

# Reporte Final

## Sistema de Asistencia Vehicular

**Autores:** Amelia Coronado, Universidad Internacional del Ecuador, [amcoronadomo@uide.edu.ec](mailto:amcoronadomo@uide.edu.ec)

David Mejía, Universidad Internacional del Ecuador, [damejiato@uide.edu.ec](mailto:damejiato@uide.edu.ec)

Diego Crespo, Universidad Internacional del Ecuador, [dicresposa@uide.edu.ec](mailto:dicresposa@uide.edu.ec)

**Curso:** Facultad de ciencias técnicas - Escuela de Mecatrónica - 2do Semestre Sep 2024.

**Docente:** Ing. Guillermo Mosquera

**Fecha:** 29/12/2024

**Resumen**—El proyecto tiene como meta crear un carrito medianamente autónomo que sea capaz de corregir fallos de manejo en tiempo real. El sistema contiene varias funciones como lo son el seguimiento de líneas con sensores infrarrojos y la detección de obstáculos con un sensor ultrasónico. El carrito puede reconocer las líneas, responder ante objetos en su camino y ajustar su dirección o parar teniendo en cuenta esos factores. Los resultados que obtuvimos indicaron que el sistema de control funciona de manera efectiva, evitando cambios de carril y choques con obstáculos. La tecnología de apoyo al manejo ha mejorado mucho la seguridad en las carreteras con los sistemas de protección y ayuda de carril, que son habituales en automóviles tecnológicos. Con base en esto, este proyecto sugiere hacer un carro que imite estas funciones, presentando una solución simple para la seguridad vial.

### I. INTRODUCCIÓN

Una de las principales complicaciones es mantener el rumbo del vehículo en curvas o líneas discontinuas. También, la detección temprana de obstáculos es de las cosas más importantes para evitar accidentes. Este proyecto utiliza tecnologías accesibles para abordar estos problemas, integrando sensores y un software que aseguran que funcione correctamente.

El objetivo en sí fue la construcción de un carrito que reconozca y corrija desviaciones en su camino usando sensores infrarrojos y que pueda detenerse utilizando sensores ultrasónicos. Este documento proporciona una visión general del sistema creado.

### II. METODOLOGÍA

A. Se diseñó un carrito con sensores infrarrojos ubicados a la izquierda y derecha para el seguimiento de líneas, y un sensor ultrasónico situado en el frente para detectar objetos. Un chasis funcional fue creado para que se ajuste a todos los componentes necesarios.

B. Desarrollo de Hardware: Se eligieron componentes esenciales, incluyendo los sensores infrarrojos IR para la detección de líneas y el sensor ultrasónico HC-SR04 para la detección de obstáculos. Estos elementos permiten interpretar las señales y ajustar la dirección del vehículo según se requiera.

1. Sensor Ultrasónico (HC-SR04)  
Especificaciones: o Rango de detección: 2 cm a 400 cm o Precisión: ~3 mm o Voltaje de operación: 5V o Ángulo de detección: ~15° Justificación del uso:
  - Rango y precisión: El sensor ultrasónico HC-SR04 ofrece un rango de detección adecuado (hasta 4 metros), ideal para aplicaciones de asistencia vehicular en las que es crucial anticipar obstáculos o vehículos cercanos en distancias moderadas.
  - Capacidad de detección independiente de la iluminación: A diferencia de otros sensores, el ultrasónico no se ve afectado por la luz ambiental, lo cual es esencial en situaciones de conducción nocturna o con condiciones de baja visibilidad.
  - Costo y facilidad de integración: Este sensor es económico y compatible con Arduino, lo que facilita su integración y configuración en un sistema de asistencia vehicular básico.

### 2. Sensores Infrarrojos (IR)

- Rango de detección: 1 cm a 30 cm (dependiendo del modelo y la calibración) o Ángulo de detección: ~35° o Voltaje de operación: 3.3V a 5V Justificación del uso:
  - Detección de corta distancia: Los sensores infrarrojos son útiles para detectar obstáculos en distancias muy cortas (de 1 a 30 cm), complementando al sensor ultrasónico en situaciones donde es necesario evitar colisiones a muy baja velocidad.
  - Simplicidad en detección de bordes y cercanía de objetos: Los IR detectan cambios de reflejo y son efectivos para detectar bordes, carriles, y objetos en la cercanía inmediata del vehículo.
  - Bajo consumo energético: Consumen muy poca energía, lo cual es ideal para reducir el impacto en la autonomía de un sistema alimentado por batería.

Cálculo de Cobertura y Espacio:

Para proporcionar una cobertura efectiva, se pueden utilizar dos sensores infrarrojos en los lados frontales del vehículo y un sensor ultrasónico en la parte frontal central. Esto permitirá cubrir:

- Rango medio (2 cm a 4 m): Con el sensor ultrasónico.
- Corta distancia (1 cm a 30 cm): Con los sensores IR, para detectar bordes o pequeños obstáculos en el frente inmediato del vehículo.
- Cobertura total: La combinación de estos sensores garantiza la detección tanto a corta como a media distancia, cubriendo la mayoría de las situaciones de proximidad en las carreteras.

Los sensores infrarrojos funcionan mediante la emisión de luz infrarroja que, al reflejarse en un objeto cercano, permite medir la distancia del mismo. Son ideales para distancias cortas y medianas, y tienen un costo reducido, lo que los hace accesibles para proyectos de bajo presupuesto. Ventajas:

- Bajo costo.
  - Rápida respuesta.
  - Fácil integración en sistemas electrónicos.
- Desventajas:
- Menor precisión en entornos con iluminación brillante o reflectantes.

Los sensores ultrasónicos emiten ondas de sonido que rebotan en los objetos cercanos, y al medir el tiempo que tardan en regresar, calculan la distancia. Son más precisos que los sensores IR para medir distancias más largas. Ventajas:

- Alta precisión en la medición de distancias (hasta 2 metros).
- Funcionan bien en condiciones de poca luz o con objetos no reflectantes.

Desventajas:

- Mayor costo en comparación con los sensores IR.
- Pueden presentar interferencias con otros dispositivos ultrasónicos.

Sensor	Rango de detección	Precisión	Aplicación
Infrarrojo	0-50 cm	$\pm 2$ cm	Detección de obstáculos cercanos.
Ultrasónico	2-200 cm	$\pm 1$ cm	Detección de obstáculos a distancia.

**Tab. 1.** Comparación de sensores.

El sistema de dirección está basado en la configuración de Ackerman, que permite girar las ruedas del vehículo de manera que el ángulo de giro de las ruedas internas sea mayor que el de las ruedas externas, mejorando así la maniobrabilidad en curvas cerradas.

#### Especificaciones de los Actuadores

##### 1. Amarillo DC6V-12V motor DC:

- Torque: Aproximadamente 1kg.cm.
- Corriente nominal: ~100 mA (sin carga) y hasta 500 mA (a plena carga).
- Relación de reducción: 48:1.
- Potencia a plena carga:  $P=V\times I=12V\times 0.5A=6W$

##### 2. Servo Motor MG995:

- Voltaje de operación: 4.8-7.2V
- Corriente sin carga: ~150 mA
- Corriente a plena carga: ~500 mA
- Potencia a plena carga:  $P=V\times I=6V\times 0.5A=3W$

Actuador	Torque	Velocidad de giro
Servo Motor MG995	10 kg-cm	0.2 s/60 grados
Amarillo DC6V-12V motor DC	1.1 kg cm	Hasta 230 RPM

**Tab. 1.** Comparación de motores.

Para alimentar el sistema, se seleccionará una batería que proporcione suficiente energía para los actuadores, sensores y controladores sin comprometer la autonomía del vehículo. A continuación, se presenta una tabla con las opciones evaluadas:

Batería	Capacidad	Voltaje
Batería de Litio 18650	5800 mAh	7.4V
Batería LiPo 7.4V	1500 mAh	7.4V
Batería NiMH 9.6V	1600 mAh	9.6V

**Tab. 3.** Comparación de baterías.

Para el sistema propuesto de un vehículo con sistema de dirección Ackerman, la elección de una batería recargable de litio 18650 de 5800 mAh y 7.4 V es adecuada debido a su capacidad de energía, estabilidad de voltaje, y eficiencia en aplicaciones móviles. A continuación, se justificará esta elección con cálculos y una evaluación de la eficiencia de la batería en el sistema.

Especificaciones de los Componentes y Consumo Aproximado Para determinar la duración de la batería, debemos calcular el consumo de energía de cada componente en el sistema.

- A. Arduino Uno
    - Voltaje: 5V (regulado a partir de 7.4V de la batería).
    - Corriente promedio: 50 mA.
  - B. Sensor de proximidad ultrasónico HC-SR04
    - Voltaje: 5V.
    - Corriente: 15 mA.
  - C. Sensores Infrarrojos (IR)
    - Voltaje: 5V.
    - Corriente por sensor: 20 mA.
    - Total IR: 20 mA x 2 = 40 mA.
  - D. Motores DC (2 unidades)
    - Voltaje de operación: 7.4V (directo desde la batería a través del L298N).
    - Corriente por motor: 500 mA (suponiendo carga media).
    - Total motores: 500 mA x 2 = 1000 mA (1 A).
  - E. Servo Motor (1 unidad)
    - Voltaje: 5V.
    - Corriente: 200 mA en operación continua.
  - F. Módulo L298N
    - Voltaje de operación: 7.4V.
    - Corriente extra: aproximadamente 40 mA.
  - G. Módulo Bluetooth HC-06
    - Voltaje: 3.3-5V.
    - Corriente: 30 mA. h. LEDs (Indicadores y Direccionales)
    - LEDs de colores (3 unidades): Consumo aproximado de 20 mA por LED a 5V.
    - LEDs direccionales (4 unidades): Consumo aproximado de 20 mA por LED.
    - Total LEDs: (20 mA x 7) = 140 mA.
- Suma Total de Consumo de Corriente La corriente total requerida es la suma del consumo de cada componente:  

$$50+15+40+1000+200+40+30+140=1515 \text{ mA} \approx 1.5 \text{ A}$$

#### Cálculo de la Duración de la Batería:

Con una batería de 5800 mAh y un consumo aproximado de 1.5 A, la duración teórica se puede calcular usando la fórmula: Duración=Capacidad de la batería/Consumo total = $5800\text{mAh}/1500\text{mA} \approx 3.87$  horas. Eficiencia de la Batería en el Sistema Las baterías de litio, como la 18650, son eficientes para aplicaciones de sistemas móviles debido a su alta densidad energética, que permite ofrecer una gran capacidad en un tamaño compacto.

Además, su voltaje de 7.4 V es adecuado para alimentar tanto el L298N como los motores DC de 7.4 V sin requerir convertidores de voltaje adicionales. Ventajas:

- Alta Capacidad: La capacidad de 5800 mAh es suficiente para dar una autonomía de casi 4 horas.
- Estabilidad: Las baterías de litio mantienen una entrega de voltaje estable hasta casi el final de su carga.
- Eficiencia Energética: Las baterías de litio tienen baja pérdida de energía por calentamiento,

permitiendo un uso eficiente en sistemas móviles como el vehículo con dirección Ackerman.

La elección de una batería de litio 18650 de 5800 mAh y 7.4 V proporciona una buena relación entre tamaño, capacidad y autonomía, permitiendo que el vehículo funcione de manera continua durante aproximadamente 4 horas. Esto hace que esta batería sea una opción adecuada y eficiente para el sistema propuesto.

- C. Desarrollo de Software: Se implementó un código de seguimiento de líneas que utiliza los sensores infrarrojos para identificar desviaciones y corregir la ruta. Además, el sensor ultrasónico activa la detención del vehículo si detecta un obstáculo.
- D. Pruebas y Validación: Se examinó la habilidad del vehículo para permanecer en el camino y esquivar objetos que se encontraban en su camino. La información reunida ayudó a señalar puntos de mejora y modificar el sistema para hacerlo más concreto.
- E. Este método de diseño facilitó la creación de un modelo operativo que satisface las demandas establecidas, mostrando su utilidad para aplicaciones concretas y futuras mejoras.

### III. DESARROLLO

El objetivo del proyecto consiste en el diseño y desarrollo de un sistema vehicular asistido, con capacidades de dirección, movimiento y freno automatizado para evitar colisiones. Incluye un control remoto para la operación manual y un sistema de sensores para la detección de obstáculos y frenado automático.

#### A. Avances Parcial N° 1

En el primer parcial, se realizaron las siguientes actividades principales:

- Diseño inicial del sistema de control vehicular.
- Programación de detección de obstáculos mediante sensores ultrasónicos conectados a un microcontrolador (Arduino UNO).
- Esquematización inicial del circuito eléctrico y su integración con los actuadores del vehículo.

#### B. Avances Parcial N° 2

En el segundo parcial, se realizaron las siguientes actividades principales:

- Integración del módulo de control remoto mediante Bluetooth (HC-06), permitiendo la operación manual del vehículo.
- Pruebas funcionales del sistema de frenado automático y ajustes en el código para mejorar su respuesta.
- Validación inicial del sistema de dirección y detección de problemas relacionados con la confiabilidad del eje.
- Culminación de modelado CAD y diseño de circuito esquemático

- validación de componentes a utilizar con cálculos obtenidos

#### C. Problemas identificados

El eje utilizado en el sistema de dirección, compuesto por materiales como silicona y papel foam, mostró una alta flexibilidad y poca resistencia mecánica, lo que generó inconsistencias en el movimiento direccional del vehículo.

#### D. Correcciones realizadas

Como parte de las mejoras implementadas en el proyecto, el sistema de dirección fue rediseñado:

- Se sustituyeron los materiales iniciales por un eje de metal liviano (aluminio), que proporciona mayor rigidez y estabilidad al movimiento.
- Se realizaron pruebas de dirección tras la corrección, validando un movimiento confiable y sin desviaciones.

#### E. Integración final

Tras incorporar las correcciones, el sistema vehicular se encuentra optimizado en los siguientes aspectos:

- Dirección estable.
- Sistema de frenado automático funcional.
- Respuesta y control manual eficiente.

#### F. Diagramas y esquemas

- Diagrama de flujo de detección de obstáculos

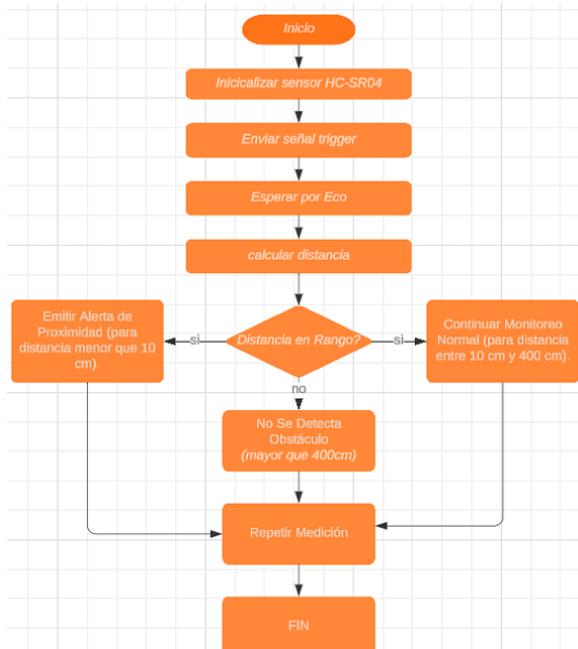


Fig. 1. Diagrama de flujo detección de obstáculos.

Análisis: El diagrama de flujo de detección de obstáculos refleja un proceso eficiente y lógico para garantizar la seguridad del vehículo. A través de la lectura constante del sensor ultrasónico, el sistema identifica obstáculos dentro de un rango predefinido y activa el frenado automático, evitando colisiones. Este diseño asegura una respuesta rápida y confiable, demostrando la efectividad del sistema en aplicaciones de prevención de accidentes.

- Diagrama del Sistema Ackerman

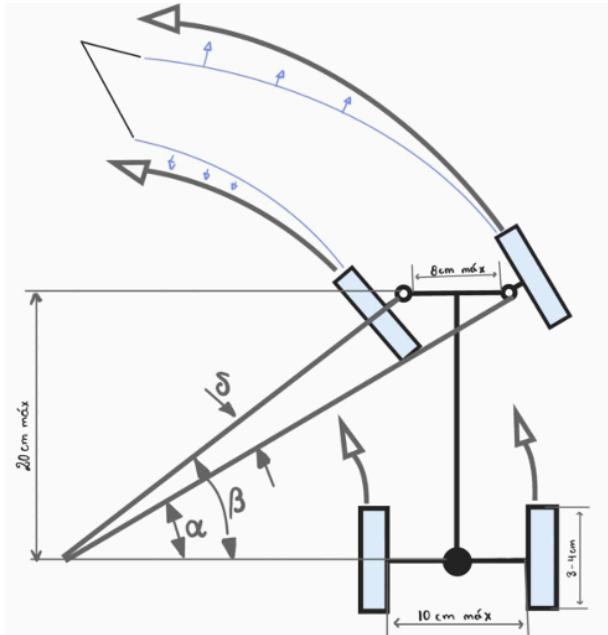


Fig. 2. Diagrama del Sistema Ackerman.

Análisis: El diagrama del Sistema Ackerman ilustra la configuración geométrica empleada para garantizar un movimiento de dirección preciso en el vehículo. Este diseño optimiza el ángulo de giro de las ruedas internas y externas, minimizando el deslizamiento y mejorando la maniobrabilidad. Su implementación asegura un control estable y eficiente, especialmente en curvas.

- Diagrama del Sistema Mecatrónico

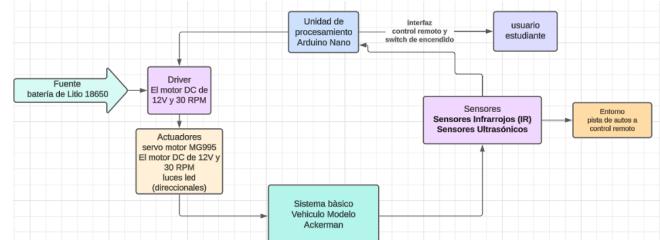


Fig. 3. Diagrama del Sistema Mecatrónico.

Análisis: El diagrama del Sistema Mecatrónico integra los componentes implementados en el proyecto, incluyendo sensores, actuadores y la unidad de control, en una arquitectura coherente y funcional. Este diseño permite la interacción eficiente entre los subsistemas, asegurando un flujo de información y energía que garantiza el cumplimiento de los objetivos operativos.

- Diagrama del comportamiento general del Sistema

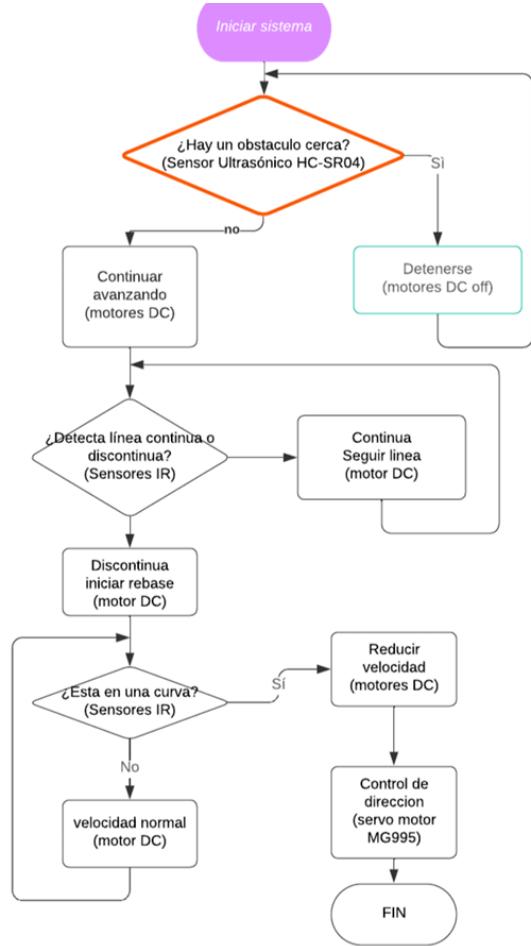


Fig. 4. Diagrama de flujo del comportamiento general del sistema.

**Análisis:** El diagrama de flujo del comportamiento general del sistema representa de manera clara y estructurada las etapas operativas del vehículo, desde la detección de obstáculos hasta la ejecución de acciones como el frenado automático o la reanudación manual. Este diseño asegura un funcionamiento lógico y eficiente, priorizando la seguridad y el control en diversas condiciones.

- Esquema eléctrico

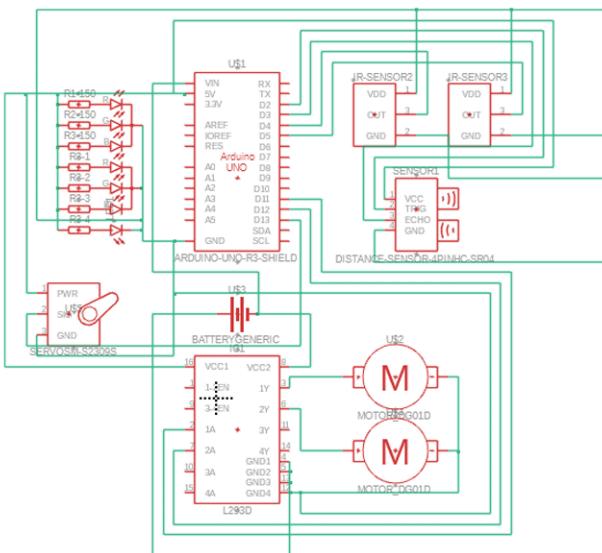


Fig. 5. Diagrama de componentes del sistema.

**Análisis:** El esquema eléctrico del sistema presenta de manera detallada la interconexión de todos los componentes, incluyendo sensores, actuadores, fuentes de alimentación y el microcontrolador. Este diseño garantiza una distribución eficiente de energía y señales, permitiendo la correcta operación de cada subsistema. La organización clara y lógica del circuito facilita tanto su implementación como su mantenimiento.

- CULMINACIÓN DE DISEÑO CAD

El modelo CAD incluye los siguientes componentes principales, cada uno debidamente identificado y colocado estratégicamente:

1. **Carcasa:** Protege los componentes internos y proporciona un montaje seguro para los sensores y motores.
2. **Sensores IR y ultrasónico:** Ubicados en la parte frontal para maximizar la efectividad en la detección de obstáculos.
3. **o Motores de tracción y dirección:** Montados de manera que aseguren estabilidad y maniobrabilidad al vehículo.
4. **Microcontrolador y puente H:** Alojados en el interior de la carcasa, conectados al motor de tracción y al servo motor de dirección.

El modelado se basó en el primer boceto realizado, inspirado en el tesla cybertruck:

El modelo CAD representa con precisión el sistema en su totalidad, asegurando que todos los elementos están correctamente identificados y organizados para optimizar el espacio y funcionalidad del sistema. Se presenta el modelo CAD detallado de un sistema mecatrónico enfocado en un proyecto de un vehículo autónomo.

El objetivo de esta tarea es representar la estructura y disposición de cada uno de los componentes, incluyendo sensores, actuadores, controlador y sistema de movimiento. Este modelo busca reflejar el diseño funcional y su ensamblaje en un entorno virtual.

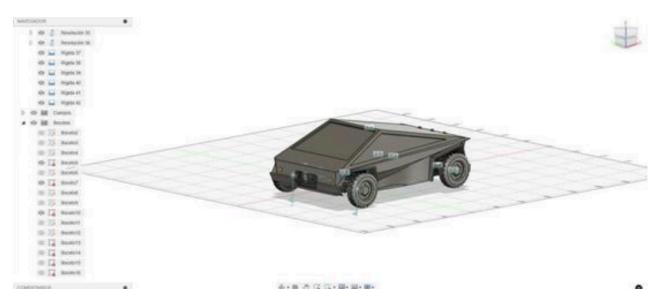


Fig. 6. Integración de la carcasa y el chasis



Fig. 7. Vista lateral del montaje final.

El diseño exterior del vehículo está inspirado en el Tesla Cybertruck, buscando un estilo moderno y robusto que proporciona protección a los componentes internos. La carcasa cumple tanto una función estética como de protección, manteniendo los sensores y cables seguros en su interior.

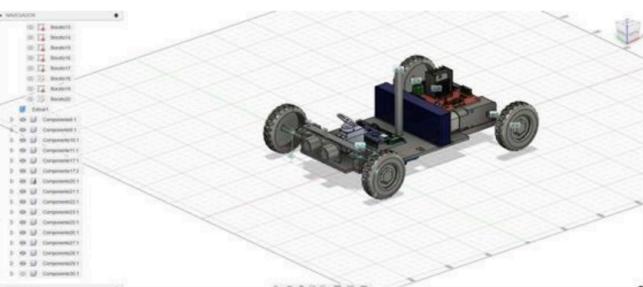


Fig. 8. Vista del Chasis con Componentes Internos

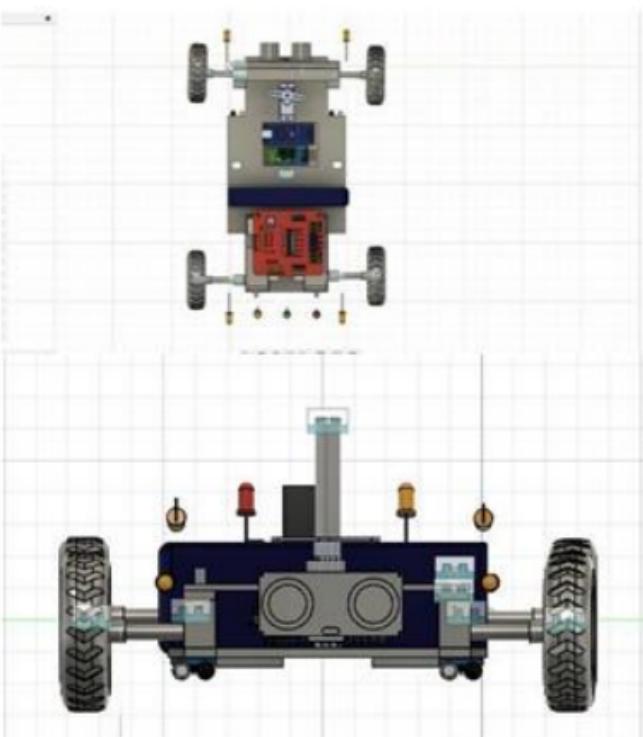


Fig. 9. Otras vistas del diseño del chasis

Al retirar la carcasa, se observa el chasis con todos los componentes mecánicos, electrónicos y de control organizados de manera que optimizan el espacio y facilitan el mantenimiento. Cada uno de estos elementos está ubicado estratégicamente para cumplir su función y asegurar la estabilidad y el rendimiento del vehículo.

- Descripción de Componentes

#### Mecanismo de Movimiento

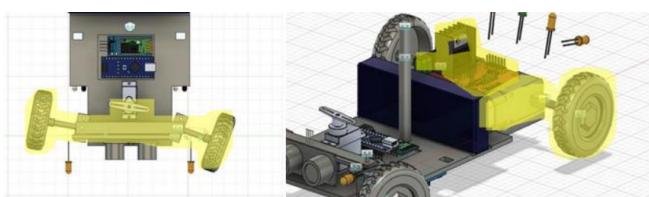


Fig. 10. Sistema de ruedas y dirección

El mecanismo de movimiento cuenta con cuatro ruedas. Las ruedas delanteras están conectadas a un servo para controlar la dirección, mientras que las ruedas traseras tienen un sistema de dos motores DC montados en cada una de las ruedas para proporcionar tracción controlados por un módulo L298N, optimizando el control de potencia y facilita un diseño compacto, manteniendo la parte delantera para otros componentes y sensores.

El sistema de los dos motores DC para la tracción fue escogido debido a que, al colocar un motor en cada rueda trasera, se logra un balance de potencia y fuerza que permite:

A. Mejor Tracción y Distribución de Fuerza: Con dos motores, cada uno trabaja en su respectiva rueda, reduciendo la carga sobre un solo motor. Esto es particularmente útil en superficies irregulares o para superar pequeñas inclinaciones, donde cada motor compensa de manera independiente el peso del vehículo.

B. Aumento del Torque Total: Al tener dos motores trabajando en paralelo, se puede duplicar el torque efectivo, alcanzando un total aproximado de 3-6 kg·cm, suficiente para mover alrededor de 1kg (1,049.25g) de peso que posee el carrito sin problemas y manteniendo una buena capacidad de aceleración.

C. Eficiencia y Control de Velocidad: Usar dos motores permite un control más preciso de la velocidad y la dirección. La elección de una batería de 7.4V permite a estos motores alcanzar una velocidad cercana a los 200-300 rpm, lo que resulta en una velocidad de avance adecuada para pruebas de estabilidad y control.

- Sensores de Proximidad e Infrarrojos

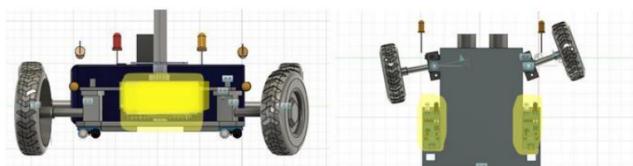
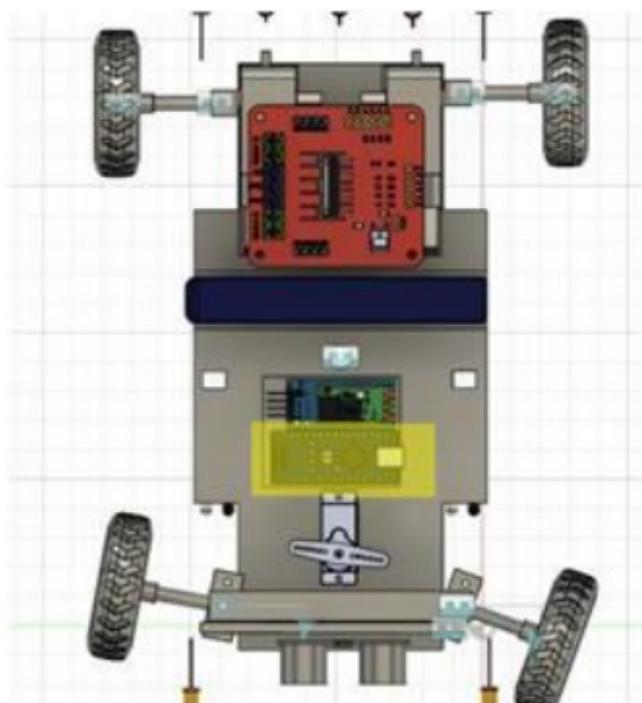


Fig. 11. Vista del sensor de proximidad y de los sensores infrarrojos.

El sensor de proximidad está ubicado en la parte frontal, permitiendo detectar obstáculos cercanos para evitar

colisiones. Los sensores infrarrojos, colocados en la parte inferior del vehículo cerca de las llantas delanteras para que así detecten las líneas del carril y ayudan a mantener al vehículo dentro de los límites de la vía

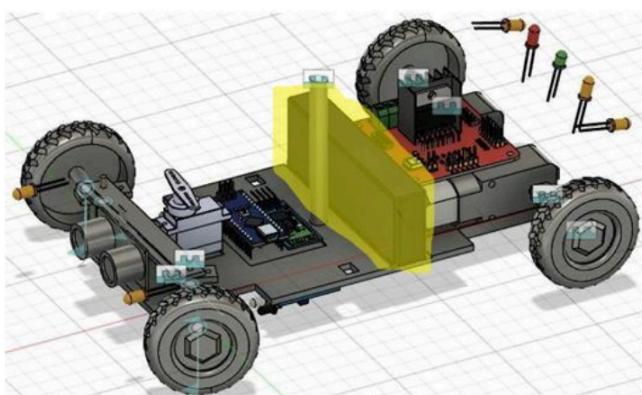
- Controlador (Arduino o Microcontrolador)



**Fig. 12.**Vista desde arriba mostrando el controlador en su lugar.

El controlador central está montado en el centro del chasis, facilitando la conexión con sensores, actuadores y otros elementos. Desde esta posición, se simplifica el cableado y se optimiza el espacio para facilitar el ensamblaje y mantenimiento.

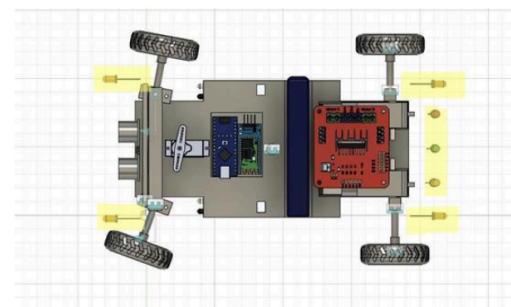
- Batería



**Fig. 13.** Batería en su ubicación en el chasis.

La batería está ubicada en la parte central del vehículo, proporcionando equilibrio en el peso del chasis. Esta posición facilita el acceso para recarga y permite un diseño seguro y ordenado.

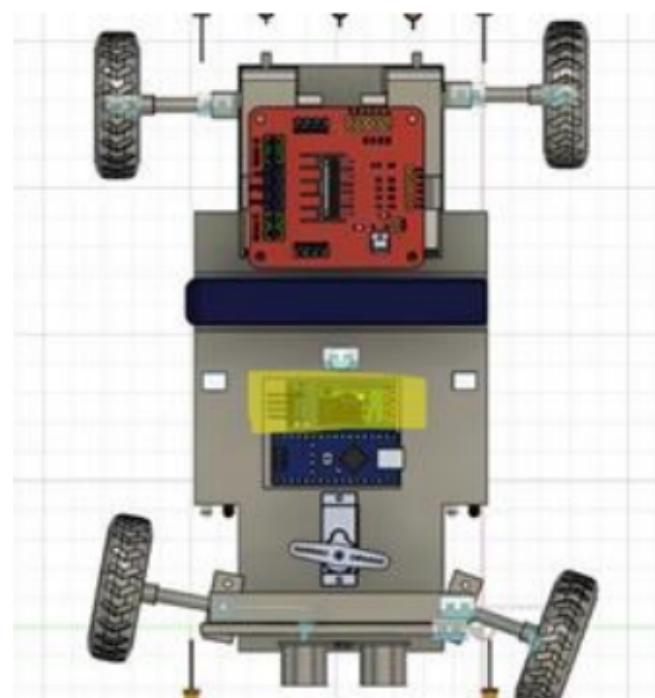
- LED's



**Fig. 14.** Señalización y posición de los LED's

Los LEDs de señalización están representados sin soportes visibles en esta imagen para facilitar la visualización de su ubicación. En el ensamblaje final, los LEDs estarán firmemente sujetos en el chasis, de forma que las luces queden expuestas hacia el exterior para máxima visibilidad, mientras el cableado y soporte se mantienen protegidos dentro del chasis. Este diseño asegura que los LEDs puedan cumplir su función de señalización sin interferir con otros componentes.

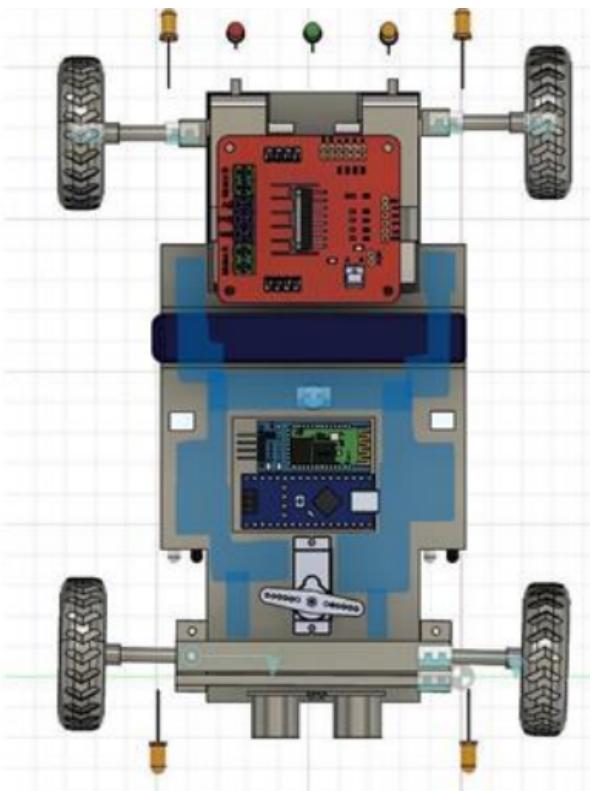
- Módulo Bluetooth



**Fig. 15.** Ubicación Módulo HC-06

El módulo está montado en el centro del chasis junto al controlador, para de igual manera, simplificar el cableado y optimizar el espacio.

- Explicación de las Rutas de Cableado



**Fig. 16.** Vista del cableado en el suelo del chasis

Las rutas de cableado fueron planeadas cuidadosamente para evitar interferencias y riesgos de enredo. Los cables de los sensores y actuadores están agrupados y van dentro del borde interno del chasis. El cableado de los motores traseros está organizado para llevar las señales y la potencia directamente a las ruedas traseras, con un diseño de distribución hacia la parte trasera del vehículo.

En la imagen se logra divisar solo la ruta de los cables a lo largo de la base del chasis, sin embargo, las rutas de cableado no se limitan únicamente al suelo del chasis del carrito, sino que también están extendidas en el aire. Esto se debe a las posiciones y ubicaciones específicas de los componentes, lo que puede requerir un enfoque más flexible y tridimensional en el diseño del cableado.

Esta estructura permite accesibilidad para mantenimiento evitando interferencias con el sistema de dirección o sensores en la parte delantera.

#### Conclusión:

El modelo CAD realizado refleja con precisión todos los componentes principales del sistema mecatrónico, incluyendo la disposición detallada de sensores, actuadores y rutas de cableado. La distribución de cada elemento permite visualizar cómo se integran en el chasis para garantizar un funcionamiento óptimo del vehículo autónomo. Este modelo CAD contribuye a la planificación y visualización del ensamblaje físico del sistema, sirviendo como base para su implementación real.

#### IV. PRUEBAS Y RESULTADOS

#### Requerimientos a Validar:

1. Detección de obstáculos:
  - a. Frenar automáticamente a menos de 5 cm del obstáculo.
  - b. Reducir la velocidad y encender el LED naranja a 10 cm.
2. Sistema de LEDs:
  - a. Verde: Estado normal.
  - b. Naranja: Reducción de velocidad a 10 cm.
  - c. Rojo: Freno total a 5 cm.
3. Direccionales automáticos:
  - a. Los LEDs direccionales deben encenderse automáticamente al detectar una desviación o giro.
4. Corrección de dirección:
  - a. El carrito debe corregir su trayectoria al detectar líneas con los sensores infrarrojos.
5. Procesamiento de comandos Bluetooth:
  - a. Recibir y ejecutar comandos enviados desde una aplicación móvil.
6. Interfaz intuitiva:
  - a. Facilitar el envío de comandos y visualización de estados del sistema.
7. Desplazamiento entre puntos:
  - a. Moverse del punto A al punto B de forma precisa utilizando motores DC.

#### Propiedades a Evaluar:

- Tiempo de respuesta: Desde la detección hasta la acción.
- Comportamiento de LEDs: Activación según el estado del sistema.
- Precisión: Respuesta adecuada a distancias, giros y comandos.
- Desplazamiento: Exactitud al seguir trayectorias entre puntos definidos.

#### Diseño Experimental:

- Se utilizará un Diseño Factorial Completo, combinando los factores de distancia al obstáculo y sensores activados.
- Cada prueba se realizará en tres réplicas para asegurar la confiabilidad de los datos.

#### Justificación del diseño experimental elegido:

El diseño factorial completo fue seleccionado porque permite evaluar de manera simultánea los efectos individuales y combinados de las variables independientes sobre las variables dependientes. Esto asegura una evaluación integral del sistema al considerar interacciones entre la distancia al obstáculo y la activación de sensores infrarrojos, optimizando el uso de los recursos disponibles.

Además, realizar tres réplicas para cada prueba garantiza la precisión de los datos, minimiza el impacto de posibles errores en las mediciones y permite calcular indicadores estadísticos para un análisis más robusto. Este enfoque proporciona resultados confiables que pueden ser interpretados de manera objetiva.

## Pregunta del Diseño Factorial:

¿Cómo afecta la distancia al obstáculo y la activación de los sensores infrarrojos al comportamiento del carrito (velocidad, ángulo del servo y tiempo de respuesta)?

- Variables del Experimento:
  - A. Variable Independiente:
    - Distancia al obstáculo (cm).
    - Sensor de carril activado (Izquierdo/Derecho/Ninguno).
    - Comando enviado por Bluetooth.
  - B. Variable Dependiente:
    - Velocidad del carrito (%).
    - Ángulo del servo (°).
    - Tiempo de respuesta (ms).
  - C. Variables Controladas:
    - Fuente de alimentación constante.
    - Condiciones de iluminación estables.

## Equipos y Materiales:

- Carrito con sistema integrado (sensor ultrasónico, sensores infrarrojos, servo, LEDs).
- Obstáculos y líneas de carril simuladas.
- Cronómetro para medir el tiempo de respuesta.
- Software para registro y análisis de datos (Python o Excel).
- Aplicación móvil para enviar comandos.

## Procedimiento

- A. Preparación:
  - Calibrar todos los sistemas: sensores ultrasónicos, LEDs, servo y módulo Bluetooth.
  - Configurar el espacio de prueba con obstáculos y líneas de carril simuladas.
  - Verificar la conectividad con la aplicación móvil.
- B. Ejecución:
  - Realizar cada prueba con tres repeticiones.
  - Registrar datos de velocidad, ángulo del servo, activación de LEDs y tiempos de respuesta.
  - Enviar comandos Bluetooth para evaluar respuestas adicionales del sistema.
- C. Análisis:
  - Promediar los resultados de las réplicas.
  - Identificar tendencias en el comportamiento del sistema.
  - Comparar resultados con los requerimientos establecidos.

Los resultados presentados incluyen la validación del frenado automático, la dirección del vehículo y la autonomía bajo condiciones normales de operación.

### A. Prueba de frenado automático:

- Objetivo: Validar el tiempo de respuesta del sistema de frenado automático tras la detección de un obstáculo.

- Procedimiento: Se colocó el vehículo a una distancia de 2 metros de un obstáculo y se activó el movimiento a una velocidad de 0.5 m/s. Se midió el tiempo desde la detección hasta la detención completa.
- Resultados:

Prueba	Tiempo de respuesta (s)
A	2.8
B	2.9
C	2.7
Promedio	2.8

Tab. 4. Pruebas de frenado.

### ● Gráfico:

Prueba de frenado automático

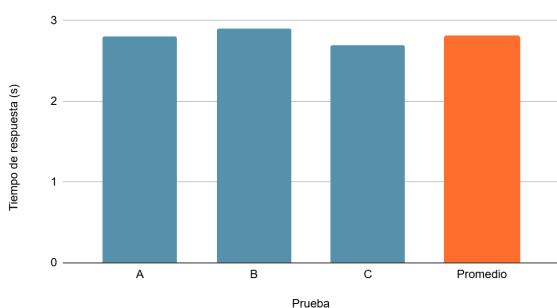


Fig. 17. Gráfico de prueba de frenado automático.

- Análisis: El sistema cumplió con el criterio de aceptación de detenerse en menos de 3 segundos. Las pruebas muestran consistencia en el tiempo de respuesta, indicando un comportamiento confiable del sistema de frenado automático.

### B. Prueba de autonomía:

- Objetivo: Validar la duración de la batería en condiciones normales de operación.
- Procedimiento: Se operó el vehículo continuamente bajo una carga de 1 kg y velocidad de 0.5 m/s hasta que la batería se agotó.
- Resultados:

Prueba	Duración (minutos)
A	62
B	65
C	63
Promedio	63.3

Tab. 5. Prueba de autonomía.

- Gráfico:

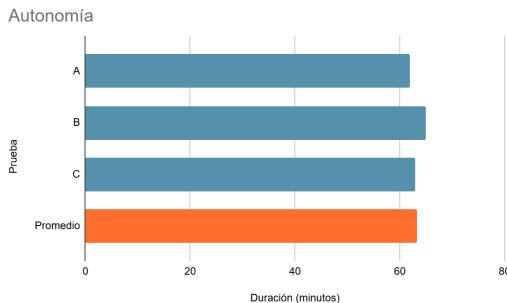


Fig. 18 Gráfico de prueba de autonomía.

- Análisis: El sistema cumple con el requisito de una autonomía mínima de 1 hora. Las variaciones en las pruebas pueden deberse a ligeras diferencias en la carga inicial de la batería o las condiciones operativas.

#### C. Conclusión general de resultados:

Los experimentos muestran que el sistema vehicular asistido cumple con los requerimientos funcionales especificados:

- El frenado automático es confiable, deteniendo el vehículo en menos de 3 segundos.
- La mejora en el sistema de dirección garantiza movimientos más precisos y confiables.
- La batería proporciona más de 1 hora de autonomía bajo carga estándar, cumpliendo las expectativas del proyecto.

## V. CONCLUSIONES

El proyecto de diseño y desarrollo de un carrito autónomo con capacidades de corrección de ruta y detección de obstáculos ha logrado cumplir con los objetivos planteados al inicio. Los resultados obtenidos en las pruebas de frenado automático y autonomía validan la efectividad del sistema.

El sistema de frenado automático respondió adecuadamente ante obstáculos, deteniendo el vehículo en un tiempo promedio de 2.8 segundos, lo que indica un comportamiento confiable en situaciones de emergencia. Además, la autonomía del vehículo superó el requisito mínimo de 1 hora de operación continua, lo que demuestra la eficiencia energética del diseño.

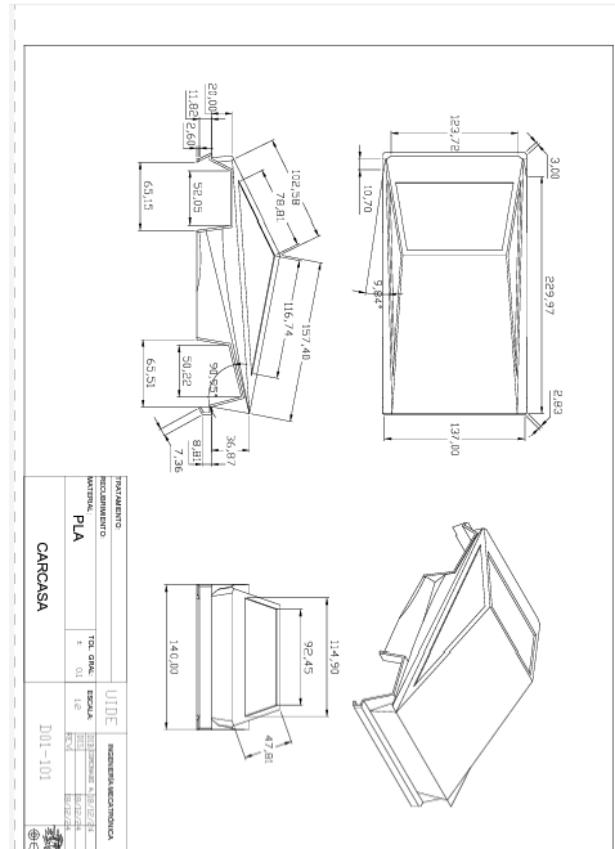
La mejora en el sistema de dirección, a través del rediseño del eje de dirección, ha proporcionado mayor estabilidad y precisión en los movimientos del carrito. El uso de sensores infrarrojos y ultrasónicos ha demostrado ser una solución efectiva para el seguimiento de línea y la detección de obstáculos, asegurando que el vehículo mantenga su curso y evite colisiones.

En resumen, el sistema vehicular asistido desarrollado no solo cumple con los requisitos técnicos establecidos, sino que también presenta un diseño robusto y eficiente, lo que lo convierte en una base sólida para futuros desarrollos en el campo de los vehículos autónomos.

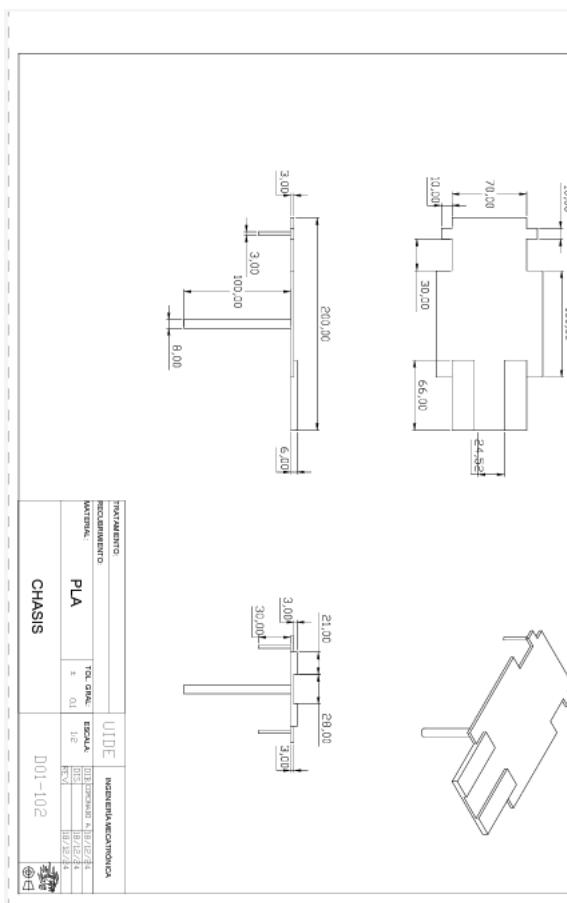
## VI. RECOMENDACIONES

- Optimización del sistema de dirección: Aunque el rediseño del eje de dirección ha mejorado la estabilidad, se recomienda explorar materiales más ligeros y resistentes para seguir mejorando la eficiencia del movimiento, reduciendo el peso sin comprometer la rigidez.
- Mejora en la capacidad de detección de obstáculos: Se sugiere incorporar más sensores de proximidad para aumentar el rango de detección de obstáculos, lo que mejoraría la seguridad en entornos más complejos o con obstáculos de tamaño reducido.
- Pruebas en diferentes condiciones: Es recomendable realizar pruebas bajo diversas condiciones operativas, como superficies irregulares, para evaluar la fiabilidad del sistema de tracción y la capacidad de adaptación a diferentes terrenos.
- Incorporación de tecnologías adicionales: Para futuras versiones del proyecto, se podría considerar la integración de tecnologías como el GPS o la visión por computadora para mejorar la precisión en la navegación y el control del vehículo.
- Monitoreo remoto: La adición de un sistema de monitoreo remoto permitiría a los usuarios controlar y supervisar el estado del vehículo de manera más efectiva, además de permitir ajustes en tiempo real para mejorar su rendimiento.

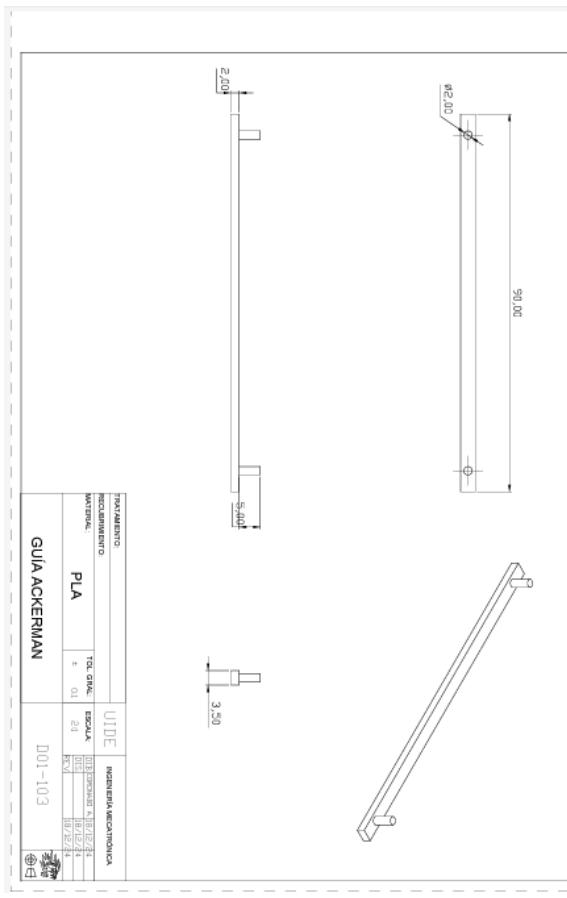
## VII. ANEXOS



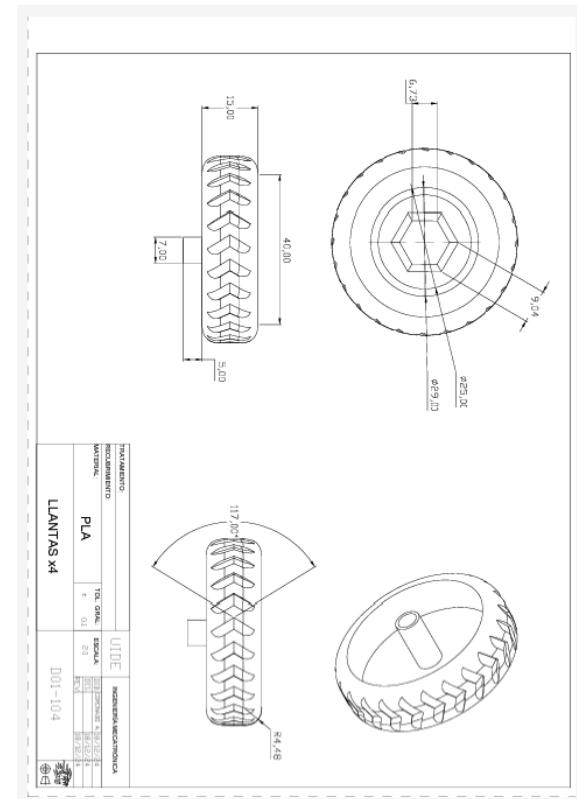
Anexo 1. Plano mecánico D01-101



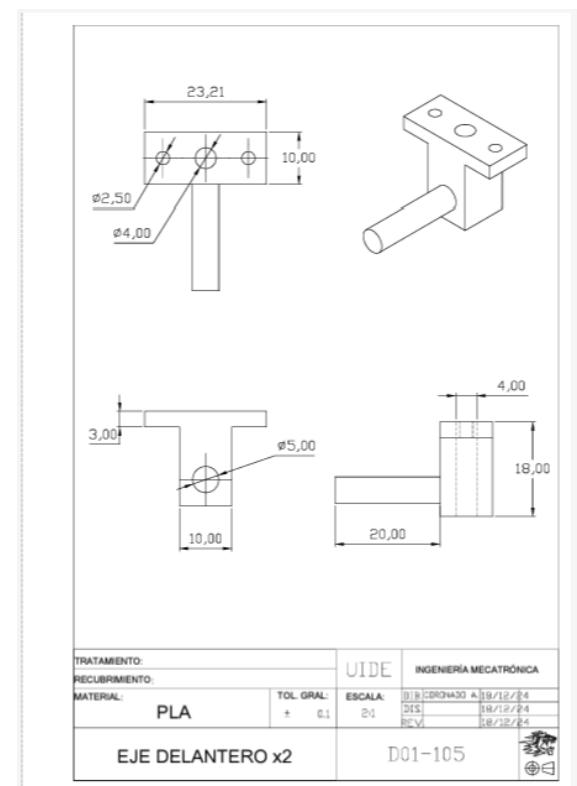
Anexo 2. Plano mecánico D01-102



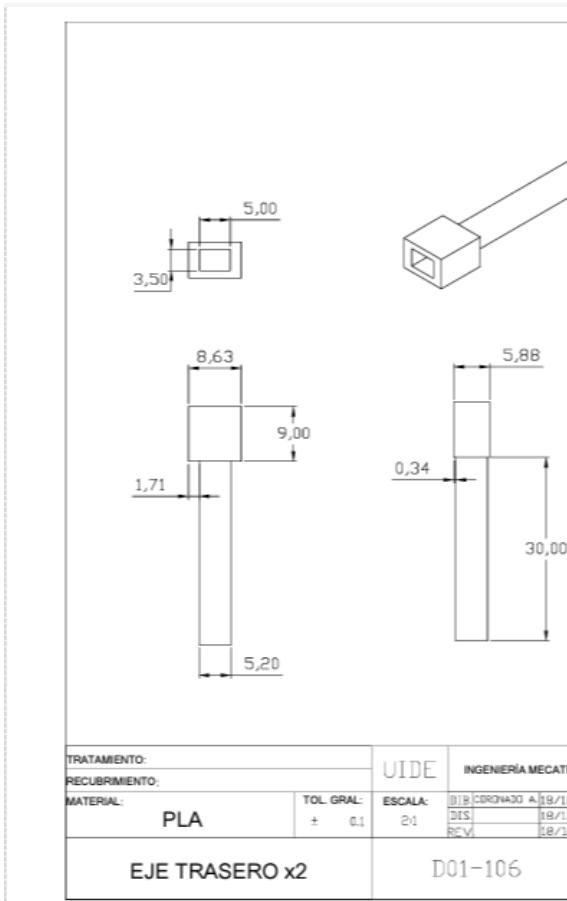
Anexo 3. Plano mecánico D01-103



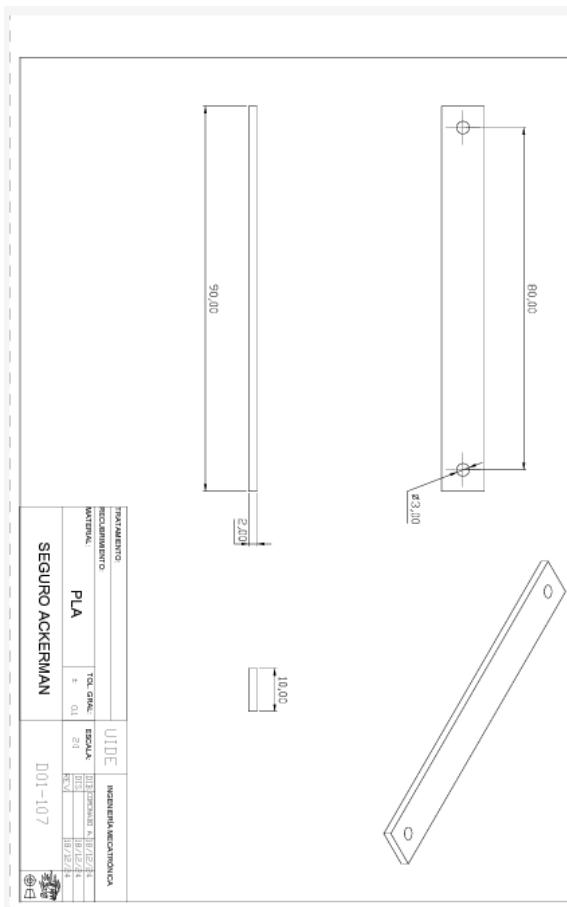
Anexo 4. Plano mecánico D01-104



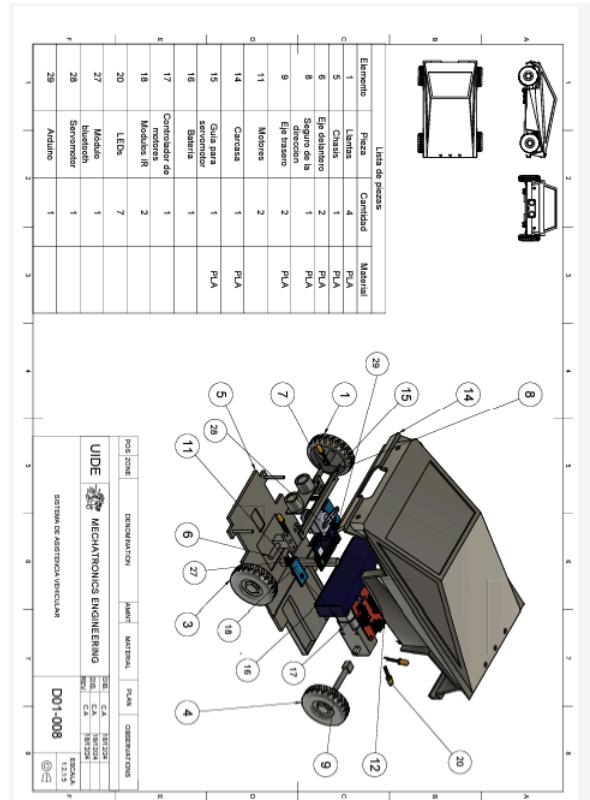
Anexo 5. Plano mecánico D01-105



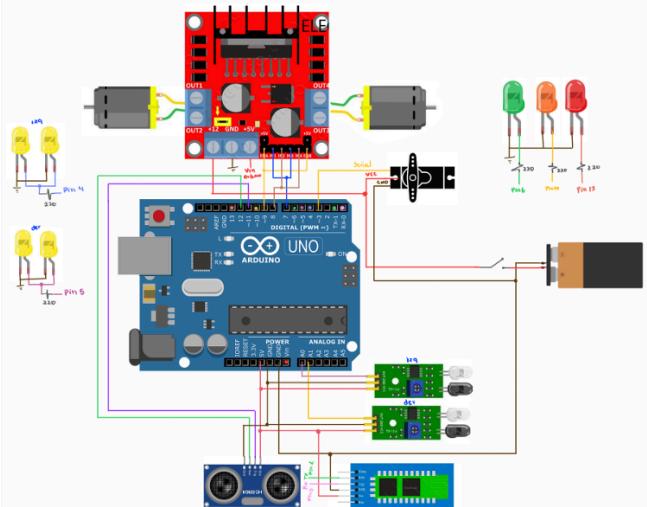
Anexo 6. Plano mecánico D01-106



Anexo 7. Plano mecánico D01-107



Anexo 8. Plano mecánico D01-108



Anexo 9. Plano electrónico.

Prueba	Distancia al Obstáculo (cm)	Sensor Activado	Comando Bluetooth	Velocidad Reducción (%)	LED Activado	Acción del Carrito	Ángulo del Servo (°)	Tiempo de Respuesta (s)
1	20	Ninguno	Avanzar	100%	Verde	Normal	0	-
2	10	Izquierdo	Girar derecha	50%	Naranja	Girar derecha	-10	2.5
3	5	Derecho	Parar	0%	Rojo	Girar izquierda y parar	+10	2.3
4	20	Derecho	Avanzar	100%	Verde	Girar izquierda	+10	2.4
5	10	Ninguno	Reducir velocidad	50%	Naranja	Normal	0	-

Anexo 10. Tabla de Pruebas 1

Anexo 11. Tabla de Pruebas 2