceder las siguientes dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 25cm de longitud total • 25cm de anchura total • 25cm de altura total
Alimentación	<p>la fuente de energía para alimentar todo el circuito eléctrico considerando la de batería Li-Po de corriente continua</p>
Encendido del robot	<p>El encendido del robot se realizará de forma manual cuando se indique la salida.</p>
Limitaciones	<p>no se admite ningún tipo de comunicación externa con el robot.</p>

Pista	La superficie de la pista deberá ser de color blanca y la línea que forma la trayectoria de recorrido será de color negra.
Funcionamiento	Se realizará una vuelta de prueba sobre la pista verificando con esto el correcto funcionamiento.
Trayectoria	el robot está obligado a permanecer dentro de la pista y seguir la trayectoria marcada durante toda la carrera. Si el vehículo se sale de la pista y vuelve de nuevo al mismo punto en la pista por sí mismo, puede continuar la carrera.

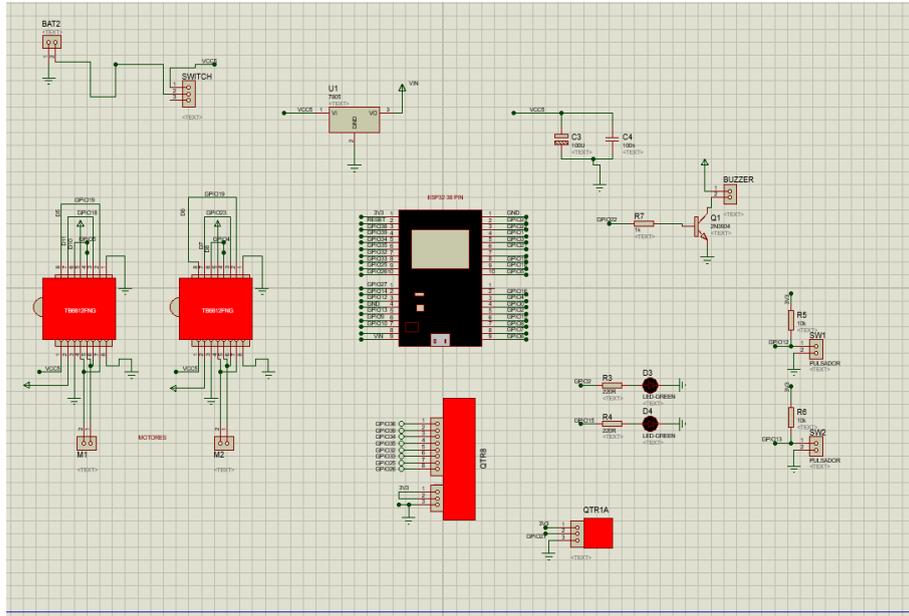
Nota: Tabla de elaborada con reglas de la categoría del robot seguidor de línea NatCar.

Diseño Electrónico del Seguidor de Línea NatCar

La elaboración de este robot seguidor de línea NatCar está basada en los conocimientos adquiridos, de tal manera se realizó utilizando el software de diseños electrónicos PROTEUS el cual permita la creación de un circuito electrónico que permita realizar el diseño de la PCB que conformara al robot.

Imagen No. 15

Diseño Electrónico ISIS



Nota: Esquema del circuito electrónico que conforma el robot. Elaboración propia.

Para la elaboración de este robot seguidor de línea NatCar se requiero la adquisición de varios elementos electrónicos tales como un Módulo ESP-32, driver, sensores infrarrojos, motores, buzzer, entre otros, los mismos que se detalla en la siguiente tabla como sustentados.

Tabla No. 7

Presupuesto del Proyecto

ITEM	RUBRO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Modulo ESP-32	1	\$15	\$15
2	Batería Lipo	1	\$20	\$20
3	Sensores infrarrojos QTR-1A	1	\$10	\$10
4	Acrílico	1	\$25	\$25
5	Sensores infrarrojos QTR-8A	1	\$18	\$18
6	Motores Pololu 10:1	2	\$22	\$44
7	Driver TB6612FNG	1	\$15	\$15

8	Cargador de batería Lipo IMAX B6	1	\$40	\$40
9	Llantas minis black (24X23)	2	\$30	\$30
10	Cable DuPont	50	\$0.20	\$10
11	Transporte	50	\$54.25	\$207.50
INVERSIÓN TOTAL				\$434.50

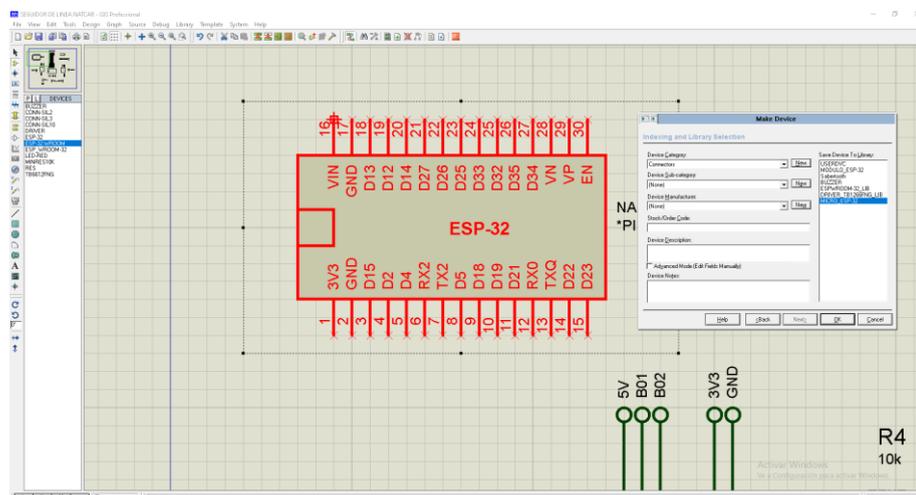
Nota: Tabla de presupuesto del robot seguidor de línea NatCar.

Diseño electrónico en el programa ISIS

El proceso inicia con la elaboración del diseño electrónico en el programa PROTEUS en ISIS, la cual no contaba con algunos elementos electrónicos en el software posteriormente se creó los elementos para ejecutar las respectivas funciones a los elementos electrónicos, sin tener errores al momento de conectar los componentes electrónicos.

Imagen No. 16

Creación del Elemento Electrónico

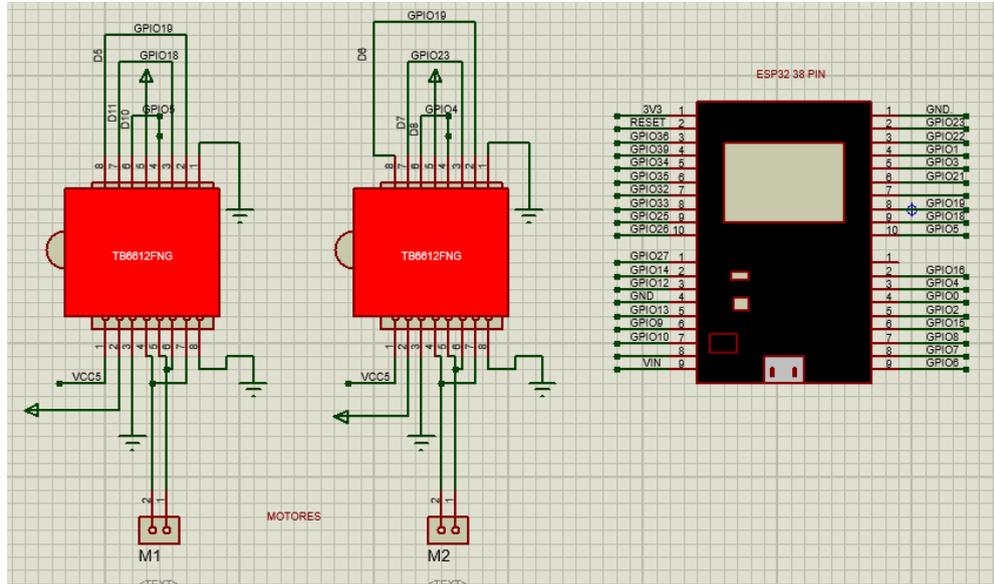


Nota: Elaboración del diseño electrónicos. Elaboración propia.

Con la elaboración del diseño electrónico se puso a prueba las conexiones de cada elemento con ayuda de un protoboard, es decir que primero se ha utilizado el módulo ESP-32, el driver y los motores.

Imagen No. 17

Comprobación del Sistema de los Motores

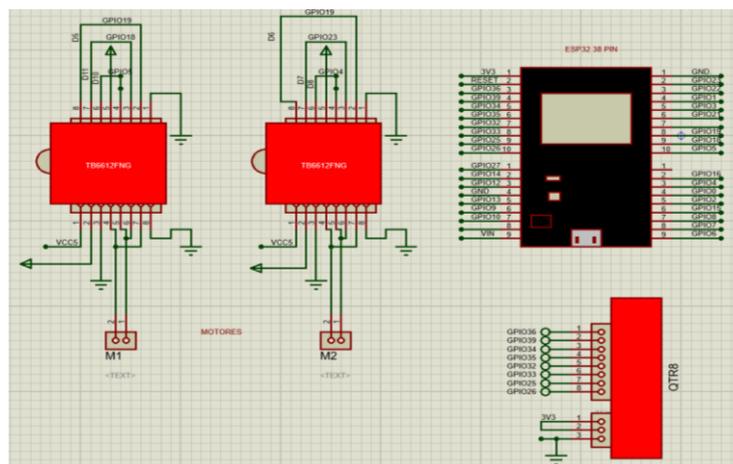


Nota: Conexión de los motores junto al módulo ESP-32. Elaboración propia.

Luego se hizo la prueba de los motores, el módulo ESP-32 y los sensores QTR-8A para comprobar su funcionamiento del circuito electrónico.

Imagen No. 18

Comprobación de Motores y Sensor

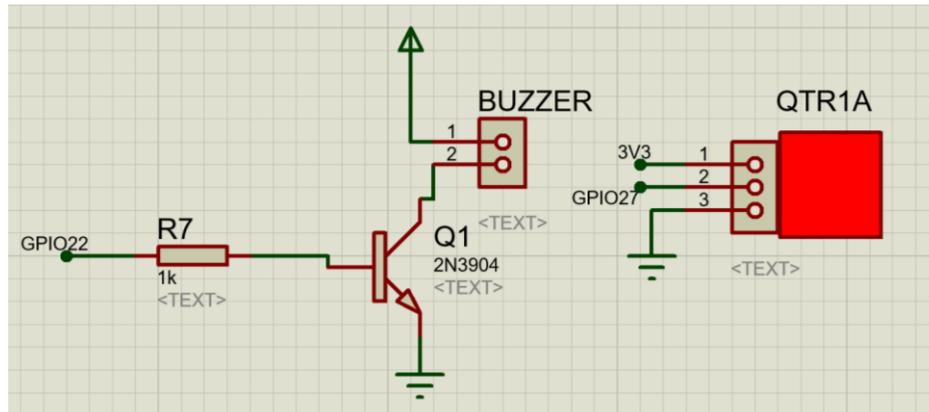


Nota: Conexión de los motores, sensores contiguos al módulo ESP-32. Elaboración propia.

Después se le hizo pruebas del sensor QTR-1A y el buzzer para el conteo de puntos que necesita el seguidor de línea NatCar.

Imagen No. 19

Comprobación de Sensor y Buzzer



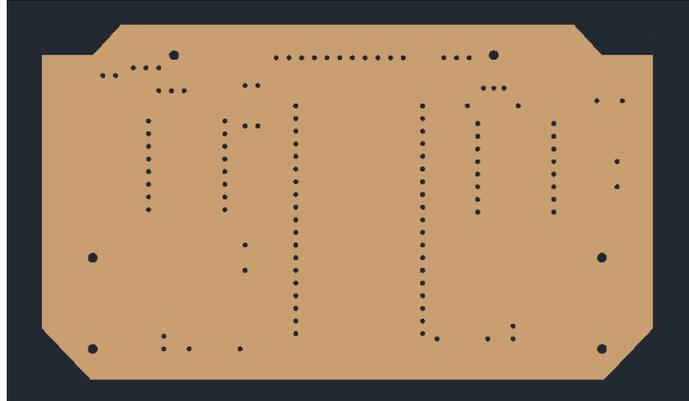
Nota: Conexión del conteo de puntos. Elaboración propia.

Estructura de la placa

El diseño está basado en la necesidad y capacidad de sostener los elementos electrónicos como el microcontrolador, driver, motores, buzzer, entre otros, el diseño se realizó en el software de diseño de AutoCAD el cual permite obtener medida dentro de un plano estructural.

Imagen No. 20

Diseño de la Placa en AutoCAD



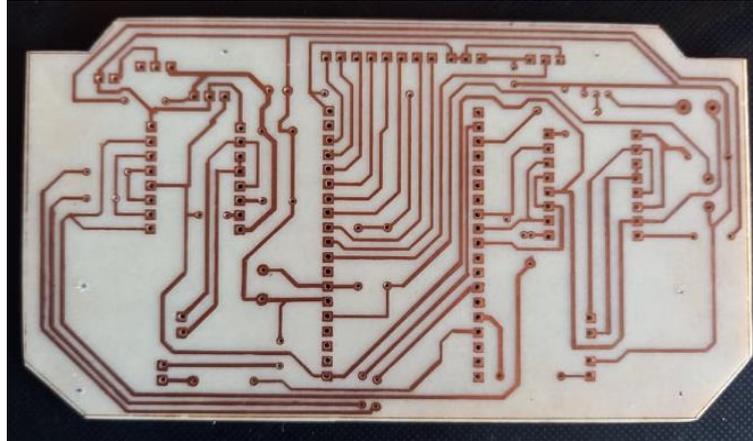
Nota: Diseño de la placa para soporte de los elementos electrónicos. Elaboración propia.

Diseño Electrónico en el Programa ARES

Una vez creado el diseño en ISIS se procedió a crear los elementos con sus medidas correspondientes como el módulo ESP-32 y los drivers, luego se colocó los demás elementos de acuerdo al diseño establecido

Imagen No. 22

Impresión de la placa PCB



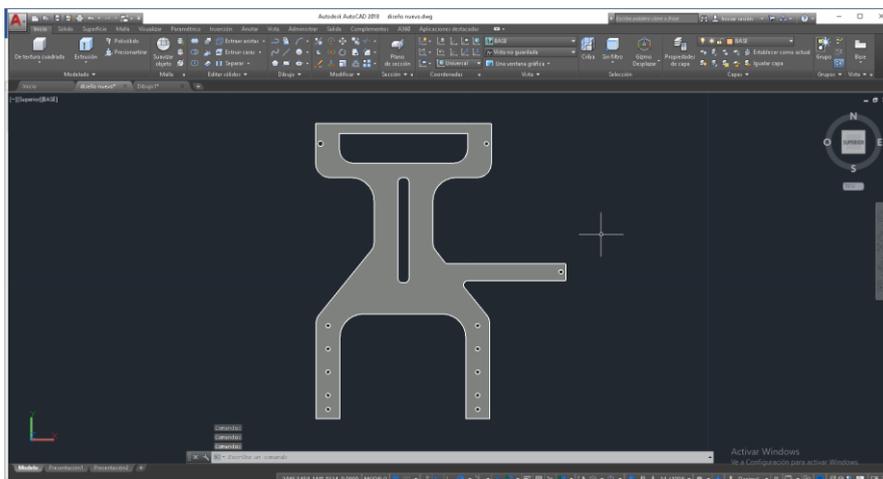
Nota: Placa donde se va a implementar los elementos electrónicos. Elaboración propia.

Diseño del Armazón

Para diseñar el armazón me ayude del software AutoCAD para el soporte de los sensores y las medidas se optó de acuerdo al reglamento de los concursos de robótica de seguidores de línea.

Imagen No. 23

Diseño del Armazón



Nota: Diseño del armazón echo en el software AutoCAD. Elaboración propia.

Corte en laser del armazón

Para el proceso del corte se utilizó una maquina laser en la cual se ajustó las medidas de la máquina de metros a centímetros para que el armazón sea el adecuado al rato de implementar en la placa y los sensores.

Imagen No. 24

Corte en Maquina Laser



Nota: Corte del soporte de los sensores en la máquina laser. Elaboración propia.

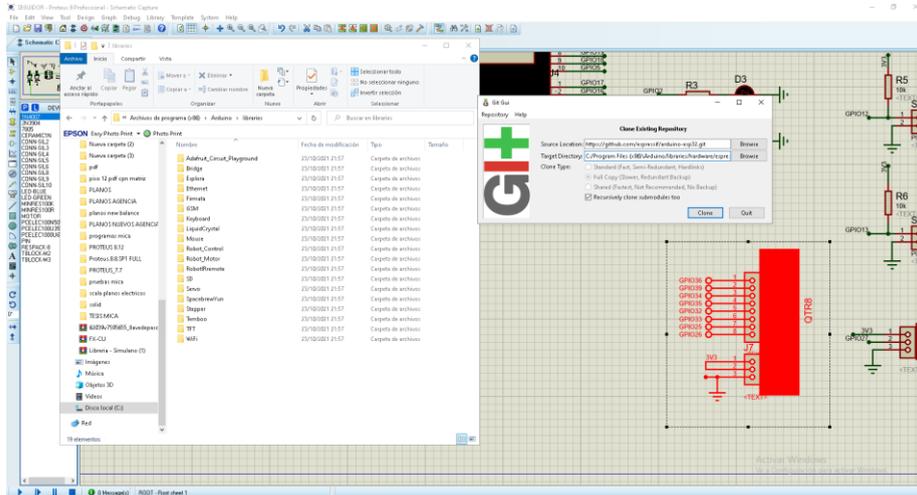
Programación del Robot seguidor de línea NatCar

Para la instalación de las librerías de la ESP-32 se volvió a instalar el programa Arduino junto a un GitHub permite trabajar con distintas ramas de un proyecto o el desarrollo para obtener nuevas funciones al programa ya que consiente en guardar copias de la programación así estén mal elaboradas.

Para la agregar la librería en GitHub se creó la carpeta donde se va a instalar la librería de la ESP-32 donde permita la lectura del microcontrolador en el programa Arduino.

Imagen No. 25

Creación de Librería ESP

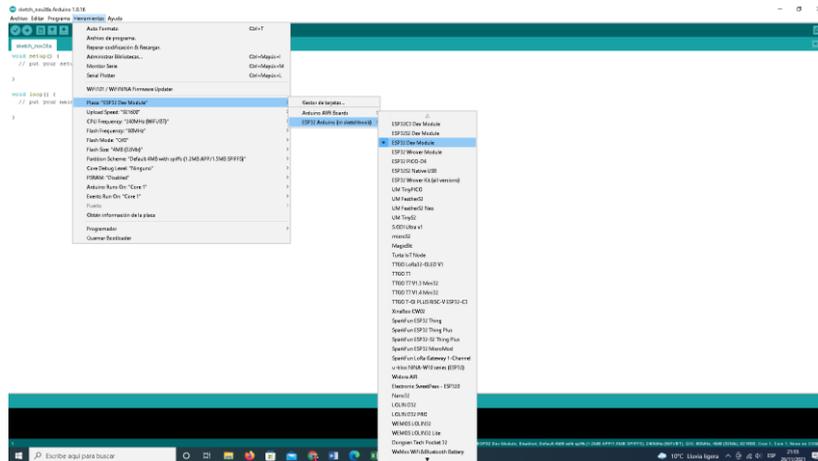


Nota: Creación de la librería para la lectura del módulo ESP-32. Elaboración propia.

Una vez incluida la librería automáticamente se puede verificar en el programa Arduino que ya está agregada la librería del módulo ESP-32 para así poder programar al robot.

Imagen No. 26

Librería de la ESP-32



Nota: Comprobación de la librería de la ESP-32 en el programa Arduino. Elaboración propia.

Capítulo III

Propuesta

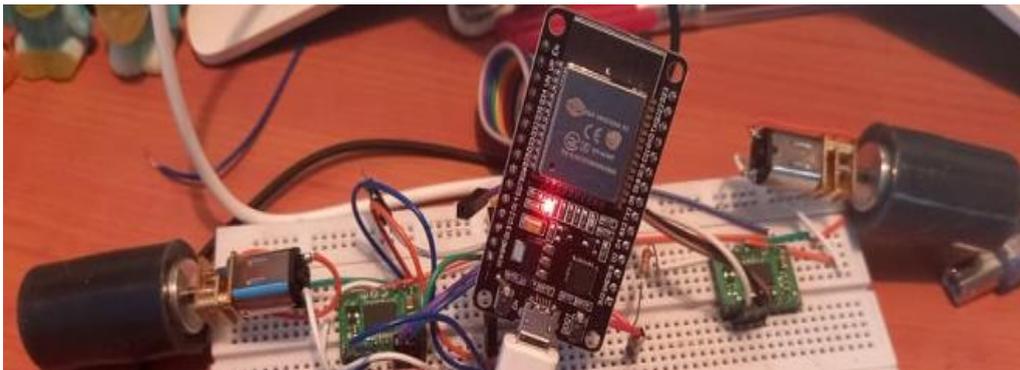
A continuación, se presentará el funcionamiento del sistema electrónico junto a su comprobación y los resultados planteados durante el proceso de ensamblado del proyecto, para así demostrar el funcionamiento esperado durante el tiempo demora la elaboración de este prototipo.

Armada del sistema electrónico

Como primer punto, los motores están encargados de la movilidad del robot seguidor de línea NatCar donde se encuentran conectados a un sistema electrónico la cual este acoplado al Driver TB6612FNG que permite tener una mayor seguridad al energizar el circuito electrónico, el módulo ESP-32 envía una señal para que se activen los motores de acuerdo a la velocidad determinada como se muestra en la figura 27.

Imagen No. 27

Pruebas de funcionamiento de los motores



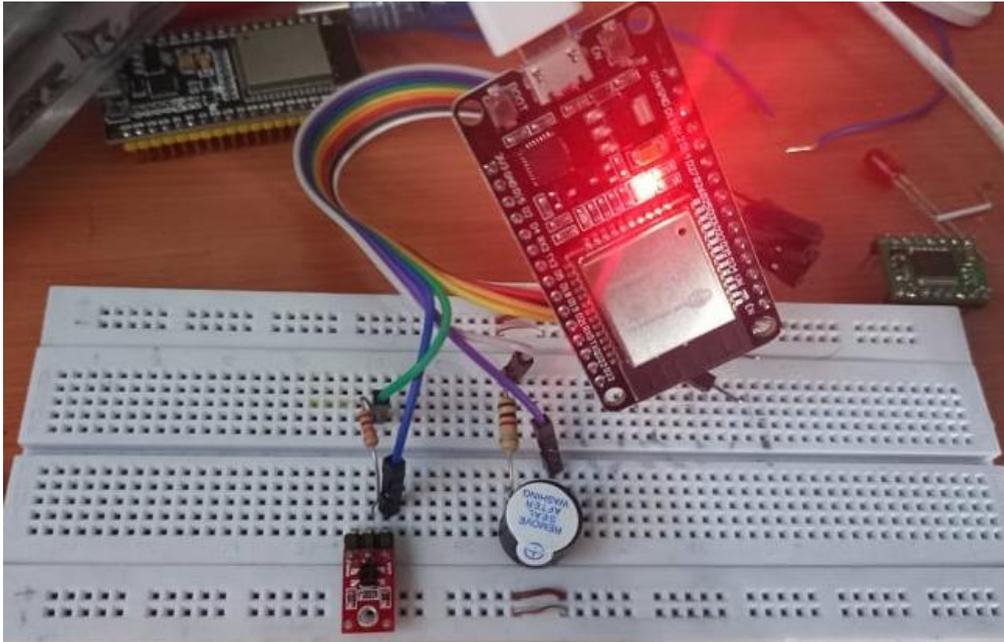
Nota: Conexión de los motores. Elaboración propia.

Desde otro punto, el sensor lateral que conforma el robot seguidor de línea NatCar donde su modelo es un sensor QTR-1A que permite detectar la línea negra, donde se encuentra

enlazado a un buzzer la cual permite contar los puntos establecidos de acuerdo a la pista que se establezca.

Imagen No. 28

Pruebas de funcionamiento del conteo de puntos

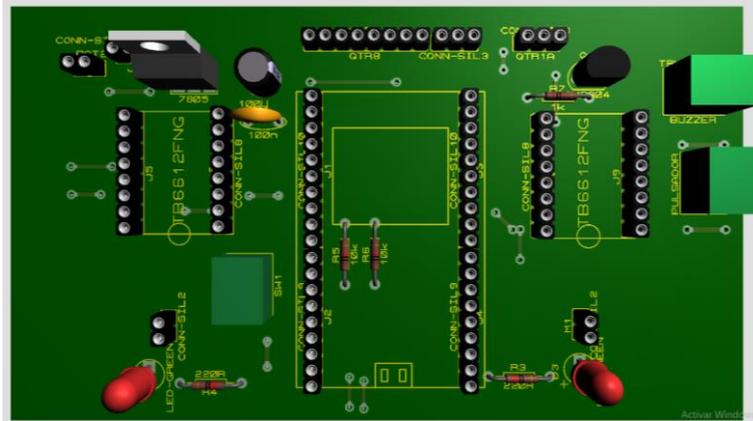


Nota: Conexión para la activación del sensor QT-1A. Elaboración propia.

Al momento de realizar las pruebas de funcionamiento se procedió a elaborar el diseño de una placa PCB la cual los conductores contienen trazos de cobre, donde permite energizar a todos los componentes electrónicos que compone este sistema como se puede mostrar en la figura 29.

Imagen No. 29

Diseño Electrónico 3D



Nota: Diseño de cómo van establecidos los elementos electrónicos. Elaboración propia.

Se realizó un soporte de un material acrílico con el fin de que este elemento sea aquel que aporte a los sensores y ayudara como base guía de los sensores del robot seguidor de línea NatCar como se muestra en la figura 30.

Imagen No. 30

Armazón de los sensores

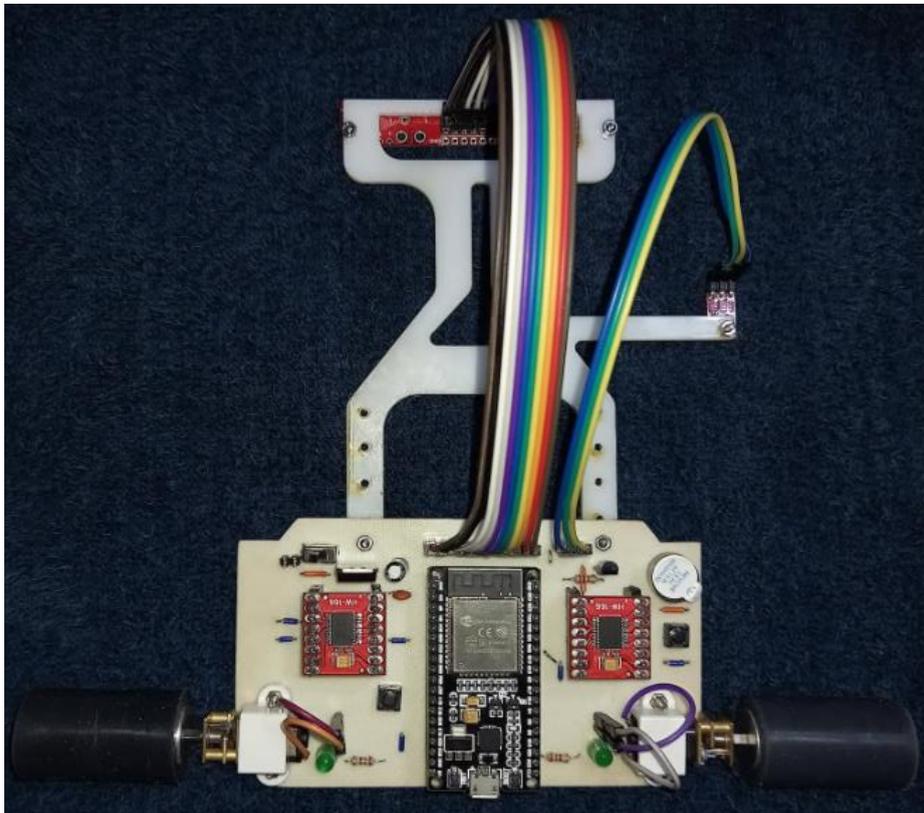


Nota: Soporte de los sensores. Elaboración propia

Para la construcción del robot, se implementó todos los materiales electrónicos dentro de la placa PCB junto al armazón para que así poder hacer las correctas pruebas del robot. Las pruebas realizadas para la verificación del correcto funcionamiento del robot seguidor de línea NatCar dentro del parámetros técnicos es recomendable verificar si la distribución de voltaje es la adecuada para todo el sistema electrónico de tal manera se logró el trabajo necesario de acuerdo a la elaboración planteada.

Imagen No. 31

Armado del Robot Seguidor de Línea NatCar



Nota: Armado del robot seguidor de línea. Elaboración propia.

Para la activación de los motores se define los pines que va a ocupar en el módulo ESP-32, cuya función es el de permita el movimiento del funcionamiento del robot.

Imagen No. 32*Declaración de puertos del motor*

```

#define motor1Pin1 18
#define motor1Pin2 5
#define pwm1 19

#define motor2Pin2 23
#define motor2Pin1 4
#define pwm2 17

```

Nota: Los pines que toma el motor en el módulo ESP-32. Elaboración propia.

La configuración que permite la detección de la línea es la variable registrada como condición de activación y desactivación, la detección del sensor sea superior a los 400 y se le denomina como umbral.

Imagen No. 33*Variable de detección de la línea*

```
int umbral=1200;
```

Nota: Permite la detección de la línea. Elaboración propia.

Los sensores van dispuestos mirando al suelo y a 2mm de separación desde el suelo a la superficie del sensor. También se define condiciones para algunas de las variables para determinar la ejecución de la calibración de los sensores QTR-8A, los valores de los sensores de la etapa de calibración y de esta manera ubicar la línea en el centro, la librería de los sensores proporciona los intervalos una vez obtenidos el rango adecuado se produce a asignar el centro, es decir que el sensor detecte la línea negra cuando este en 1.

Imagen No. 34

Declaración de puertos de los sensores

```

void sensores() {
  s1=analogRead(36);
  s2=analogRead(39);
  s3=analogRead(34);
  s4=analogRead(35);
  s5=analogRead(32);
  s6=analogRead(33);
  s7=analogRead(25);
  s8=analogRead(26);
  s9=analogRead(27);

  |
  if (s1>umbral) {s1=1;} else {s1=0;}
  if (s2>umbral) {s2=1;} else {s2=0;}
  if (s3>umbral) {s3=1;} else {s3=0;}
  if (s4>umbral) {s4=1;} else {s4=0;}
  if (s5>umbral) {s5=1;} else {s5=0;}
  if (s6>umbral) {s6=1;} else {s6=0;}
  if (s7>umbral) {s7=1;} else {s7=0;}
  if (s8>umbral) {s8=1;} else {s8=0;}
  if (s9>umbral) {s9=1;} else {s9=0;}
}

```

Nota: Programación para la activación del sensor QTR-8A. Elaboración propia.

Tiene una velocidad determinada para poder detectar con facilidad la línea negra, para su velocidad de giro cada motor cumple con su función es decir el un motor ira hacia delante sin que pierda la velocidad y el otro invertirá su giro, según corresponda el giro a la izquierda o a la derecha.

Imagen No. 35

Condiciones para el movimiento de los motores

```

void adelante() // Ir adelante
{
  //var_tiempo=tiempo;
  //Serial.println("ADELANTE");
  digitalWrite(motor1Pin1, HIGH);
  digitalWrite(motor1Pin2, LOW);
  digitalWrite(motor2Pin1, HIGH);
  digitalWrite(motor2Pin2, LOW);
  delay(1);
  digitalWrite(motor1Pin1, LOW);
  digitalWrite(motor1Pin2, LOW);
  digitalWrite(motor2Pin1, LOW);
  digitalWrite(motor2Pin2, LOW);
}

void atras() // Ir atras
{
  //var_tiempo=tiempo;
  digitalWrite(motor1Pin1, LOW);
  digitalWrite(motor1Pin2, HIGH);
  digitalWrite(motor2Pin1, LOW);
  digitalWrite(motor2Pin2, HIGH);
  delay(2);
  digitalWrite(motor1Pin1, LOW);
  digitalWrite(motor1Pin2, LOW);
  digitalWrite(motor2Pin1, LOW);
  digitalWrite(motor2Pin2, LOW);
}

void derecha() // Ir a la derecha
{
  //var_tiempo=tiempo/2;
  digitalWrite(motor1Pin1, HIGH);
  digitalWrite(motor1Pin2, LOW);
  digitalWrite(motor2Pin1, LOW);
  digitalWrite(motor2Pin2, HIGH);
  delay(1);
  digitalWrite(motor1Pin1, LOW);
  digitalWrite(motor1Pin2, LOW);
  digitalWrite(motor2Pin1, LOW);
  digitalWrite(motor2Pin2, LOW);
}

void izquierda() // Ir a la izquierda
{
  //var_tiempo=tiempo/2;
  digitalWrite(motor1Pin1, LOW);
  digitalWrite(motor1Pin2, HIGH);
  digitalWrite(motor2Pin1, HIGH);
  digitalWrite(motor2Pin2, LOW);
  delay(1);
  digitalWrite(motor1Pin1, LOW);
  digitalWrite(motor1Pin2, LOW);
  digitalWrite(motor2Pin1, LOW);
  digitalWrite(motor2Pin2, LOW);
}

```

Nota: Activación del funcionamiento de los motores. Elaboración propia.

Para el conteo de puntos, el sensor va a detectar el punto y se va activar el buzzer, de acuerdo al paso de los puntos definidos.

Imagen No. 36*Programación del Sensor QTR-1A del conteo de puntos*

```

if (s9==1) { //negro
  cnt++;
  while (s9==1) {
    digitalWrite (buzz, HIGH);
    sensores ();
    adelante ();
    delay (2);
    if (digitalRead (pulsoff) == LOW) {
      off ();
    }
  }
  digitalWrite (buzz, LOW);
}

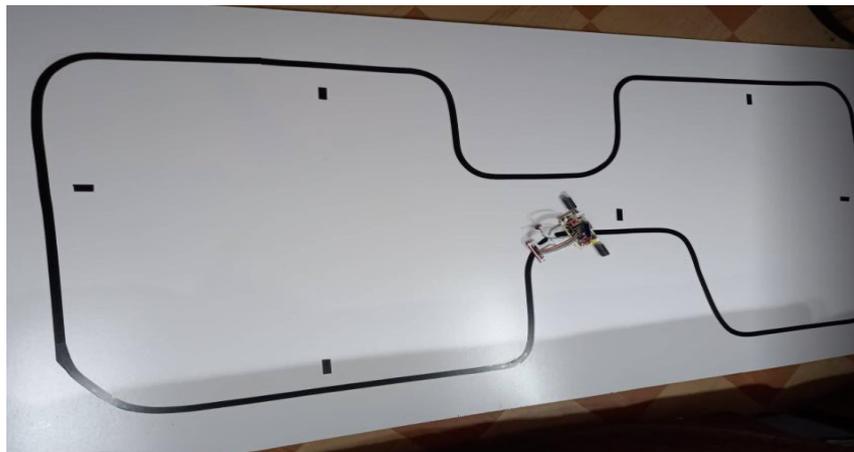
if (cnt >= 6) { // CANTIDAD DE PUNTOS NEGROS EN LA PISTA
  off ();
}
if (digitalRead (pulsoff) == LOW) {
  off ();
}

  delay (2);

```

Nota: Programación del sensor lateral. Elaboración propia

Para culminar se realizó sus pruebas en la pista hasta obtener el resultado propuesto de su detención automática de acuerdo a los puntos indicados y su velocidad determinada.

Imagen No. 37*Funcionamiento del robot seguidor de línea NatCar*

Nota: Pista de competencia. Elaboración propia

Conclusiones

Se debe tomar en cuenta varios puntos como la selección de los elementos adecuados, desarrollar el programa de control para tener un mejor desenvolvimiento al realizar las pruebas de funcionamiento, y verificar que los puntos de conexión sean adecuados para lograr buenos resultados en las competencias nacionales e internacionales.

Al momento de trabajar con el módulo ESP-32 se debe tener en cuenta la asignación de valores en sus pines para asegurar un correcto funcionamiento y verificar la distribución de pines de la respectiva ficha técnica para evitar cualquier error en la elaboración de la placa.

También es importante el peso mientras menos peso haya, menor será la inercia a dominar, tanto en el arranque como en las curvas, también los motores tendrán que hacer menos esfuerzo ya que necesitaran menos corriente.

Para un buen funcionamiento del prototipo se requiere dar el mantenimiento de sus motores, verificar que éstos se encuentran debidamente ajustados y las cajas reductoras no tengan ningún problema al encenderse.

Para el desarrollo de la programación se realizó pruebas de funcionamiento con el fin de alcanzar buenos resultados, ya que al realizar las líneas de código el microcontrolador ESP-32 tiende a leer el bucle y ejecutarlas de acuerdo al orden establecido.

Recomendaciones

Durante las pruebas de funcionamiento se visualizó que el prototipo no logra reconocer las curvas cerradas, para ello es importante agregar en el programa la detección de este tipo de curvas, además de reducir sus dimensiones para un mejor manejo.

Mientras se realizaban las pruebas de funcionamiento del robot seguidor de línea NatCar no se pudo determinar la altura del prototipo la cual le perjudica la estabilidad si la pista se encuentra pandeada, esto es debido a la altura del eje del motor y las llantas son de dimensiones pequeñas.

Además, la ubicación de los sensores es encargada de mantener el robot sobre la línea en el caso de que la pista se encuentre en mal estado o que las líneas negras estén desteñidas el robot no llegara a detectar adecuadamente, por lo cual no perdería su trayectoria y en una competencia llegaría a perjudicar como también podía ocasionar la descalificación al igual del conteo de puntos.

También el armazón de soporte de los sensores es pesado para el prototipo y está llegando a tener un mal roce con la pista ocasionando el tiempo de duración funcional de estos elementos electrónicos lo cual el club de robótica del Instituto Superior Tecnológico Vida Nueva llegaría a tener altos gastos económicos en los repuestos del complemento antes mencionado.

Referencias Bibliográficas

- Acosta, M., Forigua, C., & Navas, M. (2017). Robótica Educativa: un entorno tecnológico de aprendizaje que contribuye al desarrollo de habilidades. Recuperado de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/17119/AcostaCastiblancoMarisol2015.pdf?sequence=3>
- Agular, O. (2020). DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA, AUTOCAD. Recuperado de http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m9/Manual_DE_AUTOCAD_V2020.pdf
- Alvarez, M. (2018). Academia. Recuperado de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/44838314/25_LAJPE_611_Manuel_Alvarez_preprint_corr_f-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1626916786&Signature=KYU7Cv0c5G4X2JJRMU55XlvyozjlHrQXTHmO2pBjCb3TC~uECRVgfpOHf~AnsKIbZntxHGmuEdGWuop85c4~KpWxhkEeb2zIsEeo7aurSvPlim4I
- Carillo, M., Cardona, J., Arvizo, G., & Rodriguez, F. (2018). Sistema de control y arquitectura de un robot seguidor de linea. Recuperado de [file:///C:/Users/User/Downloads/Dialnet-SistemaDeControlYArquitecturaDeUnRobotSeguidorDeLi-7205676%20\(6\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/Dialnet-SistemaDeControlYArquitecturaDeUnRobotSeguidorDeLi-7205676%20(6).pdf)
- Carrasco, A. (2019). Diseño y desarrollo de un sensor de humedad de bajo coste a diferentes profundidades para agricultura de precision. Recuperado de <https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/128507/Liebana%20->

%20Dise%C3%B1o%20y%20desarrollo%20de%20un%20sensor%20de%20humedad
%20de%20bajo%20coste%20a%20diferentes%20profundidades%20pa....pdf?sequenc
e=1&isAllowed=y

Chacon, C., Cortes, J., & Giral, A. (2017). Tencura. Recuperado de
<https://www.redalyc.org/pdf/2570/257025147010.pdf>

Ferreira, N. (2018). Academia. Recuperado de
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/54411897/_5.5.13__001_IJREA1-027004-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1626844446&Signature=YzlXNfy9kkvy9XT4~Jl8PhBZPzh-fm4O6EStQvFQXasSoJRz8beh0LNP5SGq3ad5cEjlei~MhFGF534RNOMq-eIaQ1Ldw7uyM3Gp90g~JeEqjWogr~vITY~Bj82ul8UgJ

Gomez, J. (2019). Desarrollo de un prototipo basado en sistemas embebidos para obtener el modelo matemático de la superficie cóncava en lentes oftalmologicos. Recuperado de
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/13373/1/T-UCSG-PRE-TEC-IECA-106.pdf>

Hernández, I., & Ochoa, J. (2018). Diseño y construcción de un robot explorador de terreno . Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4498/1/UPS-GT000403.pdf>

Medina, M. D.-U.-P.-T.-I.-3. (2020). Diseño de algoritmos de control PID utilizando microcontroladores ATMEL para su implementacion de robots minisumo. Recuperado de <http://201.159.223.180/bitstream/3317/14276/1/T-UCSG-PRE-TEC-ITEL-367.pdf>

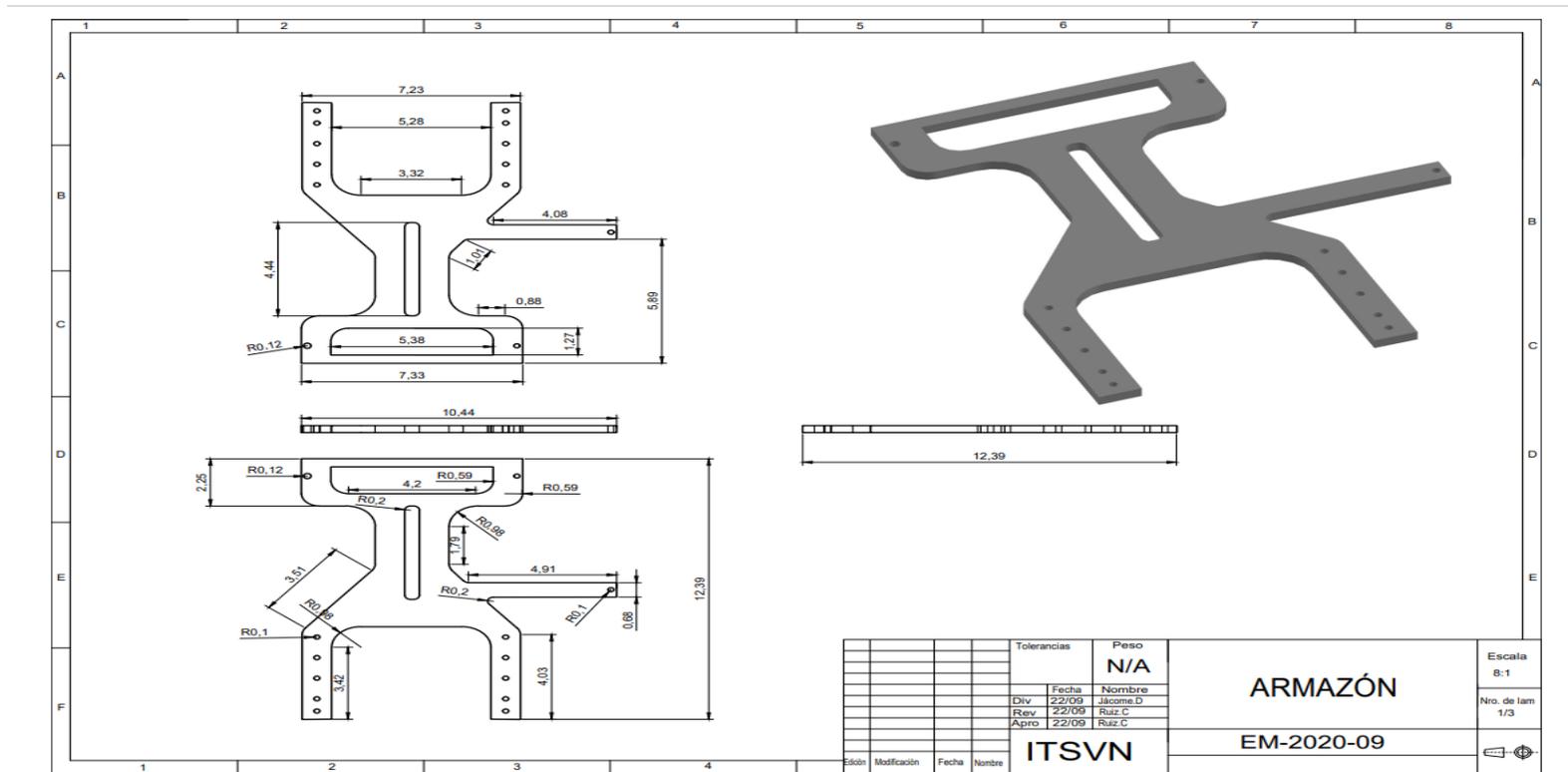
- Ocampo, J., Maya, E., Garcia, J., Gamez, J., & Barrios, M. (2017). Diseño y Contruccion de un Prototipo. Recuperado de <http://www.itc.mx/ojs/index.php/pistas/article/viewFile/747/731>
- Ortiz, D. (2016). Proyecto final de carrera. Recuperado de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/97322/PFC%20David%20Ortiz%20Mart%C3%ADnez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Patiño, J. (2018). Motores de Corriente Continua. Recuperado de [file:///C:/Users/User/Downloads/M%C3%93DULO%20N%C2%B01%20DE%20M%C3%81QUINAS%20EL%C3%89CTRICAS\(TALLER%20V\)%20MOTORES%20DE%20C.C-2018%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/M%C3%93DULO%20N%C2%B01%20DE%20M%C3%81QUINAS%20EL%C3%89CTRICAS(TALLER%20V)%20MOTORES%20DE%20C.C-2018%20(2).pdf)
- Peña, J. (2019). Diseño y Desarrollo de Nodos Sensores de Bajo Coste para Monitorizar Parametros en Agricultura de Precision. Recuperado de <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/8112/tfg-pe%C3%B1a-dis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Perez, J. (2017). Diseño y construccion de un robot sigue linea controlado a distancia con interfaz android. Recuperado de <file:///C:/Users/User/Downloads/577994.pdf>
- Reyes, J. (2018). Plataforma Arduino . Recuperado de <https://es.scribd.com/document/144773065/Plataforma-Arduino-pdf>
- Rus, D. (2016). ¿Hacia una nueva Ilustracion? Una década Trascendente. Recuperado de <https://www.bbvaopenmind.com/wp-content/uploads/2018/12/BBVA-OpenMind-Daniela-Rus-Robotica-una-decada-de-transformaciones.pdf>

- Rus, D. (2017). ¿Hacia una nueva ilustración? Una década trascendente. Recuperado de <https://www.bbvaopenmind.com/wp-content/uploads/2018/12/BBVA-OpenMind-Daniela-Rus-Robotica-una-decada-de-transformaciones.pdf>
- Saenz, P. (2016). INTRODUCCIÓN A LA ROBÓTICA. Recuperado de <http://www3.uji.es/~sanzp/robot/RobInt-Apuntes.pdf>
- Sevilla. (2016). Manual de Proteus . Recuperado de http://www.ieslosviveros.es/alumnos/asig8/carpeta714/IntroducciA_n_Proteus_.pdf
- Valverde, B. (2020). La importancia de la robótica con eje en el desarrollo de la sociedad. Recuperado de [file:///C:/Users/User/Downloads/Dialnet-LaImportanciaDeLaRoboticaComoEjeEnElDesarrolloDeLa-7554370%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/Dialnet-LaImportanciaDeLaRoboticaComoEjeEnElDesarrolloDeLa-7554370%20(2).pdf)
- Vera, N. (2016). Diseño e implementación de dos robots móviles autónomos para la batalla de robots minisumo y microsumo. Recuperado de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/6614/1/T-UCSG-PRE-TEC-ITEL-172.pdf>

Anexos

Anexo No. 1

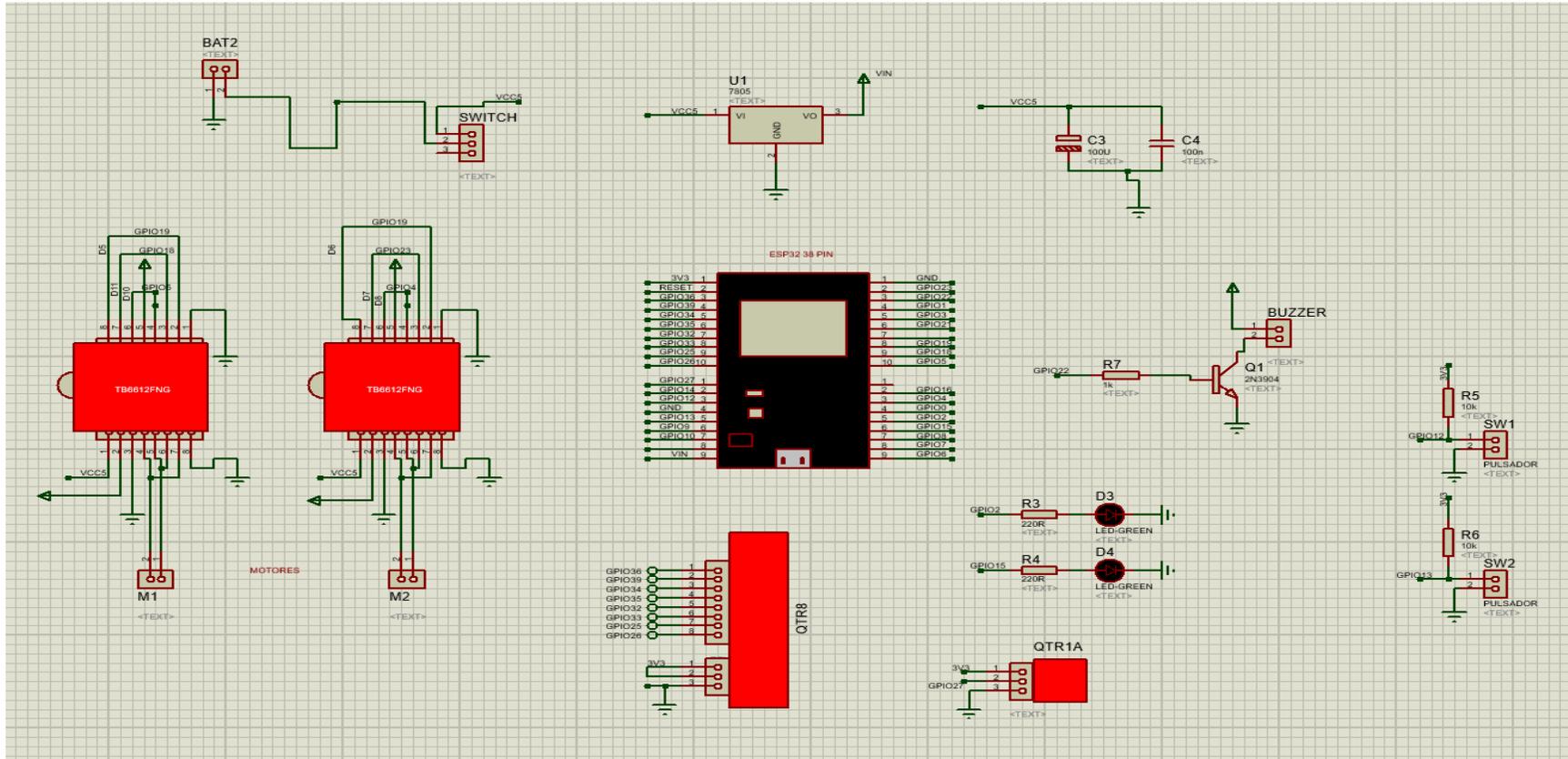
Diseño estructural de soporte de sensores



Nota: Diseño estructural para el soporte de los sensores. Elaboración propia.

Anexo No. 2

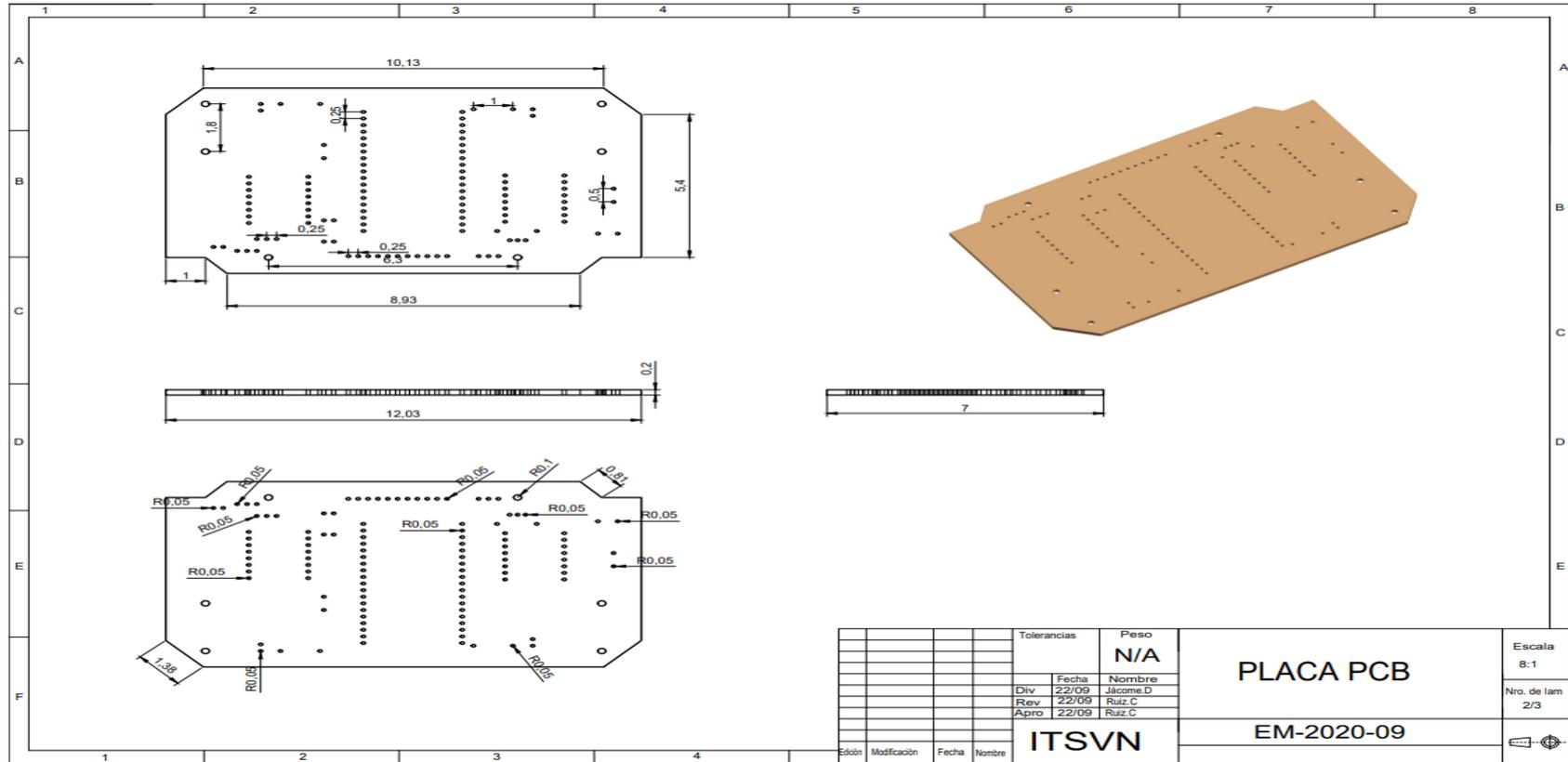
Diseño Electrónico



Nota: Esquema electrónico de conexión del robot seguidor de línea. Elaboración propia.

Anexo No. 3

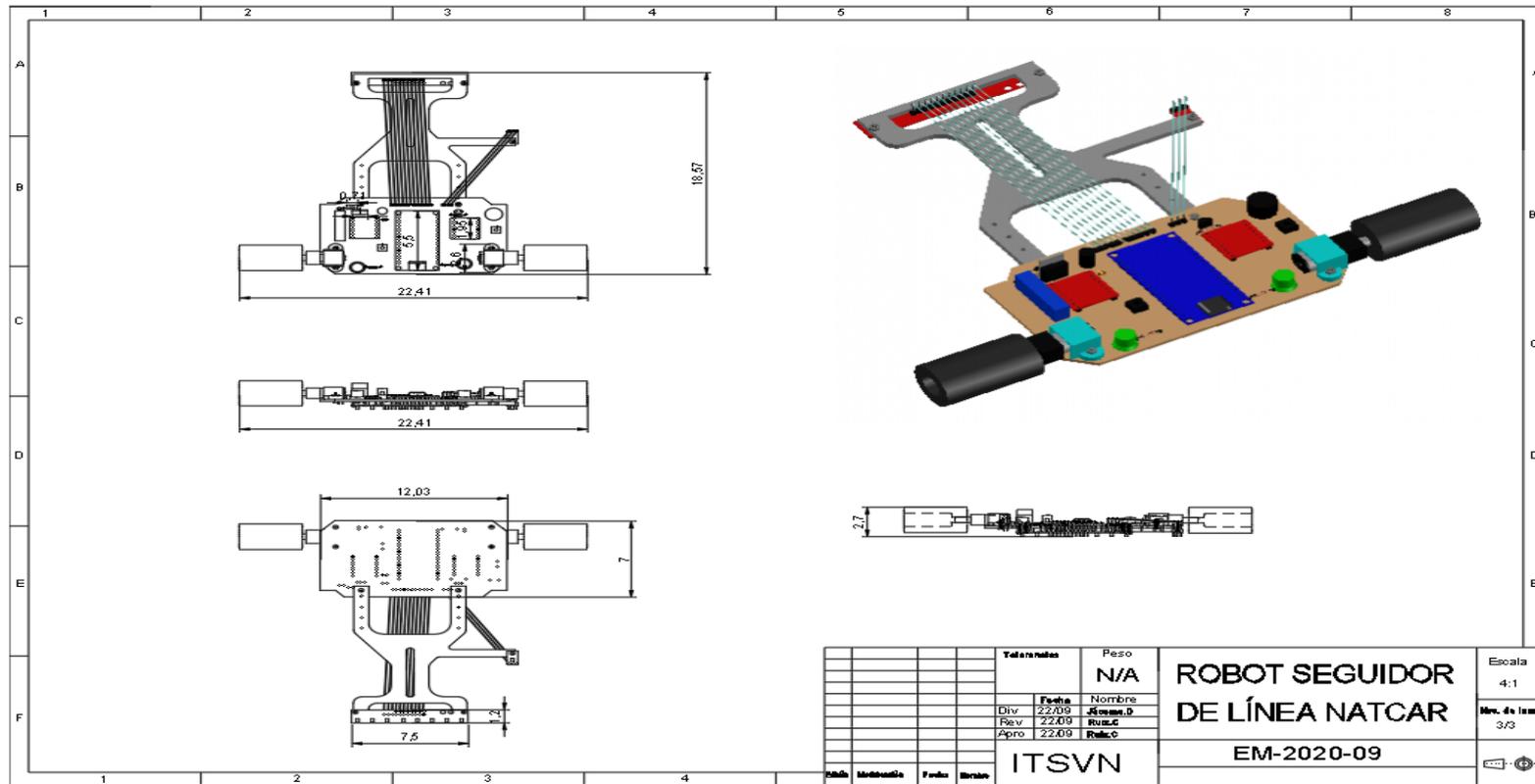
Diseño estructural de los elementos electrónicos



Nota: Diseño de la placa para el soporte de los elementos electrónicos. Elaboración propia.

Anexo No. 4

Diseño estructural de robot seguidor de línea NatCar



Nota: Diseño del robot seguidor de línea. Elaboración propia.