



# **Diseño Y Construcción De Un Carro Eléctrico Operado A Control Remoto Para El Transporte De Carga**

**MIGUEL ANGEL DE ORO MONTES**  
**HARRY LUIS TOLOSA RIVERA**

Universidad Antonio Nariño  
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica  
Ciudad, Colombia  
2020



# **Diseño y Construcción de un Carro Eléctrico Operado a Control Remoto Para el Transporte de Carga**

**MIGUEL ANGEL DE ORO MONTES  
HARRY LUIS TOLOSA RIVERA**

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Ingeniero electromecánico**

Director (a):  
Ingeniero Bashir Yacub

Línea de Investigación:  
Línea de diseño

Universidad Antonio Nariño  
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica  
Ciudad, Colombia  
2020



## *Dedicatoria*

*Este trabajo de grado lo dedicamos a Dios por la bendición que nos brinda.*

*A nuestras familias por ser el motor que nos impulsa a conseguir nuestras metas y ser la inspiración para dar termino a esta maravillosa carrera.*

*A nuestros amigos y compañeros de universidad que estuvieron a lo largo que esta maravillosa carrera.*

*Miguel Angel de Oro Montes, Harry Luis Tolosa Rivera*



# Agradecimientos

Agradecemos a Dios por la vida, por todas las bendiciones que nos da, por sostenernos en los momentos de debilidad y creer que siempre podemos dar más.

Gracias a nuestros padres por inculcarnos que siempre debemos alcanzar nuestros sueños, por creer en nosotros y ser fuente de inspiración y superación para lograr cada meta propuesta.

A nuestros hermanos por el apoyo incondicional, por la voz de aliento y ser partícipe de nuestros sueños.

A nuestros amigos por la confianza brindada, por los consejos y experiencias vividas.

A nuestros profesores por su esfuerzo y dedicación para llevar a nuestras aulas los valiosos conocimientos que hoy hacen parte fundamental de nuestra vida profesional y personal.

A la universidad Antonio Nariño por abrir sus puertas a nosotros y brindarnos enseñanza en nuestra carrera, por ser formadores de nosotros tanto profesional como personalmente, por las enseñanzas tanto éticas como en valores que son fundamentales para hoy ser lo que somos.





## Resumen

En la actualidad el uso de combustibles fósiles tiene un gran impacto ambiental, estos combustibles son altamente contaminantes y dejan una gran huella de dióxido de carbono, el sector de transportes de carga pesada es uno de los sectores en donde más huella de carbono se deja. En este sentido, diseñamos y construimos un carro eléctrico a control remoto para el transporte de carga, como proyecto alternativo a los combustibles fósiles, además, con la finalidad de que pueda ser usado para transportar cargas medianamente pesadas para el ser humano. Este proyecto puede ser usado para el desplazamiento de cargas de 50 a 70 kg, dentro de lugares confinados o de riesgo para la salud humana, como ambientes inapropiados para el sector industrial o en ambientes de riesgo biológico o por catástrofes naturales.

Poniendo en práctica los conocimientos adquiridos en nuestra vida laboral, y en la facultad de ingeniería electromecánica de la Universidad Antonio Nariño, diseñamos y construimos un carro eléctrico operado a control remoto con una plataforma que se usará para el transporte de cargas en un rango de 50 a 70 kg. la planeación, y ejecución del presente proyecto como una solución práctica a la cargar de materiales, evitando problemas físicos a los operarios, ahorrando tiempo, además es un vehículo a control remoto fácil de maniobrar.

**Palabras clave: CARRO ELÉCTRICO, CONTROL REMOTO, CONTROL DE VELOCIDAD, MOTOR ELÉCTRICO.**

## **Abstract**

Today the use of fossil fuels has a great environmental impact, these fuels are highly polluting and leave a large footprint of carbon dioxide, the heavy-duty transport sector is one of the sectors where the most carbon footprint is left. In this sense, we design and build a remote-controlled electric tank for the transport of cargo, as an alternative project to fossil fuels, in addition, in order that it can be used to transport medium-heavy loads for humans. This project can be used for the displacement of loads from 50 to 70 kg, within confined or human health-risk locations, as environments unsuitable for the industrial sector or in environments of biological risk or natural disasters. Putting into practice the knowledge acquired in our working life, and in the faculty of electromechanical engineering of the Universidad Antonio Nariño, we designed and built a remotely operated electric cart with a platform that will be used for transporting to charge in a range of 50 to 70 kg, The planning and execution of this project as a practical solution to the loading of materials, avoiding physical problems to operators, saving time, besides it is a vehicle is a remote control vehicle easy to maneuver.

**Keywords: ELECTRIC CAR, REMOTE CONTROL, SPEED CONTROL, ELECTRIC MOTOR.**

# Contenido

	Pág.
<b>Resumen</b> .....	<b>IX</b>
<b>Lista de figuras</b> .....	<b>XIII</b>
<b>Lista de tablas</b> .....	<b>XV</b>
<b>Lista de Símbolos y abreviaturas</b> .....	<b>XVI</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>XVI</b>
<b>1. Marco teórico</b> .....	<b>5</b>
1.1 Plataforma móvil eléctrica .....	5
1.2 Carrocería y chasis .....	6
1.2.1 Carrocería .....	6
1.2.2 Chasis .....	8
1.2.3 Transmisión de movimiento .....	8
1.2.4 Sistema de freno .....	9
1.3 Motor eléctrico .....	9
1.3.1 Motores CC .....	10
1.4 Batería .....	11
1.4.1 Capacidad de almacenamiento de una batería .....	13
1.4.2 Dimensionamiento de la batería .....	13
1.4.3 Baterías AGM .....	14
1.4.4 Sistema de carga de baterías .....	15
1.5 Modulo receptor de radio frecuencia .....	15
1.6 Marco legal .....	17
<b>2. Ingeniería del proyecto</b> .....	<b>19</b>
2.1 Diseño de la carrocería .....	19
2.1.1 Dibujo gráfico del vehículo .....	19
2.2 Determinación de cargas .....	23
2.2.1 Torque requerido .....	25
2.2.2 Selección del motor .....	28
2.2.3 Velocidad del vehículo .....	29
2.3 Materiales de carrocería y chasis .....	30
2.3.1 Chasis .....	30
2.3.2 Materiales de construcción del vehículo .....	32
2.4 Dimensionamiento la alimentación eléctrica del carro .....	33
2.4.1 Cálculo de la potencia requerida .....	33

2.4.2	Dimensionamiento de la batería .....	34
2.4.3	Dimensionamiento del cargador de batería y controlador de carga .....	35
2.4.4	Protecciones .....	36
2.5	Tarjeta receptora y control remoto .....	37
2.5.1	Descripción del control remoto .....	37
2.6	Modos de operación .....	40
2.7	Resultados y pruebas .....	40
2.7.1	Resultado final.....	40
2.7.2	Pruebas.....	42
<b>3.</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>46</b>
3.1	Conclusiones .....	46
3.2	Recomendaciones .....	47
<b>A.</b>	<b>Anexo: código de programación del control remoto .....</b>	<b>48</b>
<b>B.</b>	<b>Anexo: manual de operación .....</b>	<b>50</b>
<b>C.</b>	<b>Anexo: descripción de la operación del control remoto .....</b>	<b>52</b>
<b>D.</b>	<b>Anexo: Posibles fallas .....</b>	<b>55</b>
<b>E.</b>	<b>Anexo: Manual de mantenimiento .....</b>	<b>56</b>
<b>F.</b>	<b>Anexo: registro fotográfico .....</b>	<b>58</b>
<b>G.</b>	<b>Anexo: esquemas eléctricos.....</b>	<b>61</b>
	<b>Bibliografía .....</b>	<b>70</b>

## Lista de figuras

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1-1:</b> carro plataforma .....	6
<b>Figura 1-2:</b> diseño de bastidor de un go kart son software cad .....	7
<b>Figura 1-3:</b> sistema de transmisión piñón cadena.....	8
<b>Figura 1-4:</b> composición básica de un motor de CC .....	10
<b>Figura 1-5:</b> partes de un motor de CC .....	11
<b>Figura 1-6:</b> partes de una batería .....	12
<b>Figura 1-7:</b> composición de una batería AGM de la marca Varta.....	14
<b>Figura 1-8:</b> esquema simplificado de un cargador de baterías por puente de diodos.....	15
<b>Figura 1-9:</b> módulos RF .....	16
<b>Figura 1-10:</b> Módulo Relé SRA RF Programable de 12 Canales 70 Metros.....	17
<b>Figura 2-1:</b> diseño de chasis, vista superior.....	20
<b>Figura 2-2:</b> chasis, vista inferior .....	20
<b>Figura 2-3:</b> partes y dimensiones en vista lateral izquierda de la carrocería. ....	21
<b>Figura 2-4:</b> dimensiones en vista lateral derecha.....	22
<b>Figura 2-5:</b> diseño final del vehículo con acabados, vista lateral.....	22
<b>Figura 2-6:</b> diseño final, vista lateral .....	23
<b>Figura 2-7:</b> modulador de señal.....	38
<b>Figura 2-8:</b> modo de la señal portadora .....	38
<b>Figura 2-9:</b> tarjeta de control remoto.....	39
<b>Figura 2-10:</b> vista frontal del vehículo terminado de acuerdo con el diseño. ....	40
<b>Figura 2-11:</b> vista lateral del vehículo terminado.....	41
<b>Figura 2-12:</b> vista lateral del vehículo terminado.....	42
<b>Figura 2-13:</b> desempeño de batería con diferentes tipos de carga .....	44
<b>Figura 2-14:</b> desempeño de la batería. ....	45
<b>Figura 3-1:</b> tarjeta receptora con 12 relés .....	58
<b>Figura 3-2:</b> fusilera .....	59
<b>Figura 3-3:</b> controlador de carga de la batería.....	59

<b>Figura 3-4:</b> relé del motor principal a la derecha y relés del motor de dirección a la izquierda.....	60
<b>Figura 3-5:</b> Esquema eléctrico general.....	61
<b>Figura 3-6:</b> esquema del generador de tonos del control remoto.....	62
<b>Figura 3-7:</b> Esquema de la tarjeta electrónica del control remoto y relés.....	63
<b>Figura 3-8:</b> Esquema de la tarjeta electrónica del control remoto y relés.....	64
<b>Figura 3-9:</b> Esquema de la tarjeta electrónica del control remoto y relés.....	65
<b>Figura 3-10:</b> batería .....	67
<b>Figura 3-11:</b> Tarjeta receptora y control remoto .....	68
<b>Figura 3-12:</b> características de la tarjeta electrónica y control remoto .....	69

## Lista de tablas

	Pág.
<b>Tabla 2-1:</b> características del motor .....	28
<b>Tabla 2-2:</b> censo de cargas.....	34
<b>Tabla 2-3:</b> corrientes nominales de equipos a proteger.....	36
<b>Tabla 2-4:</b> desempeño del vehículo .....	43
<b>Tabla 2-5:</b> consumo de equipos sin incluir el motor principal .....	43
<b>Tabla 2-6:</b> desempeño de la batería .....	44
<b>Tabla 3-1:</b> parte del código de programación del control remoto.....	48
<b>Tabla 3-2:</b> manual de operación.....	50
<b>Tabla 3-3:</b> continuación.....	51
<b>Tabla 3-4:</b> descripción de los comandos del control remoto y su función en la tarjeta.....	52
<b>Tabla 3-5:</b> posibles fallas .....	55
<b>Tabla 3-6:</b> manual de mantenimiento .....	56
<b>Tabla 3-7:</b> continuación.....	57
<b>Tabla 3-8:</b> valores de la placa del motor principal .....	66

## Lista de Símbolos y abreviaturas

### Símbolos

Símbolo	Término	Unidad SI
A	Amperios	A
AGM	Absorbent Glas Mat	
Ah	Amperios-Hora	Ah
CA	Corriente Alterna	CA
CC	Corriente Continua	CC
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>
Cx	Coefficiente de penetración de aire	
g	gravedad	m/s <sup>2</sup>
I	Intensidad	A
Fem	Fuerza electromotriz	
fr	coeficiente de rozamiento	
Faer	fuerza de resistencia aerodinámica	N
Kg	Kilogramo	Kg
kW	Kilovatios	kW
kWh	Kilovatios-Hora	kWh
m	Metro(s)	m
mm	Milímetros	mm
mA	Miliamperios	mA
m/s	Metros por Segundos	m/s
mV	Milivoltio	mV
min	Minutos	min
MHz	Megahercio	MHz
N	Fuerza normal	N



---

Rad	Radianes	Rad
rad/s	Radianes por segundos	rad/s
RF	Radio frecuencia	RF
rpm	Revoluciones por minutos	r/min
s	Segundos	s
S	superficie frontal de vehículo	m <sup>2</sup>
P	Potencia	w
Pb	Potencia Batería	w
r	radio	m
w	Vatios	w
W	peso	N
$\omega$	Velocidad angular	rad/s
Wc	Peso de la carga	N
Wv	Peso del vehículo	N
w/kg	Vatios por kilogramos	w/kg
wh/kg	Vatios-Hora por kilogramos	wh/kg
V	Voltios	V
Vb	Voltaje Batería	V
EV	vehículo eléctrico	



# Introducción

A nivel mundial, el transporte representa una de las fuentes más grandes de contaminantes, el transporte tradicional emite alrededor de unas 8 giga toneladas de emisiones de carbono a la atmósfera anualmente, una cantidad que podría duplicarse para 2040 lo cual podría acelerar el cambio climático [1]. En este sentido se ve en la necesidad de optar por nuevas tecnologías y medios de transportes limpios que vayan de la mano con la capa de ozono.

Para esto el sector de transporte tiene que incluir vehículos con fuentes alternativas de energía, que sean limpias y renovables como los vehículos eléctricos, según [2] el sector del transporte requiere una gran reducción de emisiones contaminantes de CO<sub>2</sub> y una gran reducción del uso de los combustibles fósiles como el petróleo. Lo que obliga a la industria automotriz, a los gobernantes e investigadores a pensar en los vehículos eléctricos.

Los vehículos eléctricos ya son una realidad en el mundo, se van de a poco implementando nuevas formas de movilidad eléctrica.

En Colombia los gobernantes de las principales ciudades especialmente Bogotá, y Medellín están implementando diferentes estrategias para disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub>, en su gran mayoría producto de la combustión de los de vehículos de carga que usan el Diésel que es un combustible con gran poder de contaminación. Entre las principales se encuentran los días sin carro particular, estimulando a las personas que usen los sistemas de transporte como Transmilenio, que ha introducido buses eléctricos, y el mejor ejemplo es el de Medellín que utiliza el metro, metro cable, y tranvía que son sistemas netamente eléctricos, no generando CO<sub>2</sub>; Así mismo el gobierno está incentivando el uso de vehículos eléctricos particulares, como la ley n° 1964 que incentiva el uso de vehículos eléctricos en Colombia [3].

Sin duda, los vehículos eléctricos han ido ganando a nivel mundial y local una gran importancia para el mejoramiento de la calidad del aire e ir sustituyendo en gran parte a los combustibles tradicionales que gran daño le causan a la capa de ozono. Sin embargo, la baja densidad energética, el largo tiempo de recargas y el alto costo de las partes de un vehículo eléctrico como las baterías, son obstáculos de peso para la aceptación en masa por los consumidores [4], una de las más grandes desventajas de los vehículos eléctricos son el costo de sus elementos, la capacidad de sus baterías y el tiempo de carga de éstas. Por esto aún no se adoptan a gran escala la producción de vehículos eléctricos en el país.

Las estadísticas de Colombia en materia de movilidad eléctrica indican que la cantidad de vehículos eléctricos usados en el país es muy mínima en comparación con los vehículos que usan combustibles fósiles, Según [5] en el país se han comercializado apenas 3.167 vehículos, entre eléctricos (1.421), híbridos (1.120) e híbridos enchufables (626) desde el año 2011 a julio del 2019. Es notable que se necesita incluir más los vehículos eléctricos en la vida de los colombianos ya que se evidencia que en ciudades de nuestro país tienen deficiencias en la calidad del aire.

El transporte de carga pesada significa una de las mayores fuentes de contaminación a nivel mundial, es por esto que este proyecto lleva como fin diseñar y construir un prototipo de carro eléctrico a escala y a control remoto para transportar cargas medianamente pesadas para el hombre, o ser usado para llevar cargas a espacios de difícil acceso por los riesgos que esto conlleva. Usar vehículos eléctricos para el transporte de carga no es algo nuevo, la compañía de transporte de paquetes y correos FedEx, ha incorporado desde hace un tiempo, dentro de sus rutas de transportes camiones de carga pesada que son totalmente eléctricos, en 2010 usó por primera vez 4 camiones totalmente eléctricos para el transporte de mercancías en estados unidos [6]. De esta forma se adoptan nuevas estrategias para mitigar el impacto ambiental y contribuir con el mejoramiento de la calidad del aire.

Este proyecto tiene como objetivo principal Diseñar y construir un carro eléctrico operado a control remoto con una plataforma que se usará para el transporte de cargas. Para conseguir ese objetivo principal se plantearon los siguientes 5 objetivos: (I) Diseñar a través de un software CAD, la estructura mecánica del vehículo, plataforma de carga, ubicación del motor, compartimiento de batería, sistema de ruedas y dirección. (II)

Construir la estructura del carro, de acuerdo con el diseño. (III) Desarrollar un sistema de control electrónico de velocidad y de dirección. (IV) Implementar el sistema de control de potencia para el motor de propulsión eléctrica e inversión de giro. (V) Implementar un sistema de control de operación remoto del vehículo.

Se busca con este proyecto que los estudiantes de la Universidad Antonio Nariño tengan un prototipo a escala de un carro eléctrico para que puedan estudiar su funcionamiento, partes y mantenimiento, para que ellos puedan realizar este tipo de vehículos en un futuro con un alcance mayor. Los nuevos ingenieros deben tener conocimientos acerca de este tipo de autos, su principio de funcionamiento, sus principales partes, mantenimiento y conocer de primera mano cómo trabajan. Es por esto por lo que este proyecto será para que la comunidad UAN tenga un apoyo didáctico de lo que es un auto eléctrico para el transporte de carga operado a control remoto.

Este proyecto además podrá usarse a nivel industrial para transportar equipos o materiales medianamente pesados con un peso recomendable de 50 a 70 kg, ya que el ser humano no puede levantar este tipo de pesos es de gran utilidad contar con este tipo de herramientas que ayudan a realizar las operaciones de los trabajadores de manera eficiente y sin poder en riesgo la salud de su cuerpo, el peso recomendable para levantar por un ser humano es de 25 kg en cargas continuas y de 40 kg en cargas esporádicas [7], con el prototipo se pueden transportar hasta 70 kg en cargas.

Incluir el uso del control remoto en nuestro prototipo da una facilidad para operar la maquina a distancia ya que este vehículo se puede desempeñar en ambientes pesados para el trabajo del ser humano, el control remoto se considera como un medio de operar las máquinas de forma segura en entornos altamente peligrosos, el control remoto también ayuda a mejorar la usabilidad general de la máquina, lo cual es un razón para emplear el control remoto en tareas de trabajo normal [8].

Este proyecto se encuentra constituido por 6 capítulos, los cuales son la introducción, marco teórico, diseño ingenieril, conclusiones y recomendaciones, anexos y bibliografía.



# 1. Marco teórico

En este capítulo se detallan las teorías y conceptos usados en los que se basa la realización del proyecto, estas teorías son válidas para realizar el diseño y construcción del carro eléctrico de carga operado a control remoto.

## 1.1 Plataforma móvil eléctrica

Una plataforma móvil eléctrica a control remoto es un maquina capaz de transportar cargas pesadas mediante la propulsión de un motor eléctrico que transforma la energía eléctrica en energía mecánica, que es comandado por un sistema de tarjetas electrónicas que reciben ordenes de un control remoto, este vehículo puede ser llevado a diferentes lugares, ya sea lugares de difícil acceso o cualquier tipo de desplazamiento que requiera el transporte de un tipo de material pesado. Este tipo de plataformas se asemejan a la composición básica de un carro eléctrico, tienen en común sus principales elementos de funcionamiento, motor, fuente de alimentación, tarjetas electrónicas de control de potencia, puertos de carga de batería y sistema de control remoto.

Una plataforma de carga está compuesta por un motor de CC o AC, un sistema de alimentación externa o interna, un sistema de frenado y un sistema de control electrónico.

Para la construcción de una plataforma de carga eléctrica se puede usar el principio de funcionamiento de un vehículo eléctrico. En un vehículo eléctrico (EV) la electricidad de corriente continua (CC) alimenta un gran motor eléctrico, que a su vez impulsa el vehículo. La fuente de energía generalmente comprende una batería recargable en el vehículo [9].

**Figura 1-1:** carro plataforma



Fuente: tomado de [10]

En la figura se ve un carro plataforma básico, sin componentes eléctricos que es usado para mover carga pesadas de un lugar a otro.

Una plataforma móvil eléctrica de carga debe contar con una estructura resistente para soportar las cargas pesadas, uno o más motores eléctricos destinados a impulsar el vehículo, un sistema de control electrónico de avance, retroceso y giro, un mando a control remoto para poder mover el vehículo en la posición deseada, un sistema de alimentación eléctrica interna o externa y un sistema de frenos. Cada uno de los componentes de un vehículo eléctrico a control remoto se describen a lo largo de este capítulo. Partiendo desde la estructura hasta el sistema de control remoto.

## **1.2 Carrocería y chasis**

### **1.2.1 Carrocería**

Para el diseño y construcción de un carro plataforma de carga, la carrocería es la encargada de soportar las fuerzas derivadas de una colisión, al mismo tiempo la carrocería se encarga de absorber la energía derivada de un choque.

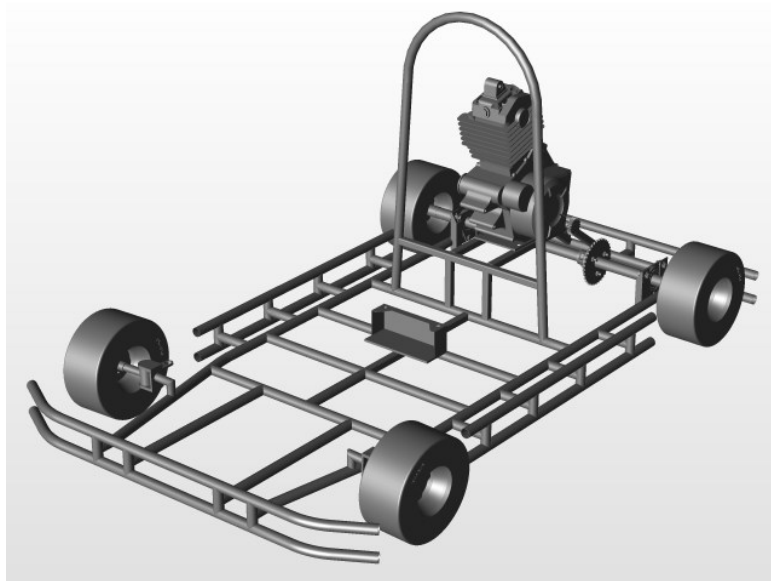


Las carrocerías se diseñan tomando como base una estructura resistente capaz de evitar las deformaciones que son productos de los esfuerzos mecánicos a los que es sometida.

Los esfuerzos estructurales a los que es sometida una carrocería son:

- Tracción: se presenta por las aceleraciones y frenadas del vehículo.
- Flexión: es provocada por cargas y partes mecánicas.
- Torsión: es provocado por el desplazamiento vertical de los ejes cuando es firme e irregular.
- Cizalladura: se da en impactos frontales y traseros sobre las ruedas [11].

**Figura 1-2:** diseño de bastidor de un go kart son software cad



Fuente: tomado de [12]

Para la construcción de la carrocería de un vehículo, se utilizan corrientemente láminas de acero de diferentes calidades, debido a que el acero tiene unas excelentes características mecánicas referentes a la rigidez, resistencia, fácil de mecanizar, conformación plástica, además es un material relativamente barato, para la construcción de una carrocería los espesores suelen oscilar entre 0.5 y 3 mm; sin embargo, la parte principal la componen laminas entre los 0.8 y 1 mm de espesor [11].

## 1.2.2 Chasis

El chasis en un vehículo tiene la misión de fijar los distintos elementos que forman el automóvil, como la dirección, frenos, suspensión, motor transmisión, carrocería, entre otros, lo que permite la relación entre ellos.

Debido a las constantes cargas que a las que están sometidos los automóviles, los chasis están sometidos a constantes deformaciones por la cantidad de esfuerzos a los que son sometidos por las diferentes partes del vehículo. Un buen chasis debe tener una gran resistencia a la tensión, a la flexión y capacidad de carga.

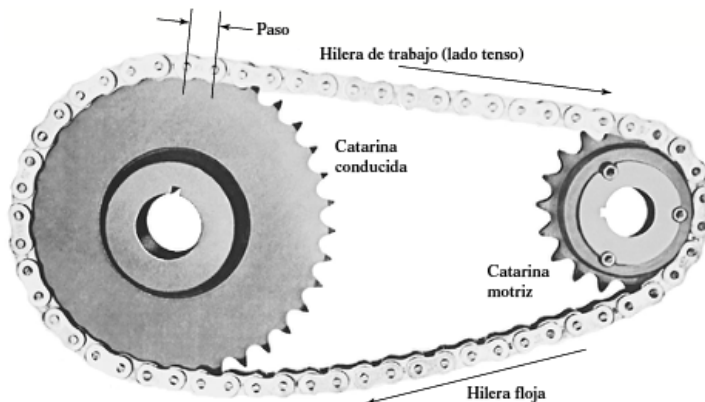
Para un vehículo todoterreno un chasis está formado por travesaños y largueros sobre los cuales se soporta el peso de los demás componentes del vehículo [13].

## 1.2.3 Transmisión de movimiento

Para la transmisión de velocidad del vehículo se utilizan sistemas de transmisión mecánicos de velocidad, transmisión por engranajes, sistemas de poleas y correas o sistemas piñón cadena. Este último sistema brinda buenas características de transmisión de potencia, al ser un sistema flexible soporta las cargas de potencia y tensión desde el piñón del motriz al piñón conducido.

Una cadena es un sistema de transmisión de potencia formado por una serie de eslabones unidos con pernos. Este diseño permite flexibilidad, y permite además que la cadena transmita grandes fuerzas de tensión entre piñones o catarinas [14].

**Figura 1-3:** sistema de transmisión piñón cadena



Fuente: tomado de [14]

Para calcular las velocidades que entrega el motor a su piñón motriz y la velocidad de salida en el piñón conducido se usa la relación de velocidad entre piñones según [14] se usa la relación de velocidades que es:

*Relación* =  $N2 / N1$ , que relaciona los números de dientes del piñón motriz y el piñón conducido para obtener la relación de transmisión.

También se emplea

*Relación* =  $n1 / n2$ , que relaciona las velocidades del piñón motriz y el piñón conducido.

Igualando las ecuaciones se tiene,

$$Relación = \frac{N2}{N1} = \frac{n2}{n1} \quad (1.1)$$

Con esta ecuación se puede hallar la relación de transmisión, se pueden encontrar el número de dientes de cada engranaje, así como las velocidades de salida.

#### **1.2.4 Sistema de freno**

En un vehículo eléctrico puede haber diferentes tipos de frenado, uno de ellos es el frenado por fricción, se basa en el poder del rozamiento para realizar su función. Ya sea entre una zapata y un tambor, entre una pastilla y un disco. Este sistema de frenado genera un tipo de calor y desgaste en cada uno de los elementos del sistema de frenado [15].

### **1.3 Motor eléctrico**

Un motor eléctrico es una máquina que transforma la energía eléctrica en energía mecánica gracias a la interacción de la corriente eléctrica que circula a través de sus bobinas las cuales crean un campo magnético que induce un movimiento en el rotor del motor.

Un campo magnético que se crea por la interacción de la corriente eléctrica en sus bobinas transforma la energía eléctrica en energía mecánica. Impulsan dispositivos tales como malacates, ventiladores, bombas y carros [16].

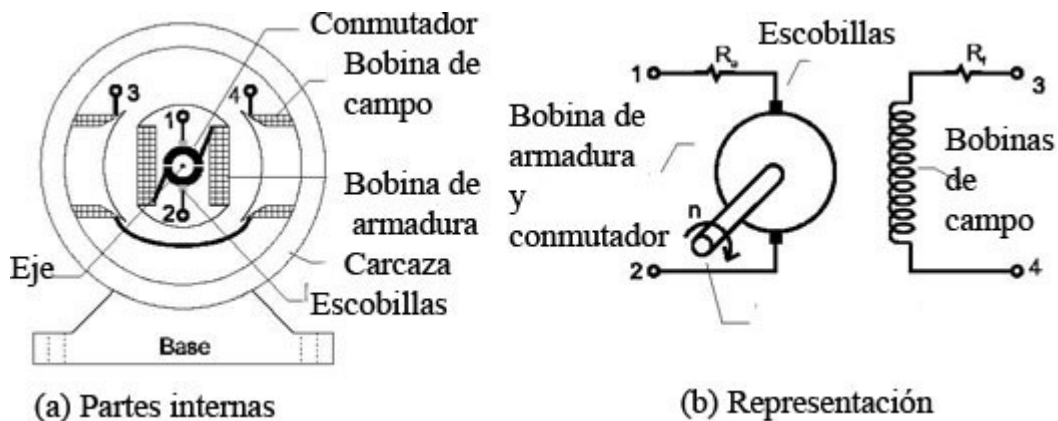
Los motores eléctricos, dependiendo de su construcción y fuente de alimentación pueden ser de corriente alterna AC y corriente continua CC.

### 1.3.1 Motores CC

Un motor de Corriente continua es alimentado por una fuente de corriente continua que proviene de baterías, paneles solares, rectificadores de voltaje, o cualquier tipo de generación de corriente continua.

Los motores CC crean un campo magnético uniforme mediante sus polos. Los conductores de la armadura se ven forzados a conducir por medio de la conexión a una fuente de energía de CC (suministro). El conmutador mantiene la misma dirección de la corriente en los conductores bajo cada polo [17]. La composición básica de un motor CC se puede observar en la figura 1-4.

**Figura 1-4:** composición básica de un motor de CC



Fuente: autores

Un motor de CC está compuesto principalmente por:

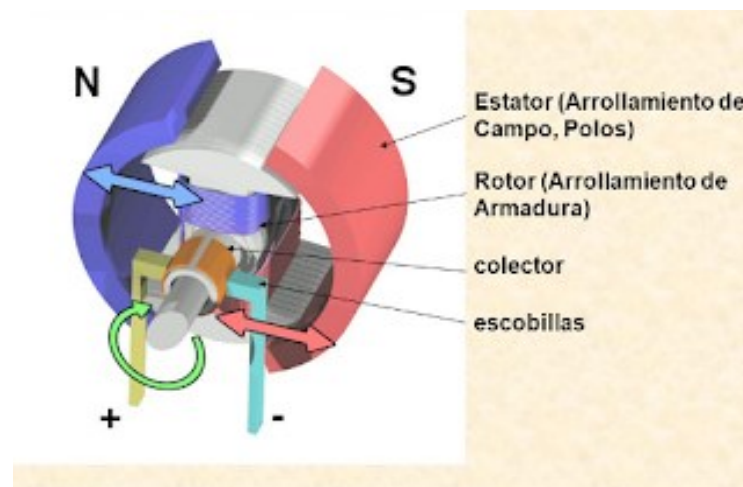
**Escobillas:** son encargadas de transmitir la corriente eléctrica desde la fuente de alimentación hasta el colector de delgas.

**Colector de delgas:** el colector de delgas es el encargado de transmitir la corriente desde las escobillas hasta cada una de las bobinas del motor.

**El estator:** es el encargado de la creación del campo magnético de excitación, recibe el nombre de inductor.

**El rotor:** es la parte móvil del motor el cual se mueve gracias al campo magnético, creado por las bobinas que tiene arrolladas en su núcleo de hierro y recibe el nombre de inducido.

**Figura 1-5:** partes de un motor de CC



Fuente: tomado de [18]

## 1.4 Batería

Una batería es un dispositivo que, mediante la interacción de sus componentes químicos, almacenan energía en forma química y la liberan en forma de energía eléctrica de forma controlada, una batería está compuesta por celdas que tienen un electrodo positivo y uno negativo, conformados por componentes químicos que van de acuerdo con el tipo de batería.

Las baterías convierten la energía química contenida en los materiales activos, en energía eléctrica por medio de reacciones electroquímicas de oxidación y reducción [19].

**Figura 1-6:** partes de una batería

Fuente: tomada de [20]

Las baterías crean una fuerza electromotriz (fem) por medios químicos, siempre y cuando dos conductores sólidos diferentes llamados electrodos, se sumerjan en un líquido conductor llamado electrolito. Tal combinación de producto químico que es resultante en la producción de una fem se le llama célula voltaica [21].

Las baterías son la principal fuente de alimentación de un EV, debido a ellas los carros eléctricos son tan eficientes y rentables.

Existen dos grupos principales de baterías según su posibilidad de recarga, las baterías primarias son aquellas que no admiten recarga eléctrica, por otro lado, están las baterías secundarias que sí admiten recarga eléctrica, gracias a su reversibilidad de las reacciones electroquímicas que las fundamentan [22].

Los acumuladores o baterías para el uso en vehículos eléctricos tienen parámetros de diseño que determinan qué tipo de batería usar. Los parámetros más importantes en una batería para EV son:

- **Densidad energética (wh/kg):** Es el suministro de energía por la batería por cada kg.
- **Potencia (W/kg):** Es la capacidad de proporcionar potencia en el proceso de descarga.

- **Eficiencia:** Es el rendimiento de la batería, la energía que realmente aprovecha. Medido en porcentaje.
- **Coste:** Es la mayor influencia en el precio total del vehículo.
- **Ciclo de vida:** Ciclos completos de carga y descarga que soporta la batería antes de ser sustituida. Cuantos más ciclos mejor.

### 1.4.1 Capacidad de almacenamiento de una batería

La capacidad de una batería o celda de batería se mide en vatios - hora (Wh) o kilovatios - hora (kWh), un vatio - hora, representa el equivalente a un vatio de energía eléctrica gastado en una hora. La capacidad de almacenamiento de una batería también se puede expresar en términos de la corriente suministrable durante el tiempo, en las unidades de amperios-hora (Ah). Y la potencia de la batería está determinada por la corriente en Ah por el voltaje de la batería. Una batería de 1000 Ah puede suministrar 100 A por 10 horas o 10 A por 100 h [9].

Un parámetro importante en el uso de las baterías, dependiendo del uso que se le dé, así mismo se puede reducir la vida útil de la batería es la profundidad de la descarga, por ejemplo, en las baterías de ácido-plomo para asegurar una vida media del 90% es recomendable que la profundidad de descarga por ciclos no supere el 80% de la capacidad de la batería, de otra manera la vida de la batería puede reducirse hasta en un 40% [23].

### 1.4.2 Dimensionamiento de la batería

Una batería debe ser capaz de brindar la capacidad energética requerida por el vehículo para realizar la tarea para la cual fue diseñado, el dimensionamiento de la batería va en función de la potencia de los motores y demás aparatos que consuman energía en el vehículo, también tiempo de uso de los elementos del vehículo y profundidad de descarga y el voltaje de la batería. La energía almacenada por una batería para cumplir con la demanda requerida es:

$$E_b = \frac{E}{V_b * p_d} = (A) \quad (1.2)$$

Donde,

$E_b$ : energía de la batería (A)

E: Energía requerida (Wh)

Vb: voltaje de la batería (V)

Pd: profundidad de descarga

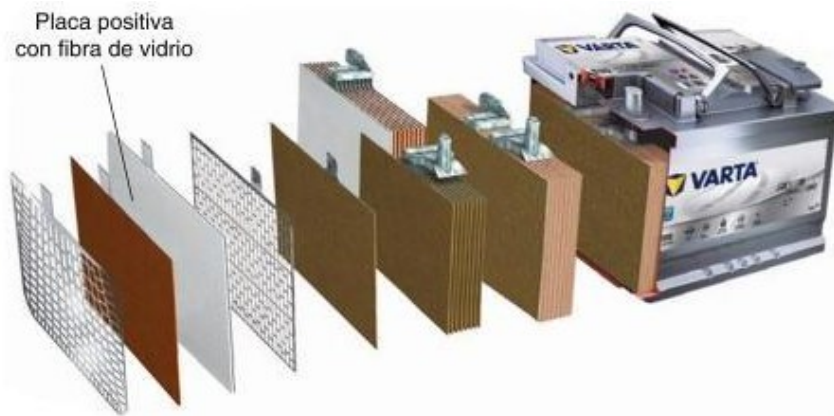
### 1.4.3 Baterías AGM

Las baterías de fibra de vidrio AGM (Absorbent Glas Mat) son baterías en las que el ácido sulfúrico va fijado en una malla de fibra de vidrio (AGM), tal como lo muestra la figura 1-7 donde se puede observar la composición de una batería AGM. La malla de fibra de vidrio es una malla con gran poder de absorción que está constituida con fibras de vidrio finas entrelazadas, lo cual absorbe toda la cantidad de ácido sulfhídrico [20].

Gracias a este sistema de fibra de vidrio que están sobre los electrodos, se produce una migración más rápida del ácido sulfhídrico, lo que produce una menor resistencia interna.

Las baterías AGM tienen un gran poder de absorción y entrega de la corriente eléctrica durante su proceso de carga y descarga, es por esto por lo que le da ventaja sobre otras baterías selladas.

**Figura 1-7:** composición de una batería AGM de la marca Varta



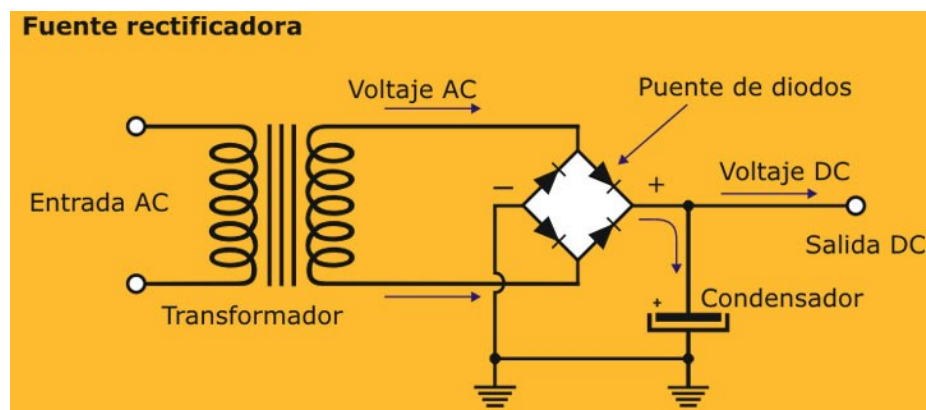
Fuente: tomado de [20]



### 1.4.4 Sistema de carga de baterías

Los vehículos eléctricos deben recargar sus baterías periódicamente. La carga consiste en un conector a cualquier enchufe doméstico, donde se producirá una carga con corriente alterna monofásica a 230V, 16 A y con aproximadamente 3 kW de potencia máxima. La corriente AC pasa por un rectificador de voltaje que convierte la alimentación de AC a CC, la corriente pasa por un puente de diodos que suministran en un solo sentido la corriente, el rectificador envía ciclos con voltajes mayores al de la batería lo que permite que esta se cargue. El tiempo de carga de la batería dependerá de la capacidad de la batería, en general puede tomar de 6 a 8 horas [20].

**Figura 1-8:** esquema simplificado de un cargador de baterías por puente de diodos



Fuente: tomado de [24]

### 1.5 Modulo receptor de radio frecuencia

Es una tarjeta que permite conmutar mando a distancia a los diferentes componentes electrónicos de potencia que posee, esta tarjeta consta de un sistema de relés de potencia que actúan para el control o switcheo de cargas de potencia.

Este tipo de módulos incorporan receptores de radiofrecuencia RF de 315 y 433.92 MHz. La frecuencia puede ser ajustable y consumen poca corriente. Este módulo trabaja con modulación ASK (Amplitud Shift Keying, modulación por desplazamiento de amplitud).

**Figura 1-9:** módulos RF

Fuente: tomado de [25].

En la imagen se observan un módulo receptor XY-RF 5V en la izquierda y un módulo emisor XY-FST en la derecha.

La velocidad de estos módulos es baja 4 KB/s por la baja frecuencia de la onda portadora, por lo cual son frecuencias de libre uso. La distancia puede cubrir entre 50 y 200 metros dependiendo de la tensión de alimentación. Usan comunicaciones simplex (en un solo canal y unidireccional), este módulo permite enviar la información desde un control remoto a los relés de la tarjeta con base en esto se energiza o deja de recibir tensión el relé de potencia [25].

**Figura 1-10:** Módulo Relé SRA RF Programable de 12 Canales 70 Metros



Fuente: tomado de [26]

Este módulo usa un código programación Arduino. Está compuesto por 12 relés de potencia los cuales serán controlados remotamente por el módulo RF para dar potencia a los diferentes actuadores del carro de carga, cada relé comandará una función diferente, se pueden usar para dar marcha y retroceso del vehículo, dar mando a la dirección y freno y demás componentes que hacen parte del carro.

## 1.6 Marco legal

Para la realización del carro eléctrico para el transporte de cargas fue necesario revisar la parte legal y de seguridad descritas en las siguientes normas.

- Ley n° 1964. (11 de julio de 2019). por medio de la cual se promueve el uso de vehículos eléctricos en Colombia y se dictan otras disposiciones. Esta ley regula el uso de vehículos eléctricos en Colombia, estimula su uso y da incentivos por el uso de estos [3].
- Código eléctrico colombiano NTC 2050, en la sección 625 – equipos para sistemas de carga de vehículos eléctricos. En el código eléctrico colombiano se estipulan los

procedimientos y normas para los equipos de recarga de batería de vehículos eléctricos [27].

- Reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE capítulo 20, punto 20.7 cargadores de baterías para vehículos eléctricos [28].

## **2. Ingeniería del proyecto**

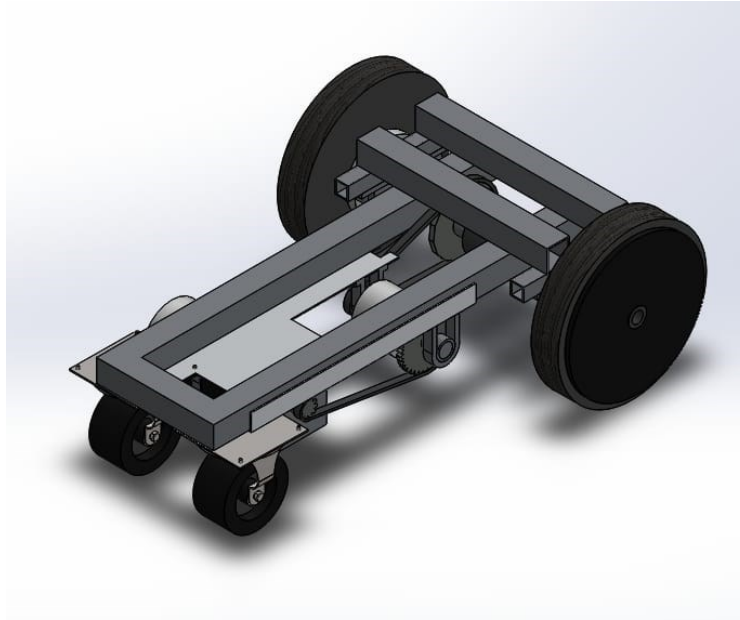
### **2.1 Diseño de la carrocería**

SOLIDWORKS, es una herramienta de diseño tridimensional completa que tiene un gran número de herramientas que se usan para el modelado de piezas, crear ensamblajes, planos, entre otros. SOLIDWORKS, es una herramienta necesaria para realizar el diseño de la estructura del vehículo [29].

Mediante el software SOLIDWORKS, se realizaron los diseños para el prototipo, el cual debía ser una plataforma rígida la cual debía soportar los esfuerzos y deformaciones mecánicas de las cargas pesadas que se quieren transportar. El diseño del prototipo fue inspirado en las plataformas móvil de cargas, las cuales son plataformas pequeñas, pero con gran capacidad de carga [29].

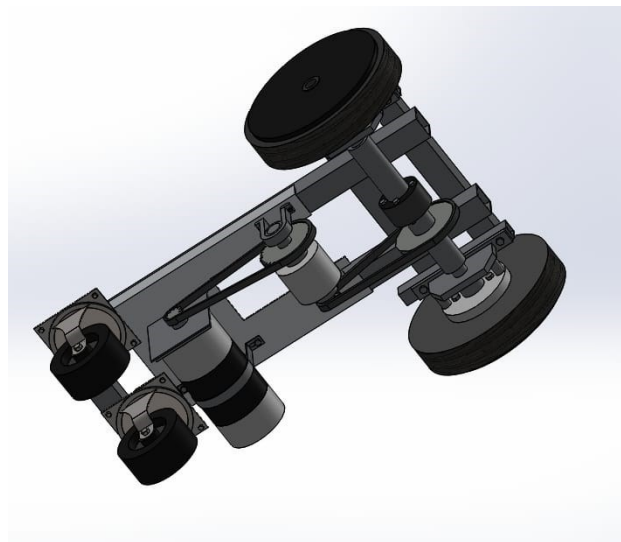
#### **2.1.1 Dibujo grafico del vehículo**

En las siguientes figuras se encuentran las características de diseño del vehículo, cada una de las vistas ilustra una parte importante de este proyecto.

**Figura 2-1:** diseño de chasis, vista superior

Fuente: autores

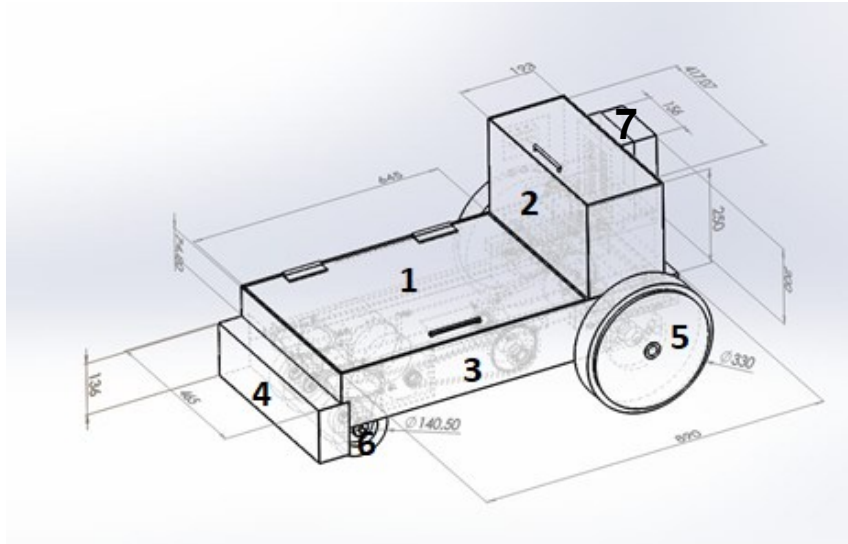
El sistema de tracción del vehículo consiste en un motor eléctrico CC, que transmite el movimiento por piñones y cadena, el primer sistema piñón – cadena llega hasta un sistema de engrane, luego el siguiente sistema de piñón - cadena va conectado al eje trasero donde están las ruedas más grandes, que son las que moverán el vehículo.

**Figura 2-2:** chasis, vista inferior

Fuente: autores

Para el diseño de la carrocería, se tuvo en cuenta el compartimiento del motor y sistema de transmisión, compartimiento de la batería y sistemas eléctricos de potencia. La carrocería debe ser firme y resistente para soportar el peso de las cargas que se depositen en el compartimiento de carga. En la figura 2-3, se encuentran detallados cada uno de los componentes principales del vehículo.

**Figura 2-3:** partes y dimensiones en vista lateral izquierda de la carrocería.



Fuente: autores

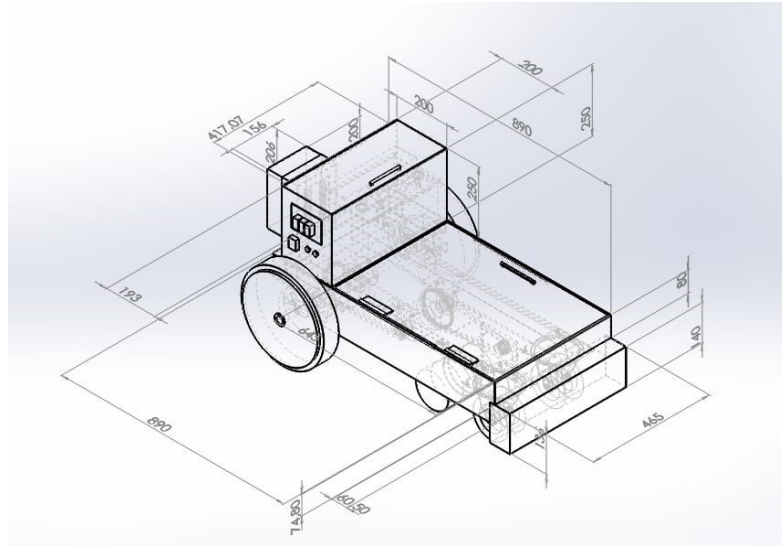
De acuerdo con la enumeración, se nombran las partes del prototipo:

- 1: plataforma de carga y compartimiento del motor.
- 2: compartimiento de la batería y sistemas eléctricos de potencia.
- 3: lamina de protección del motor y sistemas de transmisión.
- 4: defensa.
- 5: rueda trasera.
- 6: ruedas delanteras.
- 7: compartimiento de la tarjeta de control remoto

La plataforma de carga y el compartimiento de batería fueron diseñados con un sistema de bisagras las cuales sirven para realizar inspecciones de los equipos que están

depositados en estos elementos, la plataforma de carga se puede levantar para poder inspeccionar el motor y el sistema de transmisión.

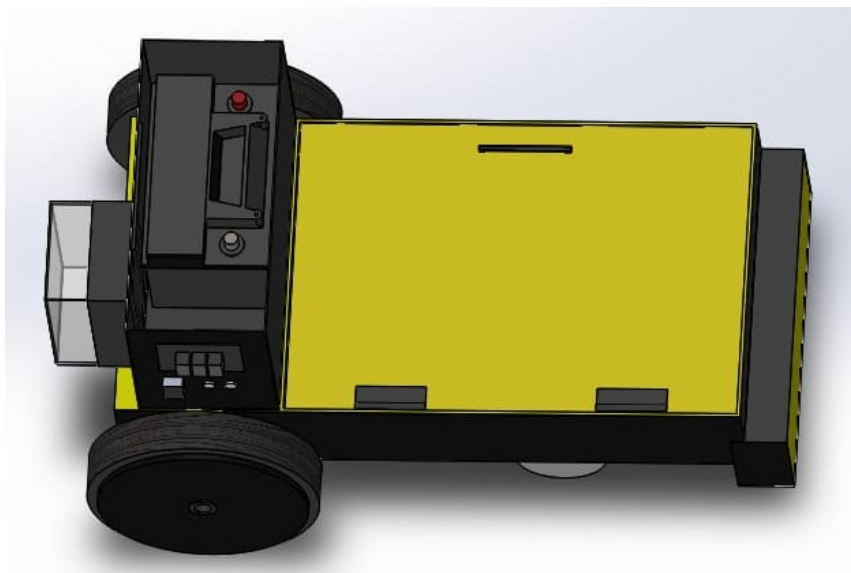
**Figura 2-4:** dimensiones en vista lateral derecha.



Fuente: autores

En la figura 2-5, se presenta el diseño final con acabados del vehículo, se tuvo en cuenta colores llamativos y resistentes al esfuerzo que será sometido el vehículo.

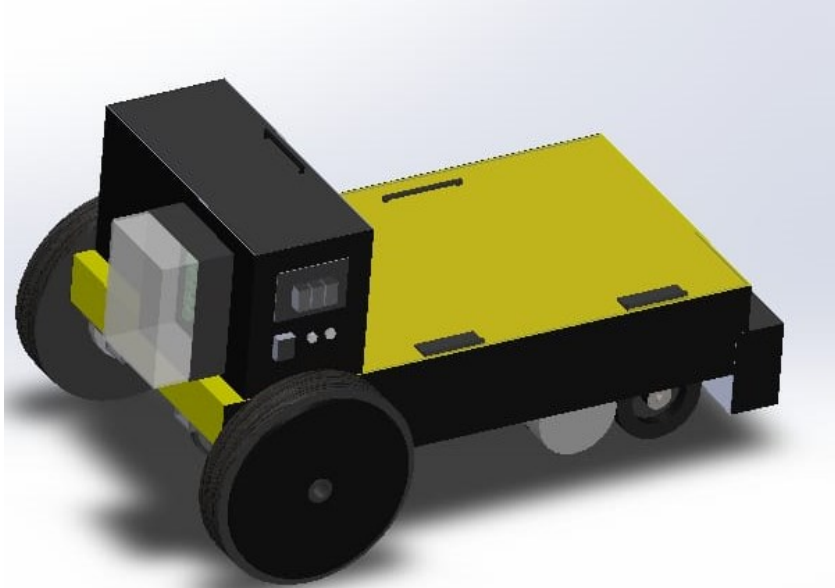
**Figura 2-5:** diseño final del vehículo con acabados, vista lateral





Fuente: autores

**Figura 2-6:** diseño final, vista lateral



Fuente: autores

## 2.2 Determinación de cargas

En un carro eléctrico para el transporte de cargas, las cargas que se entran a considerar son las cargas permanentes, ya que con éstas es posible hallar el par de torque necesario para la carga de diseño.

La carga de diseño para este vehículo es de 70kg y su velocidad de diseño 5km/h.

- Cargas permanentes  $G$ .

Para la determinación de las cargas del vehículo se toman coeficientes de seguridad ( $f_s$ ), que son multiplicados por cada una de las cargas para brindar seguridad y confiabilidad en el vehículo.

- Para las cargas permanentes tendrán un coeficiente de seguridad,  $f_s = 1.3$

**Pesos:**

Para el análisis de esfuerzos se deben incluir los pesos de los componentes del vehículo, así como la carga que este moverá, multiplicados por el coeficiente  $f_s = 1.3$ . los pesos se calculan multiplicando la masa por la gravedad.

$$W = m * g \quad (2.4)$$

Donde:

W: peso (N).

m: masa (kg).

g: gravedad ( $9.81\text{m/s}^2$ ).

Peso de la carga ( $W_c$ ): para una carga de diseño de 70kg

$$W_c = 70\text{kg} * \frac{9.8\text{m}}{\text{s}^2} = 686\text{N}$$

$$W_c = 686\text{N} * 1.3$$

$$W_c = 891.8\text{N}$$

Peso de componentes del chasis y sistemas que componen el vehículo. Se definirá el peso total del vehículo como  $W_v$ .

Batería = 17.2 kg

Motor principal = 7 kg

Motor de dirección = 5 kg

Chasis = 20.5 kg

Sistema de ruedas = 18 kg

Total = 67.7kg

$$W_v = 67.7\text{kg} * 9.8\text{m/s}^2$$

$$W_v = 663.46\text{N}$$

$$Wv = 663.46 N * 1.3$$

$$Wv = 862,498$$

### 2.2.1 Torque requerido

El par de torque requerido es aquel que se necesita para mantener el vehículo en movimiento, venciendo la resistencia del suelo con las ruedas y la resistencia del aire con el vehículo. Parara calcular el torque requerido se emplea la ecuación (2.5). el toque de rodadura es el toque mínimo para vencer tanto la resistencia del suelo, como la resistencia del aire, que son fuerzas que se oponen al desplazamiento del vehículo.

$$Trodadura = Tfricción + Taerodinámico \quad (2.5)$$

Donde,

Trodadura: torque de rodadura (N).

Tfricción: torque de fricción (N).

Taerodinámico: torque aerodinámico (N).

#### Par de fricción

La fuerza de fricción ( $F_{fricción}$ ) es una fuerza horizontal que se opone a la marcha del vehículo y que es debida a la resistencia a la rodadura que presentan las llantas del vehículo. Este vehículo usa llantas con recubrimiento de caucho que brinda una buena absorción de las vibraciones y con una resistencia suficiente para mover cargas de 70kg, puesto que el material no se deforma al usar este tipo de cargas.

$$Tfricción = Ffricción * r \quad (2.6)$$

$F_{fricción}$ : fuerza de fricción.

r: radio de la rueda (m)

#### Fuerza de fricción

$$Ffricción = N * fr \quad (2.7)$$

Donde,

N: fuerza normal (N).

fr: coeficiente de rozamiento.

### Fuerza normal

$$N = w \quad (2.8)$$

W: peso (N)

### Coeficiente de rozamiento

El coeficiente de rozamiento entre llantas y suelo se puede calcular como:

$$fr = (0,012 + 0,0003 * v) \quad (2.9)$$

0,012: coeficiente de rozamiento estático.

0,0003: coeficiente de rozamiento dinámico.

v: velocidad del vehículo, (1.388 m/s).

$$fr = 0,0124164$$

Uniendo las ecuaciones (2.6), (2.7), (2.8), (2.9), se procede a calcular el torque de fricción.

$$T_{fricción} = (w) (0,0124164) (r)$$

Datos:

W: peso del vehículo más la carga (862,498N + 891.8N).

r: 0.165

$$T_{fricción} = (862.498 N + 891.8 N) (0.0124164)(0.165m)$$

$$T_{fricción} = 3,59 Nm$$

### Par aerodinámico

El torque aerodinámico se crea por la acción de la fuerza de resistencia aerodinámica ( $F_{aer}$ ), esta fuerza se debe a la resistencia que ejerce el aire sobre la superficie del vehículo, esta fuerza se opone al avance del vehículo.

$$T_{aerodinámico} = F_{aer} * r \quad (2.10)$$

$F_{aer}$ : fuerza de resistencia aerodinámica (N).

$r$ : radio de la llanta (m).

$$F_{aer} = \frac{1}{2} * \rho * C_x * S * v^2 \quad (2.11)$$

$\rho$ : densidad del aire (1,293 Kg/m<sup>3</sup>).

$C_x$ : coeficiente de penetración de aire. En este caso (0,6).

$S$ : superficie frontal de vehículo (0,1023 m<sup>2</sup>).

$V$ : velocidad del vehículo (1.388m/s).

$$F_{aer} = 0,0764 \text{ N}$$

$$T_{aerodinámico} = F_{aer} * r$$

$$T_{aerodinámico} = 0.0764 \text{ N} * 0.165 \text{ m}$$

$$T_{aerodinámico} = 0,0126 \text{ Nm}$$

Entonces, el torque de rodadura es:

$$T_{rodadura} = T_{fricción} + T_{aerodinámico}$$

$$T_{rodadura} = 3.59 \text{ Nm} + 0.0126 \text{ Nm}$$

$$T_{rodadura} = 3,60 \text{ Nm}$$

El par de torque requerido por el vehículo es de 3.6 Nm

## 2.2.2 Selección del motor

Se ha optado por un motor de 250w con las siguientes características.

**Tabla 2-1:** características del motor

Tensión	12 V
Intensidad	34 A
Potencia	0.25 kW
Torque	19.9 Nm

Fuente: autores

### Relación de transmisión de potencia

Usando los datos de placa del motor se puede hallar la relación de velocidad que entrega el motor al piñón conducido. Usando la ecuación (1-1), se pueden hallar las relaciones de velocidad.

$$Relación = \frac{N2}{N1} = \frac{n2}{n1} \quad (1-1)$$

Se tienen los siguientes datos del sistema de transmisión de potencia:

N1= 13 dientes

N2= 38 dientes

n1= 120 rpm

n2= desconocido

eficiencia: 0.81

$$relación = \frac{N2}{N1} = \frac{n1}{n2}$$

$$relación = N2/N1$$

$$relación = 38/13 = 2.92$$

$$n2 = n1 * (N1/N2)$$

$$n2 = 120 \text{ rpm} * 0.342$$

$$n2 = 41.04$$

### Torque del motor

El motor cuenta con un torque de 19.9 Nm, pero se necesita calcular cuanta entrega al eje de las ruedas motrices. Para esto se multiplica el torque de motor por la relación de velocidad por la eficiencia del sistema de transmisión de potencia.

$$T_{eje} = T_{motor} * relación * eficiencia \quad (2.12)$$

$$T_{eje} = 19.9 \text{ Nm} * 2.92 * 0.81$$

$$T_{eje} = 47.06 \text{ Nm}$$

Éste es el torque de salida en el eje del motor. Ahora se comparan el torque requerido con el torque disponible.

$$T_{disponible} = 47.06 \text{ Nm}$$

$$T_{requerido} = 3.6 \text{ Nm}$$

Se observa entonces que el motor seleccionado cumple con los requisitos de diseño.

### 2.2.3 Velocidad del vehículo

Con los cálculos de relación, se puede hallar la velocidad del vehículo. Se toma la velocidad de rotación del eje motriz,  $n = 41.04 \text{ rpm}$ .

Ahora hay que realizar la conversión de la velocidad de rotación a metros por segundo, primero se debe pasar de rpm a velocidad angular ( $\omega$ ) y luego multiplicar por el diámetro de la rueda. Se hace la siguiente conversión:

$$\omega = rpm * (2\pi / 60s) = rad/s \quad (2.13)$$

Donde:

$\omega$ : velocidad angular (rad/s).

rpm: revoluciones por minuto ( $\text{min}^{-1}$ ).

$$\omega = 41.04 * (\pi / 60s) = 4.297 \text{ rad/s}$$

Luego se multiplican la velocidad angular por el diámetro de la rueda.

$$D = 0.33\text{m}$$

$$\text{Velocidad} = \omega * D \tag{2.13}$$

$$\text{Velocidad} = 4.297 * 0.33\text{m} = 1.41 \text{ m/s}$$

Velocidad = 1.41 m/s, teniendo la velocidad en m/s, pasamos esa velocidad a kilómetros por hora.

$$\text{Velocidad} = \frac{1.41 \text{ m}}{\text{s}} * \frac{\text{km}}{1000 \text{ m}} * \frac{3600\text{s}}{\text{h}} = 5.076 \text{ km/h}$$

Lo que nos da que la velocidad del vehículo es de 5.076 km/h, la cual cumple con la velocidad de diseño que es de 5 km/h.

## 2.3 Materiales de carrocería y chasis

### 2.3.1 Chasis

El chasis es el encargado de soportar los esfuerzos y deformaciones debidas a las cargas depositadas en el vehículo. El chasis de este vehículo se construyó con una carga de diseño de 1754N que es el equivalente a la carga que será depositada en la plataforma más el peso de los componentes del vehículo.

Para la construcción del chasis se usó tubo estructural cuadrado con dimensiones de 40mm de lado y un espesor de 30mm. El chasis debe soportar esfuerzos y deformaciones producidos por la carga de 1754N, para esto se realizan los cálculos para determinar las propiedades mecánicas del material.

#### Esfuerzo

$$\text{Esfuerzo} = F/A \tag{2-14}$$



Donde,

F: fuerza aplicada al chasis, en este caso el peso de 1754N.

A: área de la viga en  $m^2$ , en este caso el tubo cuadrado de 40 \* 40mm.

$$Esfuerzo = 1754 N / (0.04m)^2$$

$$Esfuerzo = 1,096,205 Nm$$

### Deformación unitaria

Para determinar la deformación unitaria ( $\delta$ ) se necesita saber el alargamiento del material.

Usando la ecuación del modulo de elasticidad se tiene que:

$$Y = F * L / A * \Delta L \quad (2-15)$$

Donde,

Y: es el módulo de Young, para el acero al carbono  $19.5 * 10^{10} N/m^2$

L: longitud de la viga.

A: área de la viga.

$\Delta L$ : alargamiento del material.

$$\Delta L = F * L / A * Y$$

$$\Delta L = 1,096,250 * 0.89m / (0.04m)^2 * 19.5 * 10^{10} N/m^2$$

$\Delta L = 5.61 * 10^{-6}$ , teniendo el alargamiento se procede a calcular la deformación unitaria.

$$\delta = \Delta L / L \quad (2-16)$$

$$\delta = 5.61 * 10^{-6} m / 0.89$$

### Módulo de Young

Ahora se determina el modulo de elasticidad que es producido por el peso del vehículo más la carga.

$$E = esfuerzo / deformación unitaria \quad (2-17)$$

$$E = 1,096,250 N/m^2 / 5.61 * 10^{-6}$$

$$E = 195,406.98 \text{ N/m}^2$$

### 2.3.2 Materiales de construcción del vehículo

- **Tubo estructural cuadrado.**

Este material es utilizado para realizar el chasis, puesto que brinda mucha resistencia y rigidez, además de que es fácil de maquinar y cortar de acuerdo con las dimensiones deseadas, es fabricado con acero al carbono con un modulo de elasticidad de  $19.5 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$ , suficiente para soportar las cargas y esfuerzos a los que será sometido el chasis del vehículo.

- **lamina de alfajor de aluminio de 1/8**

Esta lamina posee buenas propiedades mecánicas, es resistente a la corrosión y tiene mucha durabilidad, también es una lámina liviana, lo cual ayuda a disminuir el peso, por ser un a lamina corrugada, es usada en ambientes industriales y de seguridad, ya que evita que la superficie sea resbaladiza.

- **Lamina corrugada de acero alfajor A-569 de 1/8**

Fabricadas mediante laminación en caliente, grabadas en alto relieve en forma de lágrimas para hacerlas antideslizantes. La lámina de acero alfajor es una lámina altamente rígida y liviana, esta lamina es muy resistente y puede usarse para cubrir y proteger partes importantes del vehículo.

Propiedades Mecánicas:

Límite de Fluencia: 206 MPa

Resistencia a la Tracción: 365 MPa

Alargamiento: 25%

- **Ángulos de acero.**

Los ángulos de acero son materiales con alta resistencia, los cuales ayudan a dar rigidez, este material puede usarse para soportar las láminas corrugadas.

- **Soldadura 6011**

Electrodo con recubrimiento ligeramente más grueso, cualidad que brinda un arco sea más suave y con menor chisporroteo comparado con otros electrodos de este tipo.

Propiedades mecánicas del electrodo 6010

Esfuerzo de Fluencia (455N/mm<sup>2</sup>)

Resistencia a la Tracción. 590 N/mm<sup>2</sup> (84 ksi)

Alargamiento 27%.

- **Pintura**

Pintura epóxica verde para el recubrimiento del metal, este tipo de pintura se usa para proteger los metales de la humedad que puede crear corrosión.

Pintura de poliuretano amarillo y negro, esta pintura se usa para dar el acabado del vehículo de acuerdo con el diseño gráfico presentado en la figura 2-5, este tipo de pintura brindan una gran duración y es resistente a productos químicos y solventes.

## **2.4 Dimensionamiento la alimentación eléctrica del carro**

Para el dimensionamiento de la alimentación del carro se deben dimensionar la batería, cargador de baterías, controlador de carga y protecciones, con base a los datos de carga del vehículo.

### **2.4.1 Cálculo de la potencia requerida**

Se realiza un censo de carga, con base en las potencias y el tiempo de funcionamiento de cada uno de los equipos eléctricos del vehículo, se suman y el total, es la energía que se debe suministrar por la batería. En la tabla 1 se muestra el consumo en Wh que debe suministrar la batería.

**Tabla 2-2:** censo de cargas

<b>Censo de cargas</b>				
<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia en (W)</b>	<b>Tiempo de uso (h)</b>	<b>Total, de energía (Wh)</b>
Motor principal	1	250	1.5	375
Motor de la dirección	1	50	1.5	75
Motor de frenado	1	30	1	30
Total				480

Fuente: autores

Da un total de 480 Wh de energía más un 10% como factor de seguridad, da un total de 528 Wh

## 2.4.2 Dimensionamiento de la batería

Para el cálculo de la batería se usa la energía que se consumirá, relacionando el voltaje de alimentación y la profundidad de descarga de la batería.

Se usa la ecuación (2-18) para el cálculo de la batería

$$Eb = \frac{E}{vb*pd} = (Ah) \quad (2-18)$$

Donde,

Eb: energía de la batería (A)

E: Energía requerida (wh)

Vb: voltaje de la batería (V)

Pd: profundidad de descarga

Teniendo los siguientes datos:

Pm (potencia del motor): 528 Wh

$V_b: 12 \text{ V}$

$P_d: 0.8$

Entonces,

$$E_b = \frac{528 \text{ wh}}{12 \text{ V} * 0.8} = 55 \text{ Ah}$$

Se selecciona una batería de 12 V a 52 Ah, la cual puede trabajar bien para la carga del vehículo.

La potencia de la batería sería:

$$P_b = 12 \text{ V} * 55 \text{ Ah} = 660 \text{ w}$$

### **2.4.3 Dimensionamiento del cargador de batería y controlador de carga**

#### **Cargador de batería**

Para seleccionar el controlador de carga se tienen en cuenta el voltaje de la batería y la corriente de esta. De este modo se puede calcular la potencia de la batería.

Con la batería ya dimensionada con una potencia de 660 Wh. Se debe seleccionar un cargador con los parámetros de la batería, la tensión es el fundamenta para la selección del cargador. Para calcular la corriente del cargador se debe definir el tiempo de carga de la batería.

Datos de la batería:

$$V_b = 12 \text{ V}$$

$$I_b = 52 \text{ Ah}$$

$$P_b = 624 \text{ Wh}$$

Datos del cargador:

$$V_c = 12 \text{ V}$$

Para un tiempo de carga de 5h. se aplica la ecuación:

$$I_c = \frac{I_b}{T_c} \quad (2-19)$$

$$I_c = \frac{52Ah}{5h}$$

$$I_c = 10.4 A$$

Se debe seleccionar un cargador de 12 V con una corriente de 10.4 A

En el mercado se encuentran cargadores de 12 v a 12.5 Ah

### Controlador de carga

Para seleccionar el controlador de carga se tienen en cuenta el voltaje de la batería, se debe elegir de acuerdo con la profundidad de descarga determinada para la batería.

La batería es de 12 voltios y una profundidad de descarga de 0.8, con esto se debe seleccionar un controlador de carga que permita ajustar la tensión a la profundidad de diseño, para calcular esto se emplea la ecuación (2-20):

$$V_{descarga} = 12 V * 0.8 \quad (2-20)$$

$$V_{descarga} = 9.6 V$$

También debe permitir ajustar el voltaje de carga de acuerdo con los datos de la batería. De esta forma se protege la batería.

### 2.4.4 Protecciones

Para proteger los diferentes elementos que integran el carro eléctrico se utiliza fusibles, todos según la norma NTC2050 con apertura de fusibles al 125% de la corriente nominal de cada uno de los equipos.

**Tabla 2-3:** corrientes nominales de equipos a proteger

Equipo	Corriente nominal (A)
Motor principal	34
Motor de dirección	5
Motor de frenado	5
Batería	55

---

Claxon	2
Luces	0.5

Fuente: autores

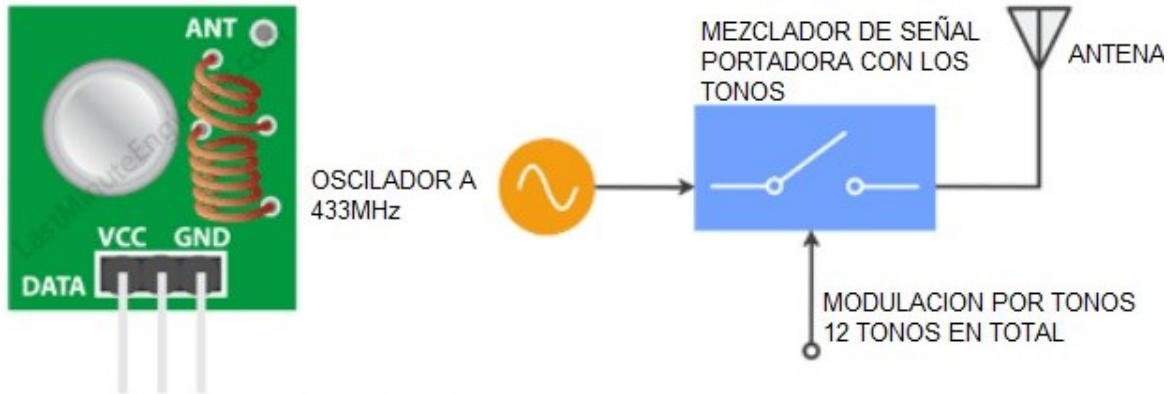
Con base en la tabla 2-2, se procede a seleccionar las protecciones de acuerdo a la norma y a disponibilidad del mercado.

- **Para proteger el motor principal**  
Se utiliza fusible de 40 A.
- **Protección entre las baterías y el controlador**  
Se utiliza fusibles de 30 A.
- **Protección de motor de dirección.**  
Se utiliza fusible de 15 A
- **Protección de motor de frenado**  
Se utiliza fusible de 15 A
- **Protección de consumos auxiliares**  
Se utiliza fusible de 15 A

## 2.5 Tarjeta receptora y control remoto

### 2.5.1 Descripción del control remoto

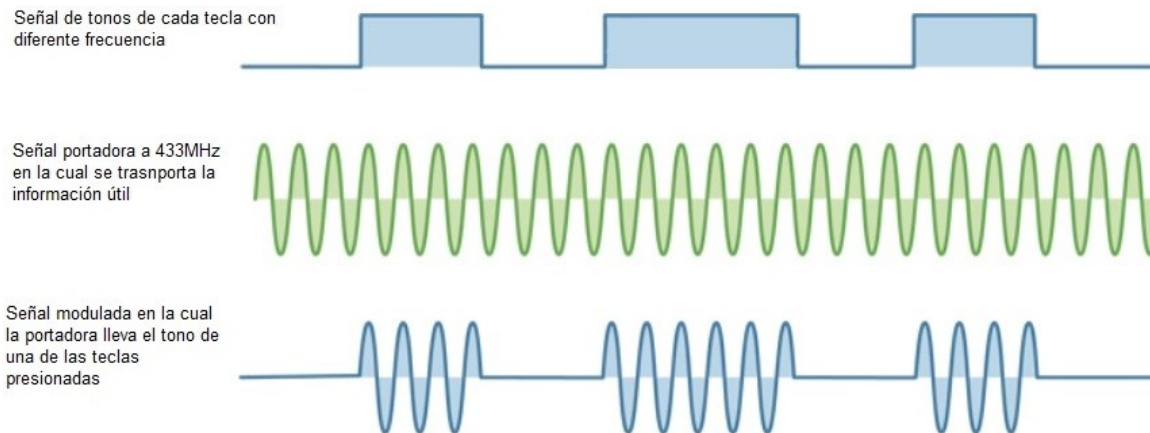
Para el envío de comandos del control remoto, se utilizan 2 módulos o elementos electrónicos comunes en el mercado el transmisor de radio a 433Mhz, el cual envía la información modulada en su amplitud, esta modulación a través de 12 tonos diferentes permite discriminar fácilmente los doce pulsadores a los cuales se les ha asignado una función a cada uno de ellos como es el avance, el retroceso, el giro en un sentido y otro, el encendido de las luces, el pito y el freno.

**Figura 2-7:** modulador de señal

Fuente: tomado de [29]

Este mensaje codificado con un tono es producido por un generador de tonos el chip SC2262 el cual a cada tecla de las doce que tiene el circuito, permitiendo dar cada orden con cada tono en un solo control remoto.

El proceso de transmisión del mensaje es representado en la figura 2-8, en donde se describe de manera independiente la señal de cada uno de los tonos, la señal portadora encargada de llevar la información radiada electromagnéticamente y por último, la señal completa que recibirá el carro en la tarjeta que posee el receptor y el arreglo de relés encargados de activar y desactivar las diferentes funciones del vehículo.

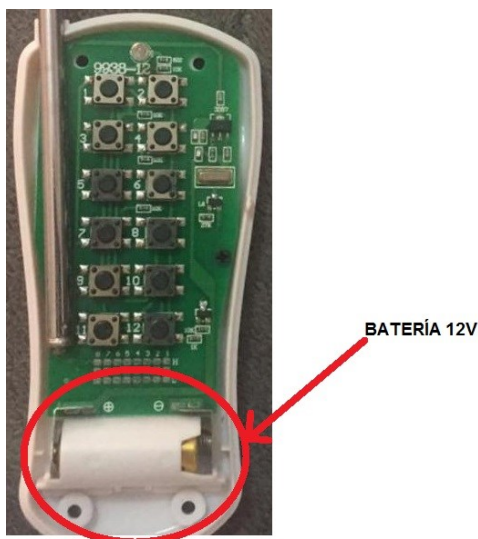
**Figura 2-8:** modo de la señal portadora

Fuente: tomado de [29]



El circuito opera con una batería de 12 Voltios, la cual es escogida por este nivel de tensión, con el fin de poder dar mayor potencia y alcance al transmisor y poder realizar mandos del vehículo a una mayor distancia.

**Figura 2-9:** tarjeta de control remoto



Fuente: autores

El circuito completo en donde se integra el generador de tonos con los 12 botones y el transmisor de radio se encuentra descrito en el anexo G en la figura 3-6.

El módulo transmisor y receptor RF se programó con código escrito en lenguaje C para arduino procesador atmel atmega 328, en el anexo A se puede tener acceso al código de programación usado.

El control remoto está compuesto por 12 botones. Lo cuales tienen una función especificada en su programación. En el anexo C se describen los botones usados y que función cumplen en el vehículo.

## 2.6 Modos de operación

El vehículo cuenta con dos modos de operación, el sistema de operación a control remoto que es el modo de operación principal y el sistema de operación manual que es un sistema de operación de respaldo en caso de que el control remoto no esté disponible, con esto se aumenta la confiabilidad de la operación ya que no se parará el trabajo por una falla en el control o la tarjeta receptora.

## 2.7 Resultados y pruebas

En esta sección se presentan los resultados del diseño y construcción del vehículo destinado para el transporte de cargas, el vehículo se construye de acuerdo con las especificaciones del diseño inicial, se implementan cada uno de los sistemas del vehículo, sistema de motor de marcha y retroceso, sistema de dirección, sistema de frenado, el sistema de baterías y controlador de carga, se realizan las pruebas pertinentes para comprobar que el vehículo cumple con las especificaciones de diseño.

### 2.7.1 Resultado final

**Figura 2-10:** vista frontal del vehículo terminado de acuerdo con el diseño.



Fuente: autores

En la ilustración se presenta una vista superior del vehículo terminado de acuerdo con el diseño inicial, se observa la plataforma de carga y el compartimiento de la batería.

**Figura 2-11:** vista lateral del vehículo terminado.



Fuente: autores

Vista lateral del vehículo terminado.

**Figura 2-12:** vista lateral del vehículo terminado

Fuente: autores

En esta ilustración se aprecia una de las ruedas del vehículo, el sistema de seguridad por llave que corta el suministro eléctrico de todo el vehículo. Y los pulsadores de operación manual y encendido de luces. Estos pulsadores sirven para operar el vehículo sin la necesidad del control remoto, solo se necesita pulsar y el vehículo puede marchar, retroceder, girar y frenar.

## 2.7.2 Pruebas

Las pruebas se realizaron de forma experimental, el vehículo fue sometido a diferentes tipos de carga con pesos específicos para observar el desempeño del vehículo y el consumo de energía del motor principal.

**Tabla 2-4:** desempeño del vehículo

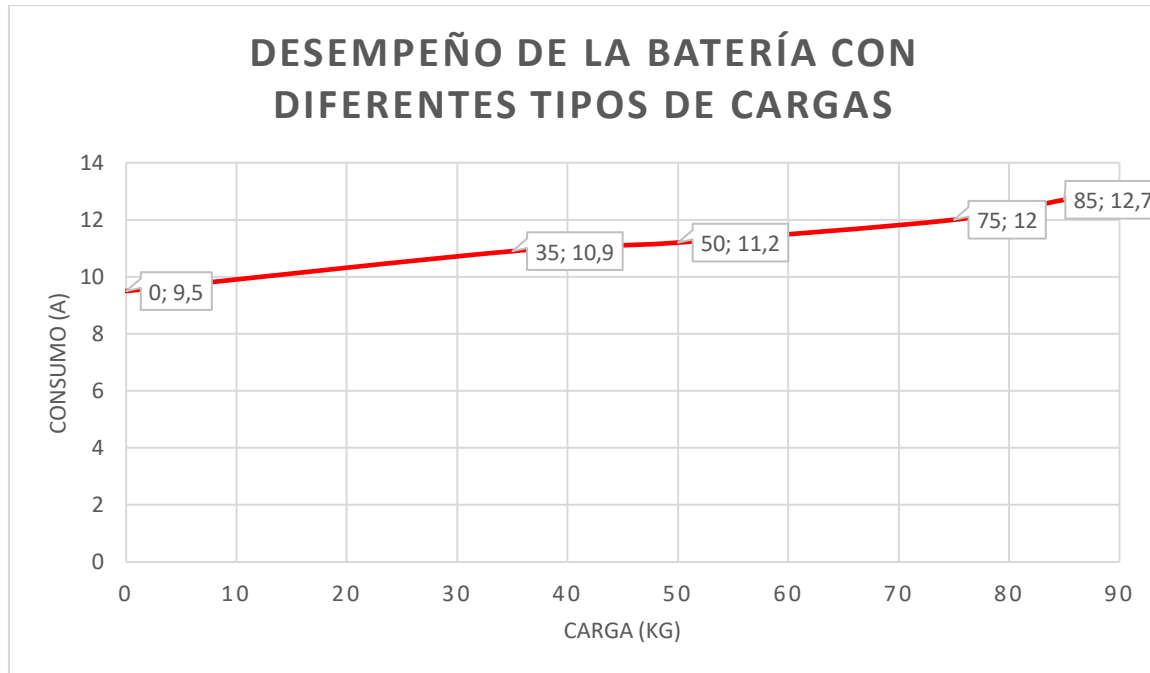
<b>Carga</b>	<b>Consumo (A)</b>	<b>Consumo (W)</b>
Carga de 0 Kg, el vehículo en el aire	8	96
Con el peso del vehículo.	9.5	114
Carga de 35 Kg	10.9	130.8
Carga de 50 Kg	11.2	134.4
Carga de 70 Kg	12	144
Carga de 85 Kg	12.7	152.4

Fuente: autores

**Tabla 2-5:** consumo de equipos sin incluir el motor principal

<b>Consumo de cada uno de los equipos del vehículo</b>	
<b>Equipo</b>	<b>Consumo (A)</b>
Motor de dirección	3
Luces	0.3
Pito	2
Freno	4

Fuente: autores

**Figura 2-13:** desempeño de batería con diferentes tipos de carga

Fuente: autores

En el gráfico se observa que el vehículo tiene el mejor desempeño cuando se trabaja con cargas hasta 70 kg, después de dicha carga el consumo tiende a subir más de lo promediado.

### Desempeño de la batería

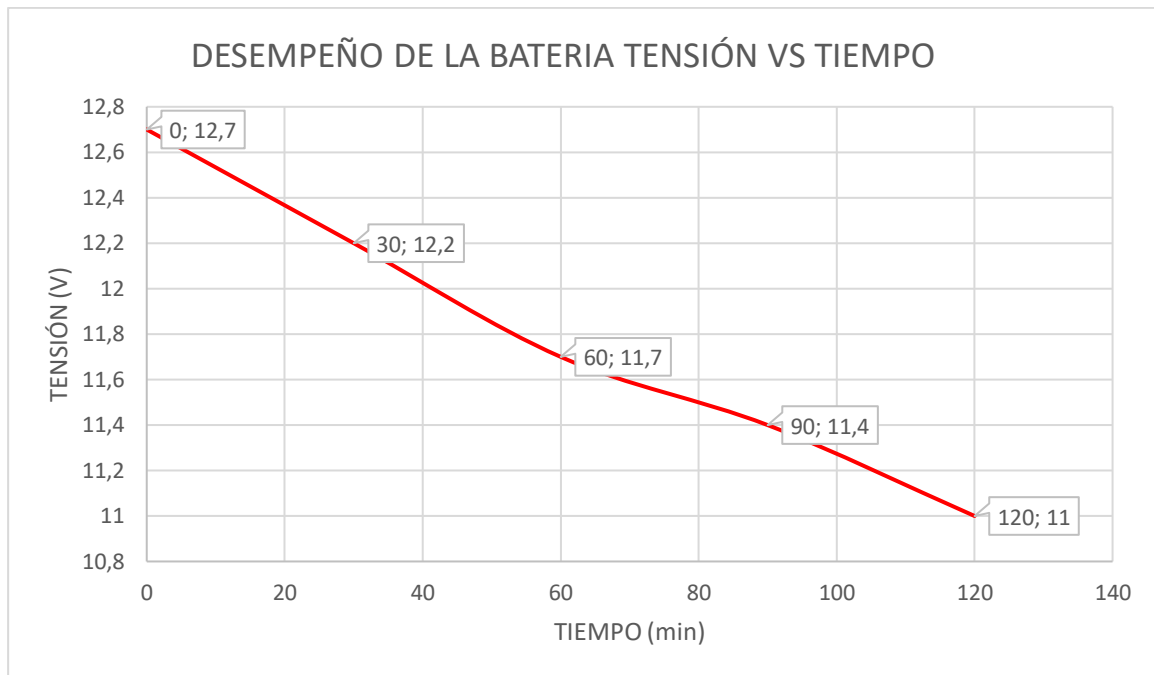
Se realizaron pruebas al vehículo y en intervalos de tiempos definidos se le fue tomando lecturas del estado de carga de la batería para evaluar su desempeño durante las pruebas.

**Tabla 2-6:** desempeño de la batería

Desempeño de la batería	
Tiempo de prueba (min)	Tensión (v)
Inicio de la prueba	12.7
30	12.2
60	11.7
90	11.4
120	11

Fuente: autores.

**Figura 2-14:** desempeño de la batería.



Fuente: autores

En el gráfico se observa el comportamiento de la descarga de la batería en función del tiempo.

## 3. Conclusiones y recomendaciones

### 3.1 Conclusiones

El vehículo se diseñó con un software CAD el cual permitió plasmar todas las ideas de diseño para que fuera un proyecto funcional, teniendo en cuenta que la plataforma de carga fuera lo suficientemente grande para alojar cargas de hasta 70 Kg, también con buenas propiedades mecánicas, se diseñó de la forma más compacta posible, teniendo en cuenta que los elementos del vehículo quedaran con espacios suficiente, pero sin afectar el tamaño del vehículo, cada componente está bien ubicado y alojado en compartimientos separados.

Los cálculos de torque necesario permitieron determinar la magnitud del motor, el motor pudo mover las cargas que se le aplicaron, la carga de diseño fue de 70 kg, pero se puso a prueba con una carga de 85 kg, en dicho caso tuvo un consumo de potencia de 152 w, pudiendo observar que el vehículo puede mover este tipo de cargas sin necesidad de llegar a su potencia nominal de 250w.

La batería tubo un desempeño esperado, después de 2 horas de operación el voltaje de la batería fue de 11 voltios, lo cual permite decir que el vehículo puede operar por las dos horas de diseño sin llegar a su profundidad de descarga establecida que es de 9.6 voltios.

La construcción del vehículo fue realizada con materiales que permiten ser maquinados de acuerdo con los diseños requeridos, además que son resistentes y cumplieron con las pruebas y los resultados esperados. El diseño permite que la instalación y mantenimiento de sus principales componentes sea de manera rápida y eficaz, este equipo fue construido para dar facilidad de operaciones y mantenimiento ya que sus componentes están instalados de manera practica y con el espacio suficiente para que no haya muchas partes



unidas las unas a las otras, lo que permite que la ubicación de cada componente sea independiente, así mismo resulta fácil realizar mantenimientos e inspecciones.

El módulo de RF permite operar el control a largas distancias, fue probado con distancias de hasta 20 m, y el vehículo recibió los mandos de manera esperada, el control remoto es lo que permite al operador del vehículo desplazar las cargas de manera segura sin tener que exponer su condición física.

## **3.2 Recomendaciones**

Los resultados obtenidos en las pruebas realizadas al vehículo son los esperados, permitieron alcanzar los objetivos propuestos de manera satisfactoria. Sin embargo, se tienen las siguientes recomendaciones.

La velocidad que alcanza el vehículo es de 5.076 Km/h, lo que es una velocidad baja, lo que se puede mejorar realizando una mejor selección del motor, un motor con mayor número de rpm puede mejorar la velocidad del vehículo significativamente.

La batería que se usó cumple con los parámetros y tiempo de diseño, sin embargo, una batería con mayor capacidad puede brindar mayor tiempo de operación.

## A.Anexo: código de programación del control remoto

El módulo transmisor y receptor RF se programó con código escrito en lenguaje C para Arduino procesador atmel atmega 328. El código completo de programación se puede encontrar en el CD de la tesis de grado.

**Tabla A-1:** parte del código de programación del control remoto

<b>Código de programación en Arduino.</b>
<pre>//FUNCIÓN ENCARGADA DE LEER LOS DATOS ENTREGADOS POR EL RADIO  break; case COMANDO_AVANZAR:     TOGGLE_rele_avance (); break; case COMANDO_RETROCEDE:     TOGGLE_rele_retroceso (); break; case COMANDO_IZQUIERDA:     SET_rele_Timon_izquierda(); break; case COMANDO_DERECHA:     SET_rele_Timon_derecha(); break; case COMANDO_PITO:     SET_Claxon(); break; case COMANDO_LUCES:</pre>

```
    TOGGLE_Luces();  
    break;  
    case COMANDO_VELOCIDAD_0:  
        Velocidad_Cero ();  
    break;  
    case COMANDO_VELOCIDAD_1:  
        Velocidad_Uno ();  
    break;  
    case COMANDO_VELOCIDAD_2:  
        Velocidad_Dos ();  
    break;  
    case COMANDO_VELOCIDAD_3:  
        Velocidad_Tres ();  
    break;  
    case COMANDO_FRENO:  
        TOGGLE_freno();  
    break;  
    case COMANDO_DESACTIVA_TODO:  
  
        Desactiva_todo ();  
    break;  
    default:  
    break;  
    }  
  
// Compilado en Arduino 1.8.10
```

Fuente: autores

## B.Anexo: manual de operación

**Tabla B-1:** manual de operación

<b>Puesta en servicio del carro eléctrico</b>		
<b>No</b>	<b>Operación</b>	<b>Descripción</b>
1	Encendido y desbloqueo	Insertar la llave en el encendedor que suministra cierra el circuito eléctrico
2	Nivel de tensión y carga	Observar en el display el estado de carga y voltaje de la batería
3	Carga de la batería	Si observa que el voltaje de la batería es cercano a 9.6 V, colocar a cargar la batería. La batería se carga conectando el conector del cargador a una fuente de alimentación AC.
4	Descripción del control remoto.	El control remoto está enumerado con números del 1 al 12, cada uno con función específica: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Avance</li> <li>2. Pito</li> <li>3. Retroceso.</li> <li>4. Luces.</li> <li>5. Izquierda.</li> </ol>

		<p>6. Derecha.</p> <p>11. Freno</p> <p>12. Bloqueo y desbloqueo de tarjeta.</p>
--	--	---

**Tabla B-2:** continuación

5	Prueba del control remoto	Para probar la recepción de la señal del control remoto. Haga una prueba oprimiendo los botones del control, observe la respuesta esperada en el vehículo, las cuales fueron descritas anteriormente. De esta forma se comprueba el correcto funcionamiento del vehículo. Esta prueba se realiza sin carga en la plataforma.
6	Prueba con carga	Coloque en la plataforma de carga del vehículo la carga, la cual no debe superar los 50 Kg.
7	Control de la operación	Después de poner en servicio el vehículo de carga, monitorear el display del vehículo, observando los valores de la tensión de la batería. El vehículo dejará de funcionar automáticamente si los valores de la tensión son inferiores a 9.8 V.
8	Apagado del vehículo	Para apagar el vehículo gire la llave en sentido antihorario, de este modo el circuito eléctrico estará abierto.

Fuente: autores

## C.Anexo: descripción de la operación del control remoto

**Tabla C-1:** descripción de los comandos del control remoto y su función en la tarjeta.

Número	Operación	Descripción
1	Avance	Al oprimir este botón se activa el relé que le suministra la alimentación eléctrica para activar la bobina del relé del motor de avance y retroceso, en este caso el motor hace que el vehículo avance.
2	Pito	Al oprimir este botón, se activa en la tarjeta el relé que suministra tensión al pito.
3	Retroceso	Al oprimir este botón se activa el relé que le suministra la alimentación eléctrica para activar la bobina del relé del motor de avance y retroceso, en este caso el motor hace que el vehículo retroceda.
4	Luces	Al oprimir este botón, se activa en la tarjeta el relé que suministra tensión a las luces.

5	Izquierda	Al oprimir este botón se activa el relé que le suministra la alimentación eléctrica para activar la bobina del relé del motor de la dirección, lo que hace que las ruedas delanteras giren, en este caso a la izquierda.
6	Derecha	Al oprimir este botón se activa el relé que le suministra la alimentación eléctrica para activar la bobina del relé del motor de la dirección, lo que hace que las ruedas delanteras giren, en este caso a la derecha.

**Tabla 3-3:** continuación

Número	Operación	Descripción
11	Freno	Al oprimir este botón se activa el relé que le suministra la alimentación eléctrica al motor del freno, el cual tensiona la guaya del freno.
12	Bloqueo y desbloqueo de tarjeta.	Este botón tiene la función de bloquear la tarjeta como medida de seguridad para que no se oprima por accidente ningún botón mientras el vehículo está en reposo.

Fuente: autores





## D.Anexo: Posibles fallas

A continuación, se describen en la tabla las posibles fallas de operación que puede tener el vehículo.

**Tabla D-1:** posibles fallas

Posibles fallas		
No	Tipo de falla	Causa posible
1	Falla de tensión	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Una falla en la conexión de suministro de energía.</li><li>▪ Fusible abierto.</li></ul>
2	Falla de batería	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Batería averiada por la cantidad de ciclos de trabajo.</li><li>▪ La batería no carga por problemas en el cargador de batería.</li></ul>
3	Falla de tarjeta	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Falla en los relés.</li><li>▪ Cortocircuito en la tarjeta.</li></ul>
4	Falla de motor	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Bajo aislamiento.</li><li>▪ Falla de rodamientos.</li><li>▪ Sobre carga.</li><li>▪ Falla de conexión en los bornes del motor.</li></ul>
5	Falla de control remoto	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Daño en la antena del control.</li><li>▪ Descarga de baterías del control.</li><li>▪ Mala recepción en la tarjeta.</li></ul>
6	Problema de transmisión de movimiento	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Cadena de transmisión averiada</li><li>▪ Dientes de piñones desgastados.</li><li>▪ Falta de lubricación.</li></ul>
7	Llantas desgastadas	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Llantas en mal estado por el continuo uso del vehículo.</li></ul>

Fuente: autores

## E.Anexo: Manual de mantenimiento

A continuación, se describen las tareas básicas de mantenimiento preventivo del vehículo, esto con el fin de mejorar la vida útil del vehículo y garantizar su correcto funcionamiento. La tabla muestra de acuerdo con el tipo de elemento su mantenimiento correspondiente.

**Tabla E-1:** manual de mantenimiento

Manual de mantenimiento		
No	Elemento	Operación de mantenimiento
1	Batería	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Inspección visual para buscar algún defecto físico en la batería, algún borne en mal estado o hinchazón de la batería.</li> <li>▪ Limpieza de la batería.</li> <li>▪ Ajustar los bornes de la batería para evitar falsos contactos.</li> <li>▪ Prueba con el descargador rápido, el cual sirve para medir el comportamiento de la batería al someterla a descarga.</li> </ul>
2	Motores	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Medir la corriente y voltaje de operación.</li> <li>▪ Medir la resistencia de las bobinas para saber el estado del aislamiento.</li> <li>▪ Limpieza y ajuste de los conectores de la alimentación del motor.</li> </ul>

**Tabla E-2:** continuación

3	Sistemas mecánicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Engrase de cadena y piñones.</li> <li>▪ Ajuste de piñones y comprobar la tensión de la cadena.</li> <li>▪ Ajuste de llantas y lubricación de rodamientos.</li> <li>▪ Ajuste de tornillería en general.</li> </ul>
4	Tarjetas electrónicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Medir la tensión de alimentación de las tarjetas.</li> <li>▪ Limpieza de las tarjetas con la fuente de alimentación apagada.</li> <li>▪ Verificar el estado de los puntos de conexión y soldadura.</li> </ul>
5	Cargador de baterías	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Revisión del estado del cargador.</li> <li>▪ Ajustes en las conexiones del cargador.</li> <li>▪ Medir la tensión de la fuente AC y la salida en DC.</li> <li>▪ Medir la corriente de suministro en DC.</li> </ul>
6	Carrocería	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Inspección visual del estado general de la carrocería y la pintura.</li> <li>▪ Limpieza periódica de la carrocería.</li> <li>▪ Sí se detecta corrosión en la carrocería, programar un mantenimiento de pintura y restauración.</li> </ul>

Fuente: autores

## F. Anexo: registro fotográfico

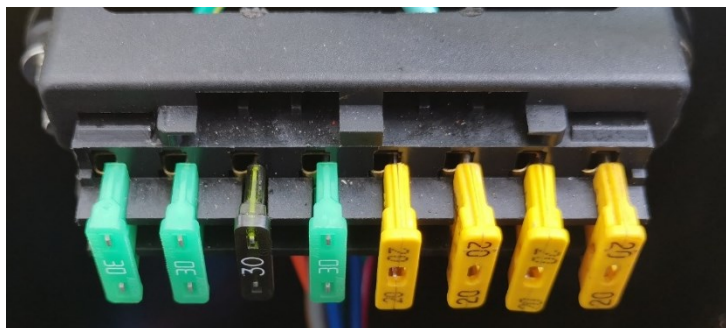
Figura F-1: tarjeta receptora con 12 relés



Fuente: autores

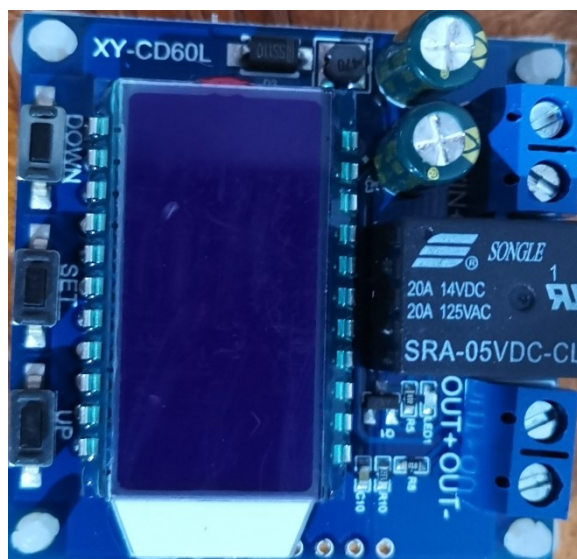
En esta imagen se observa la tarjeta receptora instalada, esta es la encargada de recibir los mandos desde el control remoto y accionar los relés.

**Figura F-2:** fusilera



Fuente: autores

**Figura F-3:** controlador de carga de la batería



Fuente: autores

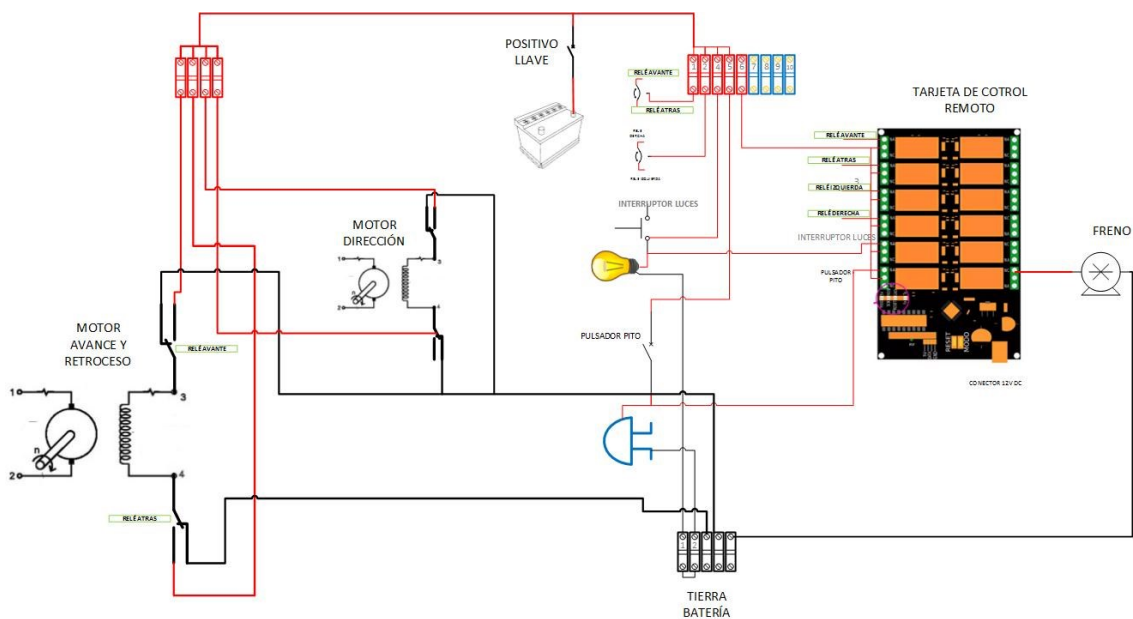
**Figura F-4:** relé del motor principal a la derecha y relés del motor de dirección a la izquierda.



Fuente: autores

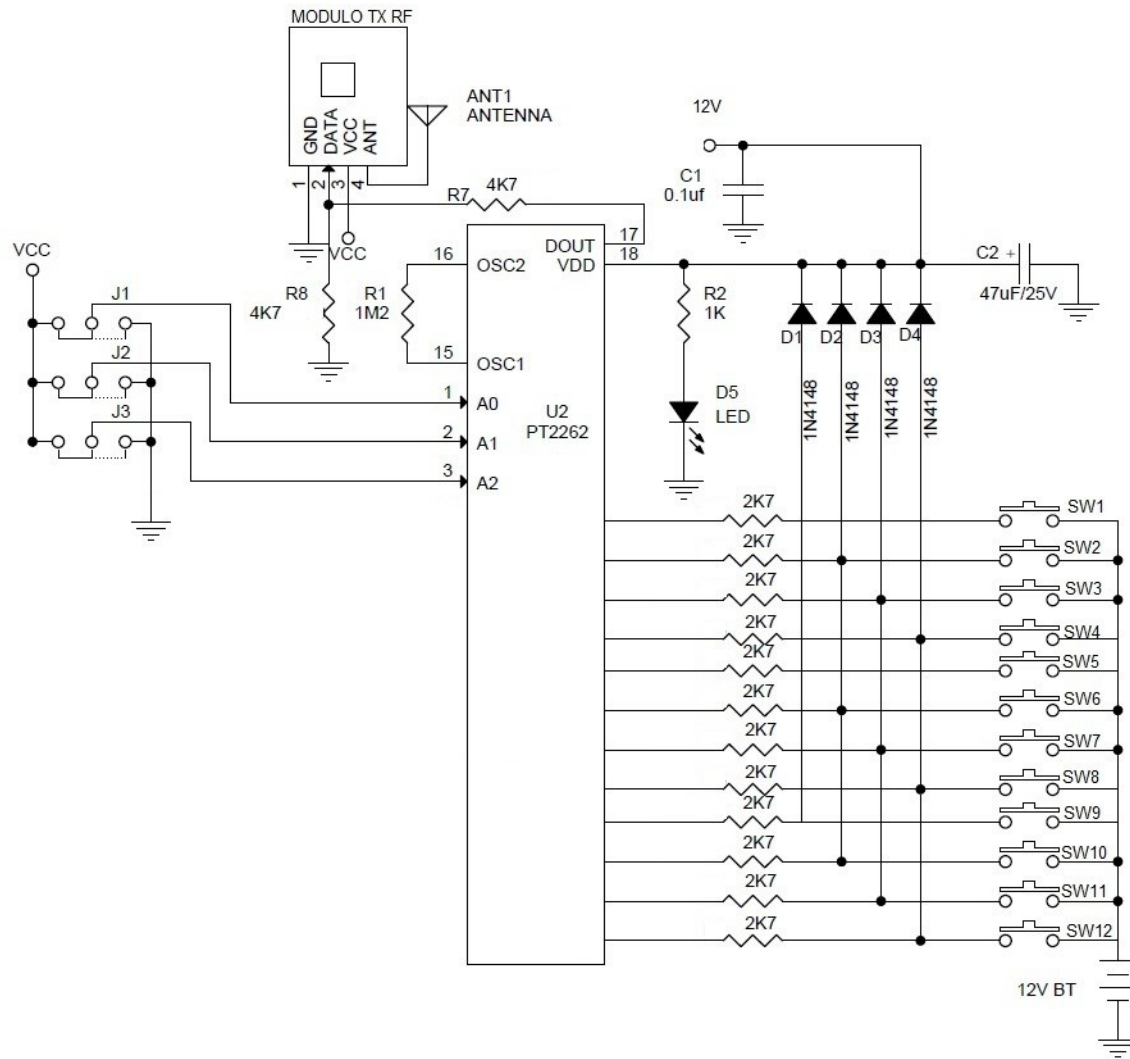
## G. Anexo: esquemas eléctricos

Figura G-1: Esquema eléctrico general



Fuente: autores

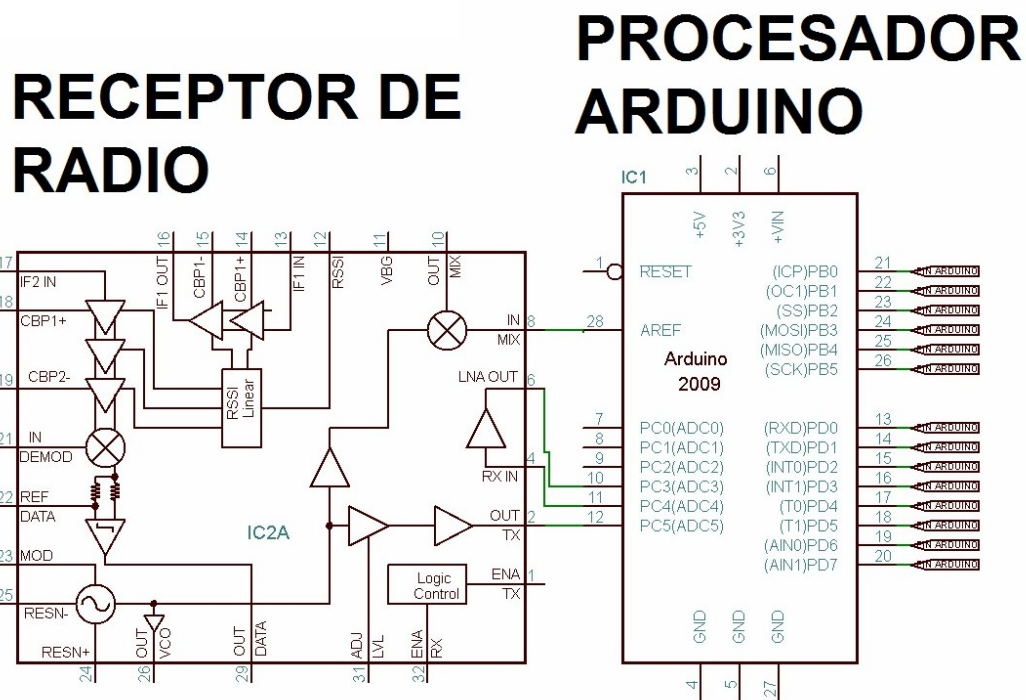
Figura G-2: esquema del generador de tonos del control remoto

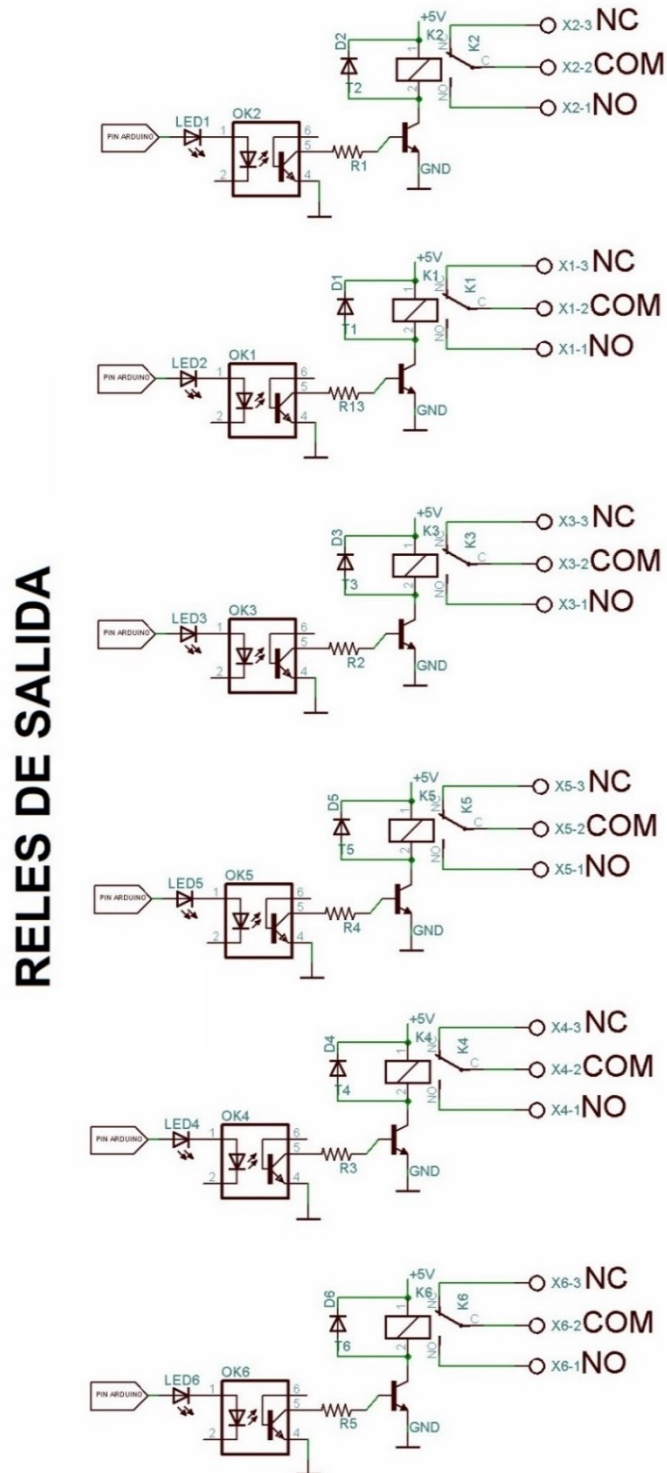


Fuente: tomado de [26]

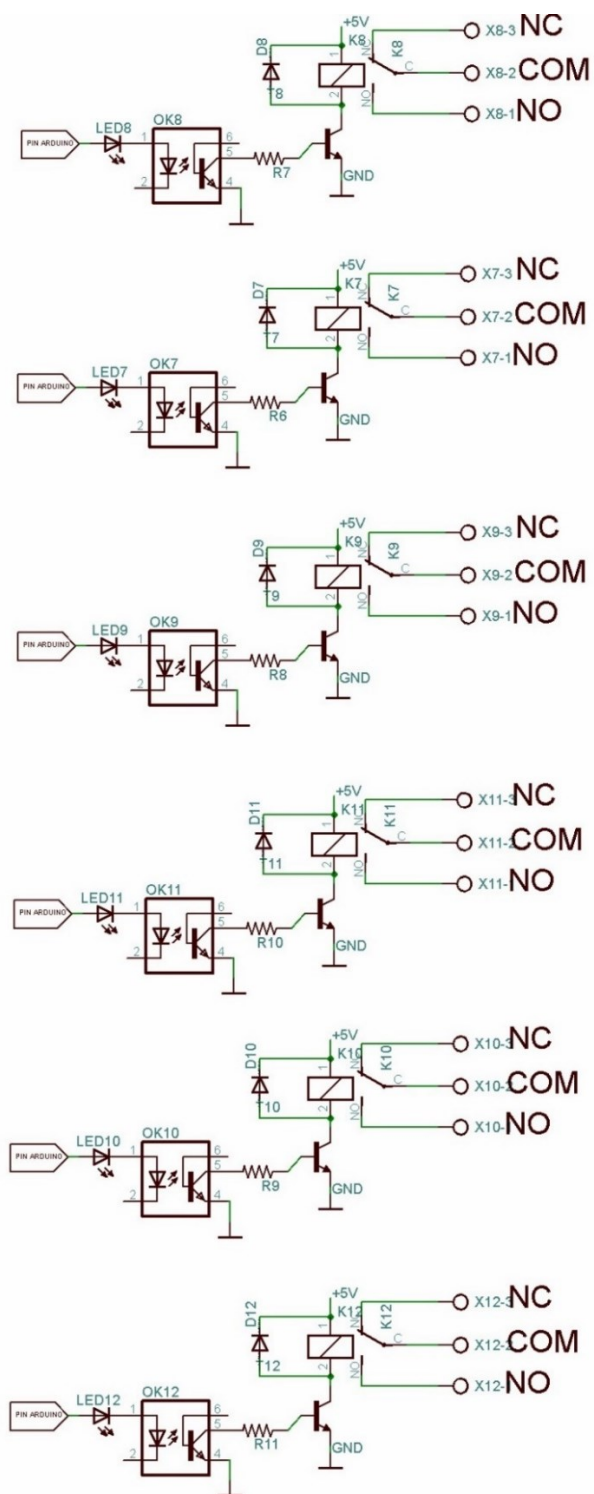


Figura G-3: Esquema de la tarjeta electrónica del control remoto y relés



**Figura G-4:** Esquema de la tarjeta electrónica del control remoto y relés

**Figura G-5:** Esquema de la tarjeta electrónica del control remoto y relés



## A. Anexo: fichas características de equipos

### Motor principal

Tabla G-1: valores de la placa del motor principal

Tensión	12 V
Intensidad	34 A
Potencia	0.25 kW
Torque	19.9 Nm

Fuente: autores

Figura G-6: batería

Powered by **CSB BATTERY®** **GPL series**  
**GPL 12520**

**Valve Regulated Lead Acid Battery**

Maintenance-Free Sealed Lead Acid Battery.  
Absorbent Glass Mat (AGM) technology for efficient gas recombination of up to 99%.

**Design for Standby Power Applications****【 Design Life 】**

Up to 10 Years in Standby Service at 25°C  
Eurobat (20°C) : 10-12 years, Long Life

**【 Operating Temperature Range 】**

Nominal Operating Temperature : 25°C(77°F)  
Discharge : -15°C ~ 50°C (5°F~122°F)  
Charge : -15°C ~ 40°C (5°F~104°F)  
Storage : -15°C ~ 40°C (5°F~104°F)

**【 Float Charging Voltage 】**

13.5 ~ 13.8 VDC/Unit at 25°C (77°F)

**【 Equalization Charging Voltage 】**

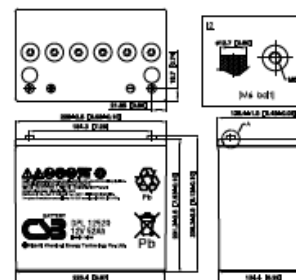
14.4 ~ 15.0 VDC/Unit at 25°C (77°F)

**【 Self Discharge 】**

Less than 10% after 90 days, can be stored up to 6 months at 25°C (77°F);  
Fully recharging is required before usage, and charged sooner if stored at higher temperature than 25°C (77°F).

**Specification** Design according with IEC 60896-21/22: 2004

Nominal Voltage	12V (6 cells per unit)		
Nominal Capacity	52 Ah @20hr-rate to 1.75V per cell @25°C (77°F)		
Weight	Approx. 17.20 Kg (37.91 lbs)		
Maximum Discharge Current	500A (5sec)		
Internal Resistance	Approx. 5.3mΩ		
Short Circuit Current	1485A		
Maximum Charge Current	15.60A		
Terminal type	I2 thread lead alloy terminal to accept M6 bolt		
Terminal tightening torque	51.7±10.3 Kgf·cm / 44.9±9.0 Lbf·in / 5.10±1.0 N·m		
Container Material	PP (UL 94-HB) & Flame Retardant (94-V0) available upon request		
Dimensions	Length (L)	228.0±2.5 mm	8.98±0.10 inch
	Width (W)	138.4±1.5 mm	5.45±0.06 inch
	Container Height (h)	201.3±2.5 mm	7.93±0.10 inch
	Overall Height (H)	206.3±2.5 mm	8.12±0.10 inch

**Constant Current Discharge Characteristics Unit: A (25°C, 77°F)**

F.V/Time	5MIN	10MIN	15MIN	30MIN	60MIN	90MIN	2HR	3HR	5HR	8HR	10HR	20HR
1.60V	225	155	116	67.2	38.5	27.7	21.7	15.2	9.66	6.35	5.17	2.66
1.67V	208	144	110	64.7	38.1	27.4	21.4	15.0	9.57	6.31	5.15	2.65
1.70V	195	138	108	63.6	37.8	27.3	21.3	14.9	9.53	6.28	5.14	2.64
1.75V	177	128	103	61.2	37.0	26.7	20.7	14.7	9.44	6.17	5.08	2.60
1.80V	159	119	95.7	58.7	35.7	26.0	20.3	14.3	9.22	6.04	4.94	2.56
1.85V	142	110	89.3	55.6	33.3	24.8	19.0	13.5	8.71	5.74	4.69	2.43

**Constant Power Discharge Characteristics Unit: W (25°C, 77°F)**

F.V/Time	5MIN	10MIN	15MIN	30MIN	60MIN	90MIN	2HR	3HR	5HR	8HR	10HR	20HR
1.60V	2392	1684	1290	770	447	325	250	176	114	74.7	61.6	31.7
1.67V	2176	1589	1235	748	445	323	247	175	113	74.4	61.2	31.6
1.70V	2081	1540	1208	737	443	322	246	174	112	74.2	60.7	31.4
1.75V	1914	1449	1160	710	434	315	242	171	111	73.9	60.3	31.3
1.80V	1747	1359	1093	683	419	308	235	169	110	72.4	59.5	30.7
1.85V	1584	1258	1031	649	395	295	223	161	105	69.6	56.7	29.4

Please refer to the official site for the latest rating confirmation. URL: [www.csb-battery.com](http://www.csb-battery.com)

Issued: 200213

**Sales Offices**

**日立化成能源科技股份有限公司**  
Hitachi Chemical Energy Technology Co., Ltd.

**BUSINESS HEADQUARTERS**  
Tel: +886-2-2880-5600  
Fax: +886-2-2888-3300

**USA OFFICE**  
Tel: +1-817-244-7777 / 1-(800)3-CSB-USA (272872)  
Fax: +1-817-244-4445

**SHENZHEN OFFICE (CHINA)**  
Tel: +86-755-8831-6488, 8831-6775  
Fax: +86-755-8831-6075

**EUROPE (EMEA) OFFICE**  
Tel: +31(0)180-418-140  
Fax: +31(0)180-418-327

**SHANGHAI OFFICE (CHINA)**  
Tel: +86-21-5046-1622, 5046-0833  
Fax: +86-21-5046-1046

**TAIPEI OFFICE**  
Tel: +886-2-2880-5600  
Fax: +866-2-2888-3300

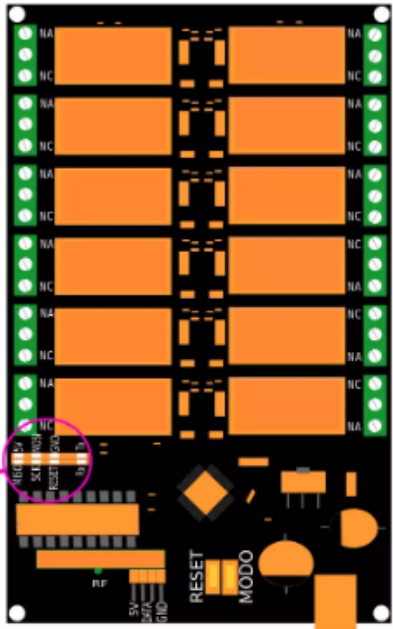
**BEIJING OFFICE (CHINA)**  
Tel: +86-10-5820-5336, 5820-5338  
Fax: +86-10-5820-3053

Recognized under UL 1989,  
and certified by ISO 9001, 14001.



Fuente: tomado de [29]

**Figura G-7:** Tarjeta receptora y control remoto

FICHA TECNICA TARJETA ELECTRÓNICA CONTROL RELÉS		
NOMBRE DEL PROYECTO:		
SUBSISTEMA: ELECTRÓNICO		
COMPONENTE: CONTROL REMOTO		
DESCRIPCIÓN GENERAL		
<p>La tarjeta electrónica SUTAGAO de 12 canales, es adquirida comercialmente en la empresa VISTRONICA, la cual ademas de proveer elementos electrónicos, tambien ofrece al mercado diseños propios como es esta tarjeta que ofrece una solución practica y economica, con la cual permite realizar el control de doce relés a travez de un cotrol remoto con doce botones, teniendo como elementos principales un intercomunicador de radio a 433Mhz y un procesador atmega 328, el cual recibe los comandos entregados por el receptor del radio y ejecuta una orden en cada relé dependiendo comó se haya programado, operando de forma paralela con los pulsadores ubicados en la caja de control para la activación de manera manual.</p>		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		
1. DIMENSIONES Y PESO.		
1.1. Dimensiones:	Alto:	17 mm
	Ancho:	85 mm
	Profundidad:	138 mm
1.2. Documento de referencia	Información adicional suministrada por vistronica en la página WEB <a href="https://www.vistronica.com/comunicaciones/radiofrecuencia/modulo-rele-sra-rf-programable-de-12-canales-70-metros-sutagao-detail.html">https://www.vistronica.com/comunicaciones/radiofrecuencia/modulo-rele-sra-rf-programable-de-12-canales-70-metros-sutagao-detail.html</a>	
1.3. Peso (gramos.)	161 g.	

Fuente: tomado de [26]

**Figura G-8:** características de la tarjeta electrónica y control remoto

<b>2. ELEMENTOS CONSTITUYENTES:</b>					
2.1 Componentes Electromecánicos	Rele de dos polos a 12V Bobina, 20A 120V AC				
2.2 Coponentes electrónicos	Condensadores, resistencias, optoacopladores, transistores y demas que conf				
2.3 Procesador	Microcontrolador ATMEGA 328UP				
2.4 Decodificador de Radio	Pt2272-M6 A 315 MHz				
2.5 Control remoto	12 botones con codificador de radio Pt2271-M6 A 315 MHz				
2.6 Decodificador	Salida de cuatro bits.				
<b>3 OPERACIÓN</b>					
3.1 Distancia	70 metros en linea de vista				
3.2 Consumo todos los Relés activos	700 mA				
3.3 Cuatro modos	<p>Modo 1: Apagado (off).</p> <p>Modo 2: (Momentary Type): Funciona como un pulsador, mientras se reciba una señal en la entrada tendrá una señal en la salida.</p> <p>Modo 3: (Toggle Type): Funciona como un interruptor, si se activa un botón en el emisor y se suelta, en el receptor se seguirá manteniendo la señal de salida, a menos de que sea activado de nuevo.</p> <p>Modo 4: (Latch Type): Funciona como un interruptor selector, cuando se pulsa el botón A por primera vez, el receptor saca una señal en alto, y si se active el B el pin correspondiente al pin A se desactivará para encenderse B.</p>				
<b>4 PUNTOS DE CONEXIÓN</b>					
4.1 Relé	Normalmente abierto, normalmente cerrado y comun				
4.2 Pines para programar	RX, TX, reset, VCC, GND.				
4.3 Salidas	Doce de relé con control on-off.				
<b>5. CARACTERISTICAS ELÉCTRICAS (Ta:25° C)</b>					
Parámetro	Simbolo	Min.	Nominal	Maximo	Unidad
Voltaje de Alimentación:	V	10	12	14	Voltios
Corriente de Consumo:	m+D61A	583,2	648	712,8	mAmperios
Potencia Consumo:	mW	5832	7776	9979,2	mVatios
Temperatura de trabajo:	° C	-20	25	10	Grados Celcius
Temperatura de almacenamieto:	° C	-20	20	150	Grados Celcius
Humedad Relativa de Trabajo:	HR	40	60	80	Humedad Relativa
Humedad Relativa de Almacenamiento:	HR	40	70	75	Humedad Relativa
<b>6. PUERTOS</b>					
<b>6.1 DE COMUNICACIÓN:</b>					
PINES EN LA PLACA	CONEXIÓN DIGITAL PARA PROGRAMACIÓN				
RX	RX PIN 2 ARDUINO UNO				
TX	TX PIN 1 ARDUINO UNO				
RESET	RESET PIN 20 ARDUINO UNO				
5V	5V ARDUINO UNO				
GND	GND ARDUINO UNO				

Fuente: tomado de [26]

## Bibliografía

- [1] N. u. «Los vehículos eléctricos, vitales para combatir el cambio climático.,» 6 diciembre 2018. [En línea]. Available: <https://news.un.org/es/story/2018/12/1447291>.
- [2] T. Gnann y T. S. Stephens, «What drives the market for plug-in electric vehicles? - A review of international PEV market diffusion models,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, pp. 158-164, 2018.
- [3] Ley n° 1964 , por medio de la cual se promueve el uso de vehiculos electricos en colombia y se dictan otras disposiciones, Bogotá, 2019.
- [4] w. Price y A. Botelho, *Protodrive: Rapid prototyping and simulation for EV powertrains*, Pennsylvania, 2012.
- [5] R. M. «ASÍ ANDA EL MUNDO EN MATERIA DE CARROS ELÉCTRICOS,» 21 Agosto 2019. [En línea]. Available: <https://www.motor.com.co/amp/actualidad/industria/carros-electricos-mundo/32767>.
- [6] Z. Logistica, «Los Vehículos De Carga Eléctricos,» 16 Abril 2017. [En línea]. Available: <https://zonalogistica.com/camiones-fuso-canter-e-cell/>.
- [7] SURA, «ARL SURA,» [En línea]. Available: <https://www.arlsura.com/index.php/component/content/article?id=785:-sp-7581>. [Último acceso: 09 05 2020].
- [8] J. Uusisalo, K. Huhtala y M. Vilenius, «Effects of Remote Control on Usability of Hydraulic Excavator,» *Dynamic Systems and Control Conference*, pp. 321-328, 2009.



- 
- [9] S. Gibilisco, «Alternative Energy DeMYSTiFieD, Second Edition. Propulsion with Electricity, Hydrogen, and Fuel Cells,» 2013. [En línea]. Available: <https://ezproxy.uan.edu.co:2107/content/book/9780071794336/chapter/chapter8>.
- [10] R. Lázaro, «EL INVENTO DE LA RUEDA: CARROS Y PLATAFORMAS CON RUEDAS,» 14 Julio 2015. [En línea]. Available: <https://www.degerman.es/blog/el-invento-de-la-rueda-carros-plataforma-n30>.
- [11] T. Gómez Morales, J. M. Navarro, E. Águeda Casado, J. García Jiménez y J. Gonzalo Gracia, Carrocería, elementos fijos, Madrid : Thomson editores Spain, 2007.
- [12] U. Saraswat, «Go-kart chasis,» 1 Febrero 2019. [En línea]. Available: <https://grabcad.com/library/go-kart-chasis-3>.
- [13] J. Calvo Martín y A. Miravete de Marco, Mecanica del automovil, Zaragoza: INO reproducciones, S.A., 1997.
- [14] R. L. Mott, Diseño de elementos de maquinas, México: Pearson Educación, 2006.
- [15] Getauto, «Sistema de frenos,» [En línea]. Available: [https://getauto.es/sistema-de-frenos/#Sistema\\_de\\_frenado\\_del\\_coche](https://getauto.es/sistema-de-frenos/#Sistema_de_frenado_del_coche).
- [16] T. Wildi, Maquinas eléctricas y sistemas de potencia., México: Pearson Educación, 2007.
- [17] B. Guru, Maquinas eléctricas y transformadores, México: Oxford universiti press, 2003.
- [18] I. Caro , «MOTOR DE IMANES PERMANENTES.,» 21 Marzo 2017. [En línea]. Available: <http://electrofacil-soltec.blogspot.com/2017/03/motor-de-iman-permanentes.html>.
- [19] S. Martínez García y J. A. Gualda Gil, Electrónica de Potencia. Componentes, topologías y equipos, Madrid: Thomson Ediciones Paraninto, S.A, 2006.
- [20] E. J. Domínguez Soriano y J. Ferrer Ruiz, Electricidad del vehiculo, Madrid: Editex, S.A, 2008.

- [21] T. Croft, P. Frederic, Hartwel y I. Wilford, «BATTERIES: GENERAL,» 2013. [En línea]. Available: <https://ezproxy.uan.edu.co:2107/content/book/9780071798808/toc-chapter/chapter4/section/section11>.
- [22] P. Bastian, W. Eichler, F. Huber y N. Jaufmann, Electrotecnia, Madrid: Ediciones Akal, S.A, 2001.
- [23] E. Larrode, Automóviles eléctricos., Zaragoza, España: Editorial reverté, 1997.
- [24] v. rockola, «Diodos,» [En línea]. Available: <http://www.videorockola.com/proyectos-electronicos/curso-de-electronica-basica/electronica-basica-diodos/>.
- [25] D. Aranda, Electronica: plataformas Arduino y raspberry Pi, Buenos Aires: Fox Andina S.A, 2014.
- [26] Vistronica SAS, «Módulo Relé SRA RF Programable de 12 Canales 70 Metros,» [En línea]. Available: <https://www.vistronica.com/comunicaciones/radiofrecuencia/modulo-rele-sra-rf-programable-de-12-canales-70-metros-sutagao-detail.html>.
- [27] NTC2050, «norma tecnica colombiana,» 25 11 1998. [En línea].
- [28] RETIE, «Reglamento tecnico de instalaciones eléctricas,» 30 08 2013. [En línea].
- [29] S. Gómez González, «SolidWorks®,» Marcombo, Barcelona , 2008.
- [30] lastminuteengineers, «How 433MHz RF Tx-Rx Modules Work & Interface with Arduino,» [En línea]. Available: <https://lastminuteengineers.com/433mhz-rf-wireless-arduino-tutorial/>.
- [31] L. Hitachi Chemical Energy Technology Co., «Hitachi Chemical Energy Technology Co., Ltd,» [En línea]. Available: [https://www.csb-battery.com/spain/01\\_product/02\\_detail.php?fid=6&pid=22](https://www.csb-battery.com/spain/01_product/02_detail.php?fid=6&pid=22).
- [32] Motorex, «¿Cuál es la diferencia entre los motores eléctricos CA y CC?,» 7 Octubre 2019. [En línea]. Available: <http://www.motorex.com.pe/blog/cual-es-la-diferencia-entre-los-motores-electricos-ca-y-cc/>.