



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS E INGENIERIA

**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE VEHICULO EXTRA LIGERO
PARA CAMPO DE GOLF**

TESIS PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO

P R E S E N T A:

IGNACIO ESTRADA VELAZCO

ASESOR: MTRO. ANDRES AGUILAR NEGRETE



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS e INGENIERÍA

Programas educativos de calidad reconocidos por CIEES , CACEI y CONACYT
Certificada en la norma ISO 9001:2015



Facultad de Ciencias
Químicas e Ingeniería

FORMA T-4A
NOMBRAMIENTO COMITÉ REVISOR

Cuernavaca, Mor., a 30 de ENERO del 2020.

MTRO. ANDRES AGUILAR NEGRETE
DR. MOISES MONTIEL GONZALEZ
MTRO. JAVIER MACEDONIO ANDRES
MTRO JUAN MANUEL ZAGAL SANCHEZ
DR. HORACIO MARTINEZ VALENCIA

P R E S E N T E S

Me permito comunicarles que han sido designados integrantes del **COMITÉ REVISOR** del trabajo de:

TESIS

Titulado:

**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE VEHICULO EXTRA LIGERO PARA
CAMPO DE GOLF**

Que presenta el **C. ESTRADA VELAZCO IGNACIO**
Del programa educativo de: **INGENIERÍA MECÁNICA**



ATENTAMENTE
Por una humanidad culta

DRA. VIRIDIANA AYDEÉ LEÓN HERNÁNDEZ
DIRECTORA

DICTAMEN

DRA. VIRIDIANA AYDEÉ LEÓN HERNÁNDEZ
DIRECTORA DE LA FCQeI

P R E S E N T E

En respuesta a su amable solicitud para emitir DICTAMEN sobre el trabajo que se menciona, me permito informarle que nuestro voto es:

VOTO	NOMBRE	FIRMA
Aprobatorio	MTRO. ANDRES AGUILAR NEGRETE	
Aprobatorio	DR. MOISES MONTIEL GONZALEZ	
Aprobatorio	MTRO. JAVIER MACEDONIO ANDRES	
APROBATORIO	MTRO JUAN MANUEL ZAGAL SANCHEZ	
APROBATORIO	DR. HORACIO MARTINEZ VALENCIA	

FAO/srpm

Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca Morelos, México, 62209,
Tel. (777) 329 70,00, Ext. 7039/ fcqei@uaem.mx



ÍNDICE

JUSTIFICACIÓN	4
HIPÓTESIS	5
ALCANCES	5
OBJETIVO	5
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	6
CAPITULO 2. MARCO TEORICO	8
2.1 Antecedentes	8
2.2 Baterías	16
2.2.1 Ánodo y Cátodo	16
2.2.2 Elementos importantes de una batería	19
2.2.2.1 Química	19
2.2.2.2 Voltaje	19
2.2.2.3 Capacidad	19
2.2.2.4 Energía específica, densidad de energía.	20
2.2.2.5 Potencia específica	20
2.2.2.6 Velocidad C (c-rate)	21
2.2.2.7 Carga	22
2.2.2.8 Watts y Volt-ampere (VA)	22
2.2.3 Estados de una batería	23
2.2.3.1 Estados de salud. SoH (State-of-health)	23
2.2.3.2 Estado de carga Soc (State-of-charge)	24
2.2.3.3 Estado de funcionamiento Sof (State-of-function)	24
2.2.4 Baterías primarias	26
2.2.5 Baterías secundarias	26
2.2.6 Cargadores de batería	32
2.2.6.1 Tipos de cargadores	33
2.2.6.2 Cargadores ultra rápidos	35

2.2.6.3 C-rate	37
2.2.7 Almacenar energía renovable	38
2.2.7.1 Cargando con el sol	39
2.2.8 Descarga de una batería	41
2.2.8.1 Descarga profunda	42
2.2.8.2 Ciclo de descarga.	43
2.2.8.3 Puntos importantes en el rendimiento de una batería	43
2.2.9 Baterías para Vehículos eléctricos (VE)	44
2.2.10 Puntos importantes de la batería de un vehículo eléctrico	46
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA DE TRABAJO	48
3.1 REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO	48
3.1.1 Identificación de una necesidad.	48
3.1.2 Identificación del cliente	49
3.1.3 Clientes potenciales	50
3.1.4 Requerimientos de diseño	51
3.1.5 Requerimientos operacionales	54
3.1.6 Metodología QFD	55
3.1.7 Árbol de funciones	58
3.1.8 Especificaciones de diseño cuantificadas	60
3.2. DISEÑO CONCEPTUAL	62
3.2.1 Definir el problema.	62
3.2.2 Búsqueda de soluciones externas	64
3.2.3 Análisis de baterías a ocupar	69
3.2.4 Búsqueda de soluciones internas	71
3.2.5 Tabla de comparativos de transmisión	76
3.2.6 Matriz de alternativas	78
3.2.7 Evaluación de conceptos	81
3.2.8 Concepto final	83
3.3.1 Centro de gravedad	88
3.3.2 Análisis del sistema de transmisión	91
3.3.3 Análisis del sistema eléctrico y control	96
3.3.4 Análisis del sistema de dirección	98
3.3.5 Análisis de suspensión delantera	101
3.3.6 Análisis de suspensión trasera	105

3.3.7 Análisis estructura	108
3.3.8 Análisis de la flecha	110
CAPITULO 4 RESULTADOS Y DISCUSION	113
4.1 Ingeniería de detalle y construcción del prototipo final	113
4.1.2 Chasis principal	113
4.1.3 Chasis secundario	116
4.1.4 Llantas y suspensión delanteras	118
4.1.5 Llantas y suspensión trasera	121
4.1.6 Transmisión	123
4.1.7 Dirección	125
4.1.8 Accesorios	126
4.1.8.1 Luces	126
4.1.8.2 Techo y soporte para bolsa de golf	128
4.1.8.3 Cargadores USB TTL	131
4.1.8.4 Claxon.	131
4.1.8.5 Panel solar.	132
4.1.9 Acabados	132
4.2 PUESTA EN MARCHA	137
CONCLUSIONES	141
TRABAJOS POSTERIORES	142
GLOSARIO	143
BIBLIOGRAFIA	144

JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo se enfocará en los avances tecnológicos que se tienen actualmente en el ámbito del transporte personal dentro de un campo de golf.

Todo se dio a raíz de una idea, luego de observar y conocer la forma en la cual se lleva a cabo el golf en un día de juego común, se consideró la posibilidad de ofrecer a los jugadores una nueva modalidad en el medio de transporte que se utiliza comúnmente, el cual es el vehículo de golf ordinario y de esta forma introducir al mercado una opción más para elegir, una opción nueva que cambiara y modernizara la forma del transporte y que además involucre la premisa actual en tendencia, que es la cuestión ecológica. El problema planteado fue el diseñar y construir un vehículo propulsado por pedales y asistido por un motor eléctrico capaz de mover a una persona y todos los elementos necesarios para la práctica de golf a través de un campo de golf durante una ronda de juego. Pero que no solo cumpliera esa función, sino que además fuera cómodo y divertido permitiendo un desplazamiento controlado por pedaleo, pero ligero, partiendo de ahí para el desarrollo de nuevos y diferentes vehículos urbanos amigables con el medio ambiente.

Se investigó en diferentes fuentes información recientes para encontrar la información necesaria la cual nos insertará en el diseño del vehículo, el cual fuera lo más cercano a la necesidad del mercado y con las ventajas de que el diseño facilitará la construcción, operación y mantenimiento del prototipo.

Se realizó un estudio de mercado con consumidores que están en el ámbito para tener un punto de partida sobre las necesidades del mercado, y poder establecer parámetros de diseño, ya que finalmente el producto tiene que gustar al público, ser fácil de operar y tener un buen desempeño.

La importancia de este trabajo de tesis recae en generar un producto que permita al usuario moverse a través de un campo de golf, con todos los utensilios necesarios para la práctica del deporte de una manera cómoda y eficaz.

HIPÓTESIS

Un vehículo propulsado por pedales asistido por un motor eléctrico es factible para la práctica cómoda y segura del golf, que permita al jugador desplazarse con las comodidades necesarias para la práctica del mismo, que sea ligero para poder circular libremente por el pasto y que sea lo más amable con el medio ambiente posible. Integrando todos los sistemas necesarios para el funcionamiento correcto del vehículo.

ALCANCES

La presente investigación tiene como propósito el diseño, construcción y la puesta en marcha de un vehículo que pueda ser impulsado a través de pedales, y sea asistido por un motor eléctrico con el fin de ser utilizado en un campo de golf. Con la finalidad de generar una estrategia de construcción que nos permita una fácil manipulación basados en el diseño, el material que se utilizará será perfiles cuadrados tipo PTR de acero.

OBJETIVO

El objetivo general del presente trabajo es diseño, construcción y la puesta en marcha de un vehículo impulsado por un sistema de pedales y asistido por un motor eléctrico.

Objetivos particulares

Realizar el diseño de un vehículo, que cuente con las siguientes características:

- Transporte de una persona o 2 de ser posible.
- Transporte además de equipo necesario para la práctica de golf.
- Utilización de celdas solares como sistema de almacenamiento de energía.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe una tendencia mundial a inclinarnos sobre propuestas ecológicas, vehículos eléctricos, y llegar a la sustentabilidad. Esto ocurre en todos los ámbitos de la vida diaria, por lo cual, se propone un diseño de un vehículo eléctrico, que pueda ser propulsado por medio de unos pedales, y cuente con paneles solares para ayudar a la carga de la batería del vehículo.

Dicho diseño estará orientado a su uso en campos de golf como herramienta de transporte de los jugadores y de su equipo necesario para la práctica de este deporte, en particular se refiere al recorrido de 9 o 18 hoyos de un campo de golf como el desempeño que tendrá el vehículo.

Este proyecto surgió con la inquietud de desarrollar un vehículo urbano autopropulsado por el usuario, después de la maduración de la idea, dicha inquietud evoluciono a la implementación de un motor eléctrico para asistir la propulsión creada por el usuario y así facilitar el desplazamiento del vehículo.

El diseño empezó con bocetos donde se plasmaron diversas propuestas y una vez conseguida la idea de diseño adecuada, se realizó el plano en computadora con ayuda del software SolidWorks, después de completar el modelado por computadora se procedió a comenzar con la construcción del prototipo, basado en los planos creados, Cabe destacar que el diseño es un proceso iterativo, lo cual significa que se generan propuestas sin tener la certeza de cuál será la mejor opción para dar resultado al problema. Al desarrollar el proceso de manufactura y construcción del prototipo nos percatamos que era posible mejorar algunos aspectos del mismo. Ejemplo de esto es la suspensión delantera que en el diseño original contaba únicamente con un brazo para soportar la llanta, y al construirlo nos percatamos que eso imposibilitaba el sistema de dirección y era demasiado esfuerzo para un solo brazo por lo cual cambiamos el sistema de suspensión delantero por el de dos brazos por lado. De igual manera hemos probado el prototipo en condiciones de laboratorio y realizando implementaciones para

mejorar su desempeño, ejemplo de esto es el eje trasero, el cual al probar el funcionamiento de la transmisión nos percatamos que existía demasiada torsión para ser una barra sólida, por lo cual nos vimos en la necesidad de implementar un diferencial para eliminar esa torsión y evitar el deslizamiento en las llantas traseras al dar vueltas. En el desarrollo de este proyecto de tesis debido a que se encuentra en fase de prototipo nos centramos únicamente a la cuestión de funcionabilidad dejando atrás la estética permitiendo así concluir con todas las pruebas necesarias para corroborar su correcto funcionamiento. En el proceso de construcción se usaron materiales con características excedentes en peso, con la finalidad de tener un prototipo que fuera probado en condiciones más allá de las normales ya que con una exigencia mayor, las simulaciones y pruebas permitirían conocer posibles defectos y de esta forma se optimizo el modelo, concluyendo que, al usar el material ideal para su funcionamiento, el cual debe ser completamente eficiente y seguro.

CAPITULO 2. MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes

El golf es un deporte de precisión cuyo objetivo es introducir una bola en los hoyos que están distribuidos en el campo con el menor número de golpes, utilizando para cada tipo de golpe uno de entre un conjunto de palos ligeramente diferentes entre sí, ya que la cabeza del palo tiene grados distintos al igual que las varillas tienen longitudes distintas. A menor número de grados, mayor longitud de la varilla y por lo tanto más distancia. Como máximo se pueden llevar 14 palos. Al que practica el golf se le denomina golfista.

Se cree que el juego de golf moderno se originó en Escocia, en el siglo XV. Este deporte formó parte del programa Olímpico dos veces: en los Juegos de París 1900 y, por última vez, en St. Louis 1904, donde solo se realizaron competiciones masculinas donde Estados Unidos y Canadá fueron los únicos participantes. En los Juegos Rio 2016, después de 112 años ausente, el golf vuelve a los Juegos Olímpicos.

En sus inicios el golf era un deporte donde la única manera de moverse a través de un campo de golf era caminando, y cargando la pesada bolsa de bastones, para lo cual un caddy podía ayudarte con el trabajo y ofrecerte algún consejo sobre el difícil juego. Con el tiempo se incorporó un pequeño tripie con ruedas para llevar la bolsa de bastones, hasta que se incorporó el carro de golf motorizado. Se tiene registro que el primer uso de un carro motorizado en un campo de golf fue por JK Wadley de Texarkana, Texas / Arkansas, que observó un carro eléctrico de tres ruedas que se utilizan en Los Ángeles para el transporte de las personas mayores a la tienda de comestibles. Más tarde, se adquirió un carro y encontró su mal funcionamiento dentro de un campo de golf. El primer carro de golf eléctrico fue por encargo en 1932, pero no ganó una amplia aceptación en la década de 1930 hasta la década de 1950 donde se extendió el uso de los carros de golf para las personas con discapacidad, o que no podían caminar mucho. Por mediados de 1950 el carro de golf había ganado una amplia

aceptación entre los golfistas, con varios fabricantes y la producción de diversos modelos. Merle Williams de Long Beach, California fue un innovador principios del carro de golf eléctrico, él comenzó con conocimiento obtenido de la producción de vehículos eléctricos debido a su participación en la Segunda Guerra Mundial y el racionamiento de la gasolina. A partir de ese momento se popularizo cada vez más la producción de carros de golf para grandes empresas, EZGO comenzó a producir coches de golf en 1954, Cushman en 1955, ClubCar en 1958, TaylorDunn en 1961, HarleyDavidson en 1963, Yamaha Golf Car en 1979 y CT & T en 2002. Max Walker creó el primer carro de golf de gasolina "El Ejecutivo Walker" en 1957. Los cuales coincidían en un diseño de un carro para dos pasajeros y una bolsa de bastones. Por lo que en la actualidad sólo se puede mover a través de un campo de golf caminando o con un tripie con ruedas a través del pasto, o por carritos eléctricos o a gasolina a través de caminos especiales de concreto, ya que son muy pesados y dañan el pasto. Además, que los vehículos eléctricos existentes utilizan de 6 a 8 baterías de ácido de plomo, parecidas a las que usan los automóviles, las cuales son muy pesadas, y deben de ser cambiadas aproximadamente una vez cada año, lo cual encarece el mantenimiento de los mismos y más que ayudar al ambiente al no gastar combustibles fósiles crean más basura de baterías.

¿Por qué el golf es tan popular? En una cálida tarde de verano en Forth Worth Texas, una madre estaba ayudando a su hijo de seis años a realizar un putt en un Par-3 cuando un hombre mayor se acercó a ellos. "Jovencita" le dijo el hombre, "me gustaría felicitarte por tomarte el tiempo para enseñarle a tu hijo a jugar golf. Nunca te arrepentirás de este esfuerzo, Tu hijo aprenderá un juego que podrá jugar toda su vida."

Ese hombre era Ben Hogan, un jugador dominante en su era, y en esas simples palabras dedicadas a una madre e hijo que no conocía, él resumió la esencia de la popularidad del Golf.

Para todas las personas el Golf es un juego que puede jugarse de por vida. Aunque seas joven, viejo, hombre o mujer, alto o bajo, gordo o flaco, tu puedes

jugar desde el momento que tienes edad suficientemente como para balancear un bastón, hasta que eres lo suficientemente mayor como para no poder hacerlo. [1]

Siendo el golf un deporte para clase social alta y medio alta, existen varias variantes que los jugadores pueden disponer para recorrer un campo, las cuales serían:

- A pie, siempre existe la posibilidad de recorrer el campo caminando, y para eso se puede disponer de un caddie que cargue con los bastones. O se puede disponer de un carro manual en forma de un tripie con dos o tres ruedas Figura 2.1. que en algunos casos cuentan con un portavasos sencillo, un pequeño compartimiento para guardar cosas y un orificio para colocar una sombrilla.



Figura 2.1. Tripie con ruedas para cargar la bolsa de golf.

- Carro a gasolina, los carros de este tipo utilizan comúnmente un motor de 125cc, y oscilan entre las 2, 4, 6 hasta las 10 plazas Figura 2.2. normalmente se utilizan en recorridos para observar el predio, moverse entre la lotificación, por su alto costo no es recomendable para el juego, ya que los grupos de jugadores no exceden las cuatro personas.



Figura 2.2. Carro de golf a gasolina de 6 plazas.

- Carro eléctrico, este tipo de vehículos son los más comúnmente utilizados por los golfistas, es sus distintas presentaciones, existiendo desde modelos en forma de tripie con un motor eléctrico que carga únicamente con el peso de los bastones, hasta el modelo de dos plazas utilizado más frecuentemente Figura 2.3. cuyas especificaciones se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1 Características de un carro de golf de la marca EZGO, para dos personas.

[2]

Motor:	48 V
Potencia:	3.7kw
Batería:	8 Voltios x 6 unidades, 145 AH
Cargador:	Sistema de 48 Voltios DC, 17 A
Controlador:	Capacidad de 250 amperios, Curtis controlador 1266
Dirección:	Dual tipo automóvil puntal y auto-ajuste de cremallera y piñón de dirección.

Suspensión delantera:	Resorte helicoidal con amortiguador hidráulico
Suspensión trasera:	Resorte helicoidal con amortiguador hidráulico
Frenos:	Doble rueda trasera frenos de tambor mecánico, autoajustable
Chasis:	Tubo de acero soldado de alta resistencia a la fluencia con pintura líquida.
Cuerpo o "tapas":	Aleación industrial automático de plástico especial.
Neumáticos:	18x8. 50-8/18x8. 50-8



Figura 2.3. Carro de golf eléctrico.

- Golf Board: El Golf Board Figura 2.4. es una tabla motorizada con un compartimento especial para cargar los bastones de golf, dicho vehículo es solamente para una persona que vaya parada, y está siendo introducido en Estados Unidos. Tiene una velocidad máxima de 20 km/h y un costo aproximado de \$13000 dolares.



Figura 2.4. Golf Board.

- Golf Bikes: Figura 2.5. Son bicicletas que han sido adaptadas para poder llevar los bastones de golf en la parte trasera, esto brinda al jugador una sensación de mayor rapidez en la ronda de juego y una opción diferente. Su costo es relativamente bajo, pero no generan una gran prestación al usuario. Y son utilizadas en muy pocos campos en Estados Unidos.



Figura 2.5. Golf Bike.

- Vehículos eléctricos: en la actualidad se están popularizando mucho los vehículos eléctricos para uso urbano, un ejemplo de este tipo de iniciativas es la patente Española ES 1 107 807 U, Figura 2.6. que muestra un triciclo eléctrico plegable, el cual está diseñado para ser un vehículo de fácil de almacenar, y transporte a una sola persona. Al ser una patente no describe a profundidad sus características, pero estos vehículos suelen ser de baja velocidad, de 10 a 15Km/h y tener una baja autonomía.

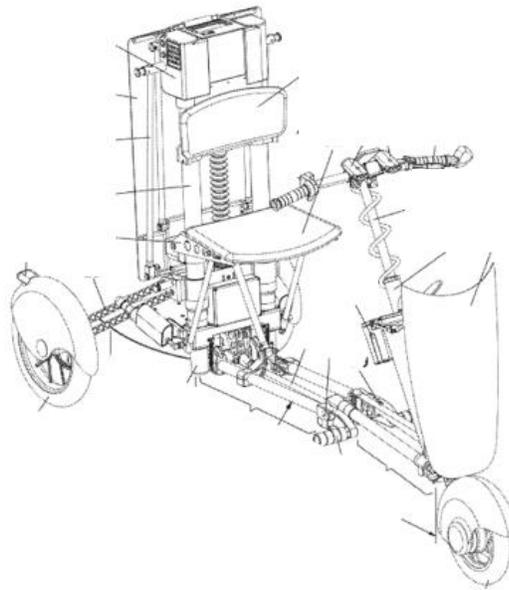


Figura 2.6. Triciclo eléctrico.

- Triciclo eléctrico para golf: La patente Española ES 2 159 474 B1 Figura 2.7. muestra un triciclo eléctrico para ser usado en campos de golf, dicho vehículo es para una persona, y tiene un compartimiento en la parte delantera para sostener la bolsa de los bastones, así como también cuenta con la capacidad de plegar el asiento y el volante para que sea fácilmente almacenado. Lamentablemente no incluyen información sobre las características del vehículo como su peso, carga útil, o autonomía.

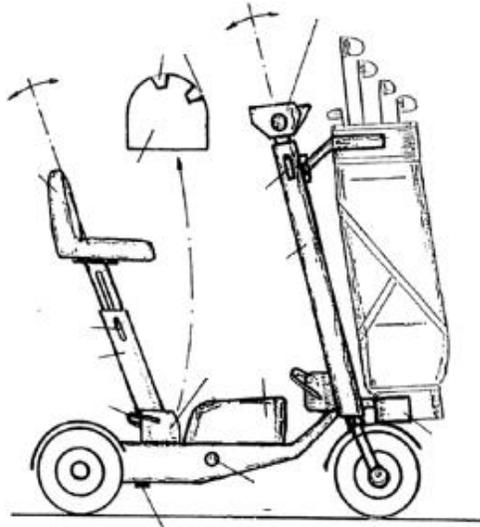


Figura 2.7. Triciclo eléctrico para golf.

2.2 Baterías

La palabra "batería" proviene de la antigua palabra francesa *baterie*, que significa "acción de golpeo", relacionada con un grupo de cañones en batalla. En un esfuerzo por encontrar un dispositivo de almacenamiento de energía, los científicos en el siglo XVIII adoptaron el término "batería" para representar múltiples células electroquímicas conectadas entre sí.

Una batería consta de dos electrodos que están aislados por un separador y empapados en electrolito para promover el movimiento de iones. Se están probando nuevos materiales activos, cada uno ofrece atributos únicos, pero ninguno ha ofrecido una solución definitiva.

Una batería electroquímica consiste en un cátodo, un ánodo y un electrolito que actúa como catalizador. Durante la carga, se forma una acumulación de iones positivos en la interfaz del cátodo / electrolito. Esto lleva a que los electrones se muevan hacia el cátodo, creando un potencial de voltaje entre el cátodo y el ánodo. La liberación se produce mediante una corriente de paso desde el cátodo positivo a través de una carga externa y de vuelta al ánodo negativo. En recarga, la corriente fluye en la otra dirección.

Una batería tiene dos vías separadas; uno es el circuito eléctrico a través del cual fluyen los electrones, alimentando la carga, y el otro es el camino donde los iones se mueven entre los electrodos a través del separador que actúa como aislante de los electrones. Los iones son átomos que han perdido o ganado electrones y se han cargado eléctricamente. El separador aísla eléctricamente los electrodos, pero permite el movimiento de iones. [3]

2.2.1 Ánodo y Cátodo

El electrodo de una batería que libera electrones durante la descarga se llama ánodo; el electrodo que absorbe los electrones es el cátodo Figura 2.8.

En una batería de descarga, el ánodo siempre es negativo y el cátodo es positivo. Un tubo de vacío, un diodo o una batería en el ánodo de carga es el electrodo positivo; sin embargo, quitar energía de una batería al descargar convierte el ánodo en negativo. Como la batería es un dispositivo de almacenamiento eléctrico que proporciona energía, la designación no cambia entre la carga y la descarga. El ánodo de la batería en el modo de descarga es siempre negativo.

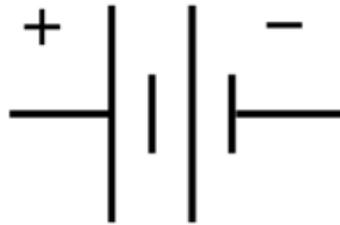


Figura 2.8. Símbolo de la batería. El cátodo de la batería es positivo; el ánodo es negativo. [4]

La Tabla 2, 3 y 4. Exponen la composición de las baterías secundarias a base de níquel, litio y plomo incluyendo sus componentes básicos.

Tabla 2. Composición de Plomo ácido. [5]

Plomo ácido	Cátodo (positivo)	Ánodo (negativo)	Electrolito
Material	Dióxido de plomo (marrón chocolate)	Plomo gris, (esponjoso cuando se forma)	Ácido sulfúrico
Carga completa	Oxido de plomo (PbO ₂), electrones agregados a una placa positive.	Plomo (Pb), electrones removidos de placa	Ácido sulfúrico fuerte
Descarga	Plomo se convierte en sulfato de plomo en el		Ácido sulfúrico

Plomo ácido	Cátodo (positivo)	Ánodo (negativo)	Electrolito
	electrodo negativo, los electrones son conducidos a la placa negativo de la placa positive.		débil, (como agua)

Tabla 3. Composición de Niquel, NiMH y NiCd. [6]

NiMH, NiCd	Cátodo (positivo)	Ánodo (negativo)	Electrolito
Material	Níquel oxihidróxido	NiMH: aleación de absorción de hidrogeno. NiCd: Cadmio	Hidróxido de potasio

Tabla 4. Composición de Ion de Litio. [7]

Ion de litio	Cátodo (positivo) en lámina de cobre	Ánodo (negativo) en papel de aluminio	Electrolito
Material	Óxido de metal derivados de cobalto, níquel, manganeso, hierro y aluminio	Basado en carbón	Sal de litio en un solvente orgánico
Carga completa	Óxido metálico con estructura de intercalación	Los iones de litio migraron al ánodo	
Descargado	Los iones de litio vuelven al electrodo positivo	Principalmente carbono	

2.2.2 Elementos importantes de una batería

Para comprender las diferencias en las químicas y clasificaciones y cómo se aplican, las baterías se especifican por tres características principales: química, voltaje y energía específica (capacidad). Una batería de arranque también proporciona amplificadores de arranque en frío (CCA), que se relaciona con la capacidad de proporcionar alta corriente a bajas temperaturas.

2.2.2.1 Química

Las baterías químicas más comunes son plomo, níquel y litio, y cada sistema necesita un cargador designado. Alimentando una batería en un cargador diseñado para un elemento diferente puede parecer que funciona al principio, pero podría fallar al terminar la carga correctamente. Por lo anterior se recomienda verificar el elemento al enviar y desechar baterías, ya que cada elemento tiene un requisito reglamentario diferente.

2.2.2.2 Voltaje

Las baterías están marcadas con voltaje nominal; sin embargo, el voltaje de circuito abierto OCV (Open Circuit Voltage) en una batería completamente cargada es 5-7 por ciento más alto. El elemento y la cantidad de células conectadas en serie proporcionan el OCV. La tensión de circuito cerrado CCV (Close Circuit Voltage) es la tensión de funcionamiento. Siempre verifique la tensión nominal correcta antes de conectar una batería.

2.2.2.3 Capacidad

La capacidad representa energía específica en amperios-hora (Ah). Ah es la corriente de descarga que una batería puede entregar a lo largo del tiempo. Puede

instalar una batería con un Ah más alto que el especificado y obtener un tiempo de ejecución más largo; también puedes usar un paquete un poco más pequeño y esperar un tiempo de ejecución más corto. Los cargadores tienen cierta tolerancia en cuanto a la clasificación Ah (con el mismo voltaje y la misma química); una batería más grande simplemente tardará más tiempo en cargarse que un paquete más pequeño, pero la discrepancia Ah no debe exceder el 25 por ciento. Las baterías de arranque europeas están marcadas en Ah; América del Norte usa la capacidad de reserva (RC). RC refleja el tiempo de descarga en minutos a una descarga de 25A.

2.2.2.4 Energía específica, densidad de energía.

La energía específica, o densidad de energía gravimétrica, define la capacidad de la batería en watts-hora por kg (Wh / kg); densidad de energía, o densidad de energía volumétrica, refleja el volumen en litros (Wh / l). Los productos que requieren largos tiempos de ejecución a carga moderada están optimizados para una energía específica alta; la capacidad de entregar altas cargas de corriente puede ignorarse.

2.2.2.5 Potencia específica

La potencia específica o densidad de potencia gravimétrica indica capacidad de carga. Las baterías para herramientas eléctricas están hechas para una potencia específica alta y vienen con energía específica (capacidad) reducida. La Figura 2.9 ilustra la relación entre la energía específica (agua en botella) y la potencia específica (apertura del conducto).

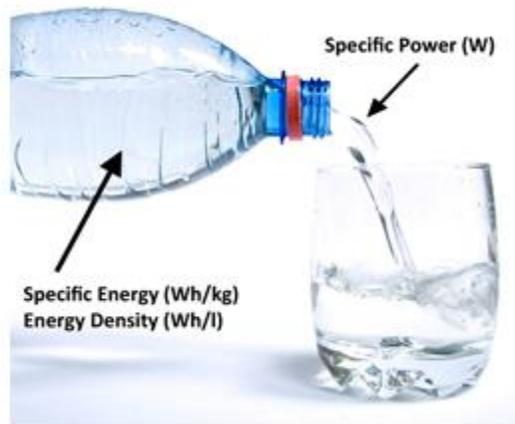


Figura 2.9. Relación entre energía específica y potencia específica. [8]

El agua en la botella representa energía específica (capacidad); el pico que vierte el agua controla la potencia específica (carga). La batería AA puede tener una alta energía específica pero poca potencia específica, como es el caso con la batería alcalina.

2.2.2.6 Velocidad C (c-rate)

La velocidad C específica la velocidad a la que una batería se carga o descarga. A 1C, la batería se carga y descarga a una corriente que está a la par con la calificación Ah. A 0.5C, la corriente es la mitad y el tiempo se duplica, y a 0.1C la corriente es una décima y el tiempo es 10 veces.

2.2.2.7 Carga

Una carga define la corriente que se extrae de la batería. La resistencia interna de la batería y el estado de carga de agotamiento (SoC) hacen que el voltaje caiga bajo carga, lo que provoca el final de la descarga. La potencia se refiere a la entrega actual medida en vatios (W); la energía es el trabajo físico en el tiempo medido en vatios-hora (Wh).

Una carga define la corriente que se extrae de la batería. La resistencia interna de la batería y el estado de carga de agotamiento (SoC) hacen que el voltaje caiga bajo carga, lo que provoca el final de la descarga. La potencia se refiere a la entrega actual medida en vatios (W); la energía es el trabajo físico en el tiempo medido en vatios-hora (Wh)

2.2.2.8 Watts y Volt-ampere (VA)

Watt es el *poder real* que se mide; VA es la *potencia aparente* que se ve afectada por una carga reactiva. En una carga puramente resistiva, las lecturas VA y VA son iguales; una carga reactiva tal como un motor inductivo o luz fluorescente causa un desplazamiento de fase entre la tensión y la corriente que reduce el factor de potencia (pf) del ideal (1) a 0,7 o inferior. El dimensionamiento del cableado eléctrico y los interruptores automáticos se debe basar en la potencia VA.

2.2.3 Estados de una batería

2.2.3.1 Estados de salud. SoH (State-of-health)

Los tres indicadores principales de estado de la salud de una batería son:

1. Capacidad, la capacidad de almacenar energía
2. Resistencia interna, la capacidad de entregar corriente, y
3. Auto descarga, que refleja la integridad mecánica y las condiciones relacionadas con el estrés

Li-ion revela SoH en capacidad. La resistencia interna y la auto descarga permanecen bajas en circunstancias normales. SoH se oculta comúnmente del usuario en productos de consumo; solo se proporciona estado de carga SoC (State of Charge) . SoH a veces se divide en:

- Estado de salud absoluto (ASoH), la capacidad de almacenar la energía especificada cuando la batería es nueva
- Estado de salud relativo (RSoH), capacidad de almacenamiento disponible cuando la batería está rota

Nota: A menos que se mencione lo contrario, RSoH se refiere a SoH.

2.2.3.2 Estado de carga Soc (State-of-charge)

SoC refleja el nivel de carga de la batería; un usuario de la batería de lectura está más familiarizado. El medidor de combustible SoC puede crear una falsa sensación de seguridad, ya que una batería buena y descolorida se muestra al 100 por ciento cuando está completamente cargada.

SoC a veces se divide en:

- Estado de carga (ASoC) absoluto, la capacidad de tomar la carga especificada cuando la batería es nueva
- Estado de la salud relativo (RSoC), capacidad de toma de nivel de carga disponible, desvanecimiento en cuenta.

Nota: A menos que se mencione lo contrario, RSoC se refiere a SoC.

2.2.3.3 Estado de funcionamiento Sof (State-of-function)

SoF refleja la disponibilidad de la batería en términos de energía utilizable mediante la observación del estado de carga en relación con la capacidad disponible. Esto puede mostrarse con el medidor de combustible tri-estado en el que la capacidad utilizable se refleja como energía almacenada en forma de carga (RSoH); la parte que puede llenarse como vacía y la parte inutilizable que no se puede restaurar como basura. SoF también se puede presentar con el icono de pecera para una evaluación de la batería de un vistazo. Los indicadores de combustible tri-estatales rara vez se usan por temor a reclamaciones de garantía elevada. Algunos dispositivos ofrecen un código de acceso para que el personal de servicio lea SoF.

La Figura 2.10. Se resume el estado de la batería y el estado del cargador gráficamente.

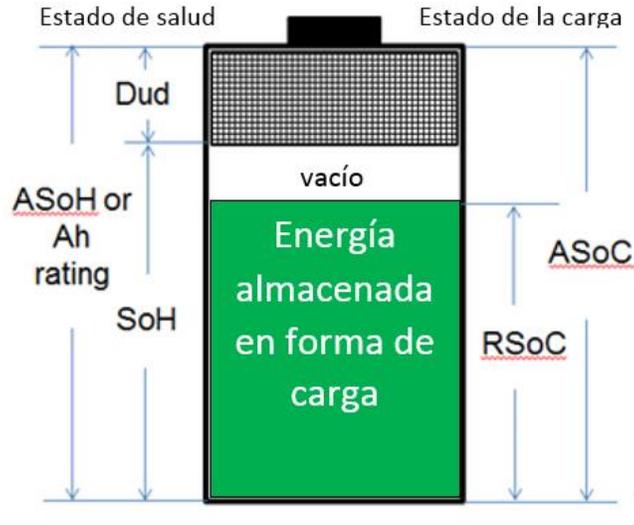


Figura 2.10. Relación del estado de salud de la batería y el estado de carga. [9]

Compendio de términos:

Estado de salud de SoH. Término genérico para la salud de la batería. La capacidad es un indicador de salud de la batería.

ASoH estado de salud absoluto de una batería nueva.

RSoH Estado relativo de salud relativo a la capacidad disponible

SoC Estado de carga. Término genérico para nivel de carga.

ASoC Estado de carga absoluto de una batería nueva

RSoC estado relativo de carga; nivel de carga con fundido de capacidad

2.2.4 Baterías primarias

Las baterías primarias, también conocidas como baterías no recargables, tienden a quedar eclipsadas por la atención de los medios que reciben las baterías secundarias o recargables.

Las primarias juegan un papel importante, especialmente cuando la carga es poco práctica o imposible, como en el combate militar, las misiones de rescate y los servicios de incendios forestales. Reguladas bajo IEC 60086, las baterías primarias también sirven para marcapasos en pacientes cardíacos, medidores de presión de neumáticos en vehículos, medidores inteligentes, brocas inteligentes en minería, rastreo de animales, así como relojes de pulsera, controles remotos, llaves eléctricas y juguetes para niños.

La batería principal más popular es alcalina. Tiene una alta energía específica y es rentable, respetuoso con el medio ambiente y a prueba de fugas, incluso cuando está completamente descargada. Las baterías alcalinas se pueden almacenar durante un máximo de 10 años, tiene un buen historial de seguridad y puede transportarse en una aeronave sin estar sujeto al transporte de las Naciones Unidas y otras reglamentaciones.

El negativo es la baja carga de corriente, lo que limita su uso a cargas ligeras como controles remotos, linternas y dispositivos portátiles de entretenimiento.

2.2.5 Baterías secundarias

Las baterías recargables juegan un papel importante en nuestras vidas y muchas tareas diarias serían impensables sin la capacidad de recargar una batería. Las baterías recargables más comunes son ácido de plomo, NiCd, NiMH y Li-ion. Aquí hay un breve resumen de sus características:

- Ácido de plomo: este es el sistema de batería recargable más antiguo. El ácido de plomo es resistente, indulgente si se abusa de él y tiene un precio económico,

pero tiene una energía específica baja y un número de ciclos limitado. El ácido de plomo se usa para sillas de ruedas, carros de golf, transportes de personal, alumbrado de emergencia y sistema de alimentación ininterrumpida (UPS). El plomo es tóxico y no puede desecharse en vertederos.

- Níquel-cadmio: maduro y bien entendido, el NiCd se utiliza cuando se requiere una vida útil prolongada, una corriente de descarga alta y temperaturas extremas. NiCd es una de las baterías más resistentes y duraderas; es la única química que permite una carga ultrarrápida con un estrés mínimo. Las principales aplicaciones son herramientas eléctricas, dispositivos médicos, aviación y UPS. Debido a preocupaciones ambientales, el NiCd se está reemplazando con otras químicas, pero conserva su estado en el avión debido a su buen historial de seguridad.

- Hidruro de metal de níquel: sirve como reemplazo de NiCd, ya que tiene solo metales tóxicos suaves y proporciona una energía específica más alta. NiMH se utiliza para instrumentos médicos, automóviles híbridos y aplicaciones industriales. NiMH también está disponible en células AA y AAA para uso del consumidor.

- Iones de litio: el ion de litio está reemplazando a muchas aplicaciones que anteriormente tenían baterías de plomo y de níquel. Debido a problemas de seguridad, Li-ion necesita un circuito de protección. Es más caro que la mayoría de las otras baterías, pero el alto conteo de ciclos y el bajo mantenimiento reducen el costo por ciclo en comparación con muchas otras químicas.

En la Tabla 5. Se compara las características de los cuatro sistemas de baterías recargables de uso común, mostrando las calificaciones de desempeño promedio al momento de la publicación. Li-ion se divide en diferentes tipos, nombrados por sus materiales activos, que son cobalto, manganeso, fosfato y titanato. Falta en la

lista el popular polímero de iones de litio que recibe su nombre del separador único y del sistema de electrolitos. La mayoría son versiones híbridas que comparten el rendimiento con otro Li-ion. También falta el litio-metal recargable, una batería que, una vez que se resuelven los problemas de seguridad, tiene el potencial de convertirse en una opción de batería con una energía específica extraordinariamente alta y una potencia específica buena. La tabla solo trata sobre baterías portátiles y excluye sistemas grandes que se asemejan a una refinería.

Tabla 5. Características de las celdas recargables comúnmente usadas. [10]

La tabla está basada en los desempeños promedio de las baterías en el tiempo de su publicación.

Specifications	Lead Acid	NiCd	NiMH	Li-ion ¹		
				Cobalt	Manganese	Phosphate
Specific energy (Wh/kg)	30–50	45–80	60–120	150–250	100–150	90–120
Internal resistance	Very Low	Very low	Low	Moderate	Low	Very low
Cycle life² (80% DoD)	200–300	1,000 ³	300–500 ³	500–1,000	500–1,000	1,000–2,000
Charge time⁴	8–16h	1–2h	2–4h	2–4h	1–2h	1–2h
Overcharge tolerance	High	Moderate	Low	Low. No trickle charge		
Self-discharge/ month (room temp)	5%	20% ⁵	30% ⁵	<5% Protection circuit consumes 3%/month		
Cell voltage (nominal)	2V	1.2V ⁶	1.2V ⁶	3.6V ⁷	3.7V ⁷	3.2–3.3V
Charge cutoff voltage (V/cell)	2.40 Float 2.25	Full charge detection by voltage signature		4.20 typical Some go to higher V		3.60
Discharge cutoff voltage (V/cell, 1C)	1.75V	1.00V		2.50–3.00V		2.50V
Peak load current Best result	5C ⁸ 0.2C	20C 1C	5C 0.5C	2C <1C	>30C <10C	>30C <10C
Charge temperature	–20 to 50°C (–4 to 122°F)	0 to 45°C (32 to 113°F)		0 to 45°C ⁹ (32 to 113°F)		
Discharge temperature	–20 to 50°C (–4 to °F)	–20 to 65°C (–4 to 49°F)		–20 to 60°C (–4 to 140°F)		
Maintenance requirement	3–6 months ¹⁰ (topping chg.)	Full discharge every 90 days when in full use		Maintenance-free		
Safety requirements	Thermally stable	Thermally stable, fuse protection		Protection circuit mandatory ¹¹		
In use since	Late 1800s	1950	1990	1991	1996	1999
Toxicity	Very high	Very high	Low	Low		
Coulombic efficiency¹²	~90%	~70% slow charge ~90% fast charge		99%		
Cost	Low	Moderate		High ¹³		

Los fabricantes han intentado simplificar la fabricación de baterías al replicar el envasado de alimentos. Cada formato tiene ventajas y desventajas como se resume a continuación:

- **La celda cilíndrica** Figura 2.11. Tiene una alta energía específica, buena estabilidad mecánica y se presta para la fabricación automatizada. El diseño de la celda permite funciones de seguridad adicionales que no son posibles con otros formatos; cicla bien, ofrece una larga vida útil del calendario y es de bajo costo, pero tiene una densidad de empaquetamiento inferior a la ideal. La celda cilíndrica se usa comúnmente para aplicaciones portátiles.

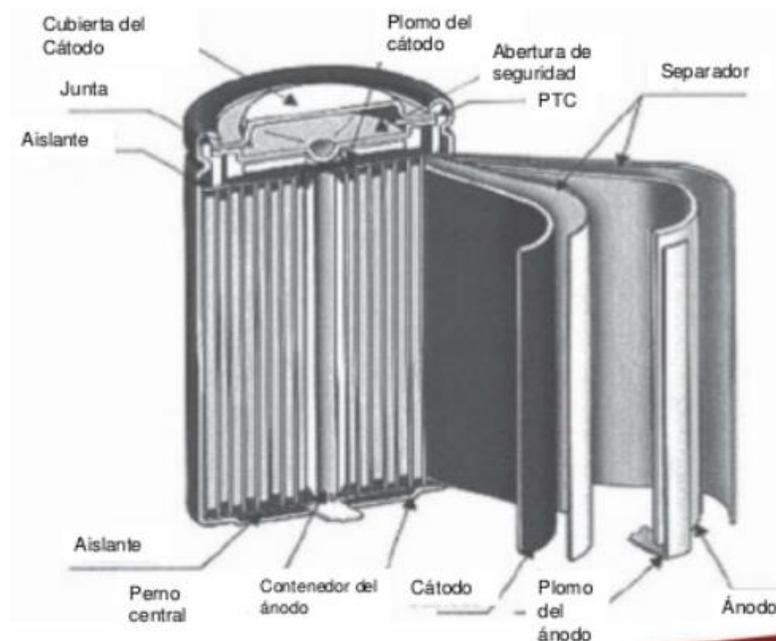


Figura 2.11. Celda cilíndrica. [11]

- **La celda prismática** Figura 2.12. Está encerrada en aluminio o acero para mayor estabilidad, la celda es eficiente en el uso del espacio, pero puede ser más costosa de fabricar que la celda cilíndrica. Las células prismáticas modernas se utilizan en el tren de potencia eléctrico y en los sistemas de almacenamiento de energía.

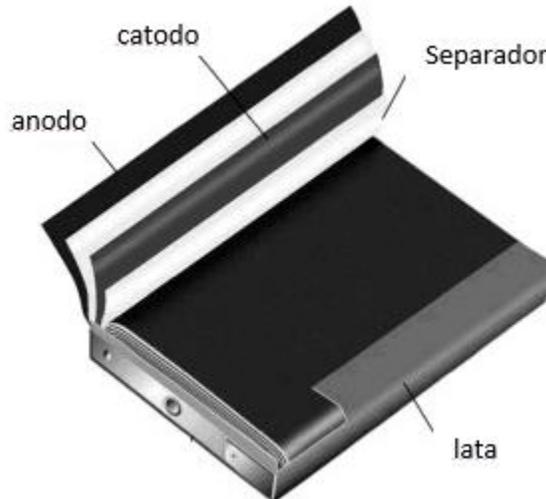


Figura 2.12. Celda prismática. [12]

- **La celda de bolsa** Figura 2.13. utiliza arquitectura laminada en una bolsa. Es ligero y rentable, pero la exposición a la humedad y a altas temperaturas puede acortar la vida útil. Agregar presión de la pila de luz prolonga la longevidad al evitar la delaminación. En algunos diseños de células se debe considerar una hinchazón del 8-10 por ciento en 500 ciclos. Las celdas grandes funcionan mejor con cargas livianas y tiempos de carga moderados. La célula de bolsa está creciendo en popularidad y sirve aplicaciones similares a la célula prismática.



Figura 2.13. Batería de bolsa.

2.2.6 Cargadores de batería

Un buen cargador de batería proporciona la base para baterías duraderas y que funcionan bien. En un mercado sensible a los precios, los cargadores a menudo reciben baja prioridad y obtienen el estado "después del pensamiento". La batería y el cargador deben ir juntos como un caballo y un carro. Una planificación prudente le da a la fuente de alimentación la máxima prioridad al colocarla al comienzo del proyecto en lugar de hacerlo después de que se completa el hardware, como es una práctica común. Los ingenieros a menudo desconocen la complejidad que implica la fuente de alimentación, especialmente cuando se carga en condiciones adversas.

Los cargadores se identifican comúnmente por su velocidad de carga. Los productos de consumo vienen con un cargador personal de bajo costo que funciona bien cuando se usa según las indicaciones. El cargador industrial a menudo es fabricado por un tercero e incluye características especiales, como la carga a temperaturas adversas. Aunque las baterías funcionan por debajo del punto de congelación, no todas las sustancias químicas se pueden cargar cuando

están frías y la mayoría de los iones de litio entran en esta categoría. Las baterías basadas en plomo y níquel aceptan carga cuando están frías pero a un ritmo menor.

Para seleccionar el mejor tipo de cargador es necesario tomar en cuenta el tiempo de cargado que tiene disponible, el estrés al cual será sometida la batería y la química de la misma.

2.2.6.1 Tipos de cargadores

El cargador más básico era el cargador nocturno, también conocido como cargador lento. Esto se remonta a los viejos días de níquel-cadmio, donde un simple cargador aplicaba una carga fija de aproximadamente 0.1C (una décima parte de la capacidad nominal) siempre que la batería estuviera conectada. Los cargadores lentos no tienen detección de carga completa; la carga permanece activa y una carga completa de una batería vacía demora de 14 a 16 horas. Cuando está completamente cargado, el cargador lento mantiene el NiCd tibio al tacto. Debido a su capacidad reducida para absorber la sobrecarga, el NiMH no se debe cargar con un cargador lento. Los cargadores de bajo costo que cargan baterías AAA, AA y C a menudo implementan este método de carga, al igual que los juguetes de algunos niños. Retire las baterías cuando esté caliente.

El cargador rápido se encuentra entre el cargador lento y el ultra y se usa en productos de consumo. El tiempo de carga de un paquete vacío es de 3-6 horas. Cuando está lleno, el cargador cambia a "listo". La mayoría de los cargadores rápidos incluyen detección de temperatura para cargar de manera segura una batería defectuosa.

El cargador ultra rápido ofrece varias ventajas y el obvio es tiempos de carga más cortos. Esto exige una comunicación más estricta entre el cargador y la batería.

A una tasa de carga de 1C, Que típicamente usa un cargador rápido, un NiCd y NiMH vacíos se cargan en poco más de una hora. A medida que la batería se acerca a la carga completa, algunos cargadores basados en níquel reducen la corriente para ajustarse a la menor aceptación de carga. La batería completamente cargada conecta el cargador a la carga lenta, también conocida como carga de mantenimiento. La mayoría de los cargadores basados en níquel actuales tienen una carga de goteo reducida para adaptarse también a NiMH.

La guía simple para comprar un cargador

- Use el cargador correcto para el elemento de la batería prevista. La mayoría de los cargadores sirven solo para un elemento específico. Asegúrese de que el voltaje de la batería concuerde con el cargador. No cargue si es diferente.
- La clasificación Ah de una batería puede ser ligeramente diferente a la especificada. Cargar una batería más grande tardará un poco más que un paquete más pequeño y viceversa. No cargue si la clasificación Ah se desvía demasiado (más del 25 por ciento).
- Un cargador de alto voltaje acorta el tiempo de carga, pero existen limitaciones en cuanto a la velocidad con la que se puede cargar una batería. La carga ultrarrápida causa estrés.
- Un cargador de plomo y ácido debe cambiar a la carga de flotación cuando está completamente saturado; un cargador basado en níquel debe cambiar a carga lenta cuando esté lleno. Li-ion no puede absorber la sobrecarga y no recibe carga lenta. Los cargos de carga lenta y flotación compensan las pérdidas incurridas por la auto descarga.
- Los cargadores deben tener una anulación de temperatura para finalizar la carga en una batería defectuosa.

- Observe la temperatura de carga. Las baterías de plomo y ácido deben mantenerse tibias al tacto; Las baterías basadas en níquel se calentarán hacia el final de la carga, pero deben enfriarse cuando estén "listas". El Li-ion no debe elevarse más de 10°C (18°F) por encima de la temperatura ambiente cuando alcanza la carga completa.
- Verifique la temperatura de la batería cuando usa un cargador de bajo costo. Retire la batería cuando esté caliente.
- Cargue a temperatura ambiente. La aceptación de la carga cae cuando está fría. Li-ion no se puede cargar por debajo del punto de congelación

2.2.6.2 Cargadores ultra rápidos

En ninguna parte la carga ultra rápida tiene cabida en un vehículo eléctrico. Recargar un VE (vehículo eléctrico) en minutos replica la conveniencia de llenar 50 litros (13 galones) de combustible en un tanque que entrega 600kWh de energía. Tal almacenamiento de energía grande en un dispositivo electroquímico no es práctico ya que una batería con tal capacidad pesaría 6 toneladas. La mayoría de Li-ion solo produce alrededor de 150Wh por kg; la energía del combustible fósil es aproximadamente 100 veces mayor. Cargar un VE siempre llevará más tiempo que llenar un tanque, y la batería siempre entregará menos energía por peso que el combustible fósil. Romper el estado de derecho y forzar la carga ultrarrápida agrega estrés, incluso si la batería está diseñada para tal fin. Debemos tener en cuenta que una batería es de naturaleza lenta. Como un hombre que envejece, su condición física se vuelve menos ideal con el uso y la edad. También lo es la capacidad de carga rápida.

Se supone que toda la energía de carga entra en la batería, ya sea que se cargue lentamente, rápidamente o por un método ultra rápido. Las baterías no son lineales y no hay ningún problema con la carga rápida de un Li-ion vacío hasta

aproximadamente el 50% de estado de carga (SoC). Las tensiones se producen en la segunda mitad del ciclo de carga hacia la carga superior cuando la aceptación de los iones de litio en el ánodo se hace difícil. Una analogía son los conductores iracundos que luchan por el último estacionamiento en un centro comercial para conseguir una venta especial.

Ya sea que tenga un vehículo eléctrico, una bicicleta eléctrica, un objeto volador, un dispositivo portátil o un dispositivo de entretenimiento, deben respetarse las siguientes condiciones al cargar una batería de manera ultrarrápida:

1. La batería debe estar diseñada para aceptar una carga ultrarrápida y debe estar en buenas condiciones. El Li-ion puede diseñarse para una carga rápida de 10 minutos aproximadamente, pero la energía específica de dicha celda será baja.
2. La carga ultrarrápida solo se aplica durante la primera fase de carga. La corriente de carga debe reducirse después de que la batería alcanza el 70 por ciento de estado de carga (SoC).
3. Todas las celdas del paquete deben estar equilibradas y tener una resistencia ultra baja. Las células que envejecen a menudo difieren en capacidad y resistencia, lo que causa un desajuste y un estrés indebido en las células más débiles.
4. La carga ultrarrápida solo se puede realizar a temperaturas moderadas, ya que la baja temperatura ralentiza la reacción química. La energía no utilizada se convierte en gas, metalizado y calor.

Si la carga rápida y los altos requisitos de carga son requisitos previos, una celda de poder es ideal; sin embargo, esto aumenta el tamaño y el peso de la batería. Una analogía es elegir un motor diésel pesado para hacer funcionar un camión grande en lugar de un motor trucado diseñado para un automóvil deportivo. El gran diésel sobrevivirá al motor ligero incluso si ambos tienen la misma potencia. Ir más pesado será más económico a largo plazo. La tabla 6. Resume las características de carga de las baterías de plomo, níquel y litio.

Tabla 6. Características de cargadores.

Cada química usa un cargador especial para ella. [13]

Tipo	Química	C rate	Tiempo	Temperatura	Terminación de carga
Cargador lento	NiCd Lead acid	0.1C	14h	0°C to 45°C (32°F to 113°F)	Carga baja continua o temporizador fijo. Sujeto a sobrecarga. Retire la batería cuando esté cargada
Rápido	NiCd, NiMH, Li-ion	0.3-0.5C	3-6h	10°C to 45°C (50°F a 113°F)	Detecta la batería por voltaje, corriente, temperatura y temporizador de tiempo de espera.
Super rápido	NiCd, NiMH, Li-ion	1C	1h+	10°C to 45°C (50°F a 113°F)	Mismo que cargador rápido con mayor servicio.
Ultra rápido	Li-ion, NiCd, NiMH	1-10C	10-60 minutes	10°C to 45°C (50°F a 113°F)	Aplica una carga ultrarrápida al 70% SoC; limitado a baterías especiales.

2.2.6.3 C-rate

Las tasas de carga y descarga de una batería se rigen por C-rates. La capacidad de una batería comúnmente se clasifica en 1C, lo que significa que una batería completamente cargada con capacidad de 1 Ah debe proporcionar 1 A durante una hora. La misma descarga de la batería a 0,5 ° C debe proporcionar 500 mA durante dos horas, y a 2 ° C proporciona 2 A durante 30 minutos. Las pérdidas en descargas rápidas reducen el tiempo de descarga y estas pérdidas también afectan los tiempos de carga.

Una tasa de C de 1 C también se conoce como una descarga de una hora; 0.5C o C / 2 es una descarga de dos horas y 0.2C o C / 5 es una descarga de 5 horas. Algunas baterías de alto rendimiento se pueden cargar y descargar por encima de 1C con un esfuerzo moderado. La Tabla 7. Ilustra tiempos típicos a diversas tasas de C.

Tabla 7. C-rate y tiempos de servicio. [14].

C-rate	Tiempo
5C	12 min
2C	30 min
1C	1h
0.5C or C/2	2h
0.2C or C/5	5h
0.1C or C/10	10h
0.05C or C/20	20h

Tiempos de servicio, cargando y descargando una batería de 1Ah (1,000mAh)

2.2.7 Almacenar energía renovable

Las baterías de almacenamiento han sido principalmente de ácido de plomo y los usuarios se quejan de su corta vida útil. Esto se debe en parte al exceso de ciclos ya que la batería se carga durante el día y se descarga durante la noche. El ácido de plomo tiene un recuento de ciclos limitado y sufre de sulfatación cuando no se carga periódicamente. Una carga completamente saturada demora 16 horas, y ningún sistema solar puede suministrar energía por este tiempo. Además, el consumo eléctrico tiende a aumentar con el tiempo, mientras que los paneles

solares reducen su producción debido a la acumulación de suciedad y el envejecimiento. Esto a menudo deja ácido de plomo con carga insuficiente.

El cambio a Li-ion resuelve esto en parte. El Li-ion es más resistente al ciclismo que el ácido de plomo y no necesita cargarse por completo; de hecho, una carga parcial es mejor ya que alivia el estrés. Pero Li-ion sigue siendo el doble o el triple del costo del ácido de plomo en términos de compra del sistema.

2.2.7.1 Cargando con el sol

Los sistemas fotovoltaicos comerciales (PV) son de 10 a 20 por ciento de eficiencia. De estos, los paneles flexibles están solo en el rango del 10 por ciento y los paneles sólidos tienen un 20 por ciento de eficiencia. Se están probando tecnologías de celdas multiunión que logran eficiencias de 40 por ciento y más.

A 25 ° C (77 ° F), un panel solar de silicio monocristalino de alta calidad produce aproximadamente 0.60V de circuito abierto (OCV). Al igual que las baterías, las celdas solares se pueden conectar en serie y en paralelo para obtener tensiones y corrientes más altas. La temperatura de la superficie a pleno sol aumentará a 45 ° C (113 ° F) o más, reduciendo el voltaje del circuito abierto a 0.55 V por celda debido a una menor eficiencia. Las celdas solares se vuelven más eficientes a bajas temperaturas, pero es necesario tener precaución al cargar las baterías a temperaturas bajo cero. La resistencia interna de una celda solar es relativamente alta: con una célula comercial, la resistencia en serie es típicamente de un ohmio por centímetro cuadrado ($1\Omega\text{cm}^2$).

Un sistema de carga solar no está completo sin un controlador de carga. El controlador de carga toma la energía de los paneles solares o la turbina eólica y convierte el voltaje para que sea adecuado para la carga de la batería. El voltaje de suministro para un banco de baterías de 12V es de aproximadamente 16V. Esto permite cargar ácido de plomo a 14.40 V (6 x 2.40 V / celda) y Li-ion a 12.60 (3 x 4.20 V / celda). Tenga en cuenta que 2.40V / celda para ácido de plomo y 4.20V / celda para ión de litio son los umbrales de voltaje de carga completa.

Los controladores de carga también están disponibles para cargar iones de litio para cargar paquetes de 10.8V (3 celdas en serie). Al adquirir un controlador de carga, observe los requisitos de voltaje. La familia estándar de iones de litio tiene un voltaje nominal de 3.6V / celda; el fosfato de hierro y litio es 3.20V / celda. Conecte únicamente las baterías correctas para las que está diseñado el controlador de carga. No conecte una batería de plomo ácido a un controlador de carga diseñado para Li-ion y viceversa. Esto podría comprometer la seguridad y la longevidad de las baterías ya que los algoritmos de carga y la configuración de voltaje son diferentes.

Un controlador de carga avanzado realiza un seguimiento de la potencia midiendo el voltaje y ajustando la corriente para obtener la máxima transferencia de energía con las condiciones de luz predominantes. Esto es posible con el seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT).

Cabe señalar que no todos los circuitos MPPT funcionan igualmente bien. Algunos son gruesos y no responden de inmediato a los cambios de luz, lo que hace que la salida se caiga o se apague si cae una sombra en el panel. Otros sistemas se caen demasiado pronto y no utilizan completamente condiciones de poca luz.

Un cargador de mantenimiento generalmente funciona con una pequeña celda solar que proporciona una carga lenta a la batería en un día soleado. Estos dispositivos ayudan a prevenir la sulfatación de una batería de ácido de plomo cuando se interrumpe. Incluso una pequeña carga de flotación mantendrá la batería a plena carga.

Elija un cargador de mantenimiento que cambie a una carga de flotación¹ controlada cuando la batería esté completamente cargada. Una carga prolongada, incluso a baja corriente, podría sobrecargar la batería y promover la corrosión interna. Una carga flotante que se ajusta correctamente solo repone lo que la batería pierde por auto descarga.

Por lo cual se ha considerado el usar una batería pequeña de ácido de plomo para alimentar el encendido de los faros, el claxon y demás posibles sistemas que funcionen con voltajes menores a 12V y dicha batería mantener la cargada por medio de un panel solar.

2.2.8 Descarga de una batería

El objetivo de una batería es almacenar energía y liberarla en un momento deseado. Esta sección examina la descarga a diferentes C-rates y evalúa la profundidad de descarga a la que una batería puede ir de manera segura. La mayoría de las baterías recargables pueden sobrecargarse brevemente, por lo que debe tener cuidado con el ciclo de carga y descarga. La longevidad de la batería está directamente relacionada con el nivel y la duración del estrés infligido, que incluye carga, descarga y temperatura.

¹ El voltaje de flotación es la tensión a la que se mantiene una batería después de haber sido completamente cargada para mantener esa capacidad mediante la compensación de la auto-descarga de la batería.

2.2.8.1 Descarga profunda

El ácido de plomo descarga a 1.75V / celda; sistema basado en níquel a 1.0V / celda; y la mayoría de Li-ion a 3.0V / celda. En este nivel, aproximadamente el 95% de la energía se consume, y el voltaje disminuiría rápidamente si la descarga continuara. Para evitar que la batería se descargue en exceso, la mayoría de los dispositivos impiden el funcionamiento más allá del voltaje de fin de descarga especificado.

Una corriente de carga alta, como sería el caso al perforar concreto con una herramienta eléctrica, reduce el voltaje de la batería y el umbral de voltaje de fin de descarga a menudo se establece más bajo para evitar el corte prematuro. El voltaje de corte también debe reducirse cuando se descarga a temperaturas muy bajas, a medida que el voltaje de la batería disminuye y la resistencia interna de la batería aumenta. La Tabla 8. muestra los voltajes típicos de final de descarga de varias químicas de la batería.

Tabla 8. Voltajes de final de descarga recomendados para carga normal y pesada.

[15]

Final de descarga	Li-Magnesio	Li-fosfato	Acido de plomo	NiCd/NiMH
Nominal	3.60V/celda	3.20V/celda	2.00V/celda	1.20V/celda
Carga normal	3.0– 3.3V/celda	2.70V/celda	1.75V/celda	1.00V/celda
Carga pesada o baja temperatura	2.70V/celda	2.45V/celda	1.40V/celda	0.90V/celda

2.2.8.2 Ciclo de descarga.

Un ciclo de descarga / carga se entiende comúnmente como la descarga completa de una batería cargada con la recarga posterior, pero este no es siempre el caso. Las baterías rara vez se descargan completamente, y los fabricantes a menudo usan la fórmula del 80 por ciento de profundidad de descarga DoD (deep of discharge) para calificar una batería. Esto significa que solo se entrega el 80 por ciento de la energía disponible y el 20 por ciento permanece en reserva. El ciclar una batería con una descarga inferior a la máxima aumenta su vida útil, y los fabricantes argumentan que esto está más cerca de una representación de campo que de un ciclo completo porque las baterías se suelen recargar con algo de capacidad restante.

No existe una definición estándar de lo que constituye un ciclo de descarga. Algunos contadores de ciclo agregan un conteo completo cuando una batería está cargada. Una batería inteligente puede requerir un 15 por ciento de descarga después de la carga para calificar para un ciclo de descarga; cualquier cosa menos no se cuenta como un ciclo. Una batería en un satélite tiene un DoD típico de 30-40 por ciento antes de que las baterías se recarguen durante el día del satélite. Una nueva batería de vehículo eléctrico puede cobrar solo al 80 por ciento y descargar al 30 por ciento. Este ancho de banda se amplía gradualmente a medida que la batería se desvanece para proporcionar distancias de conducción idénticas. Evitar cargas y descargas completas reduce el estrés de la batería.

2.2.8.3 Puntos importantes en el rendimiento de una batería

- El calor aumenta el rendimiento de la batería, pero acorta la vida en un factor de dos por cada aumento de 10 ° C por encima de 25-30 ° C (18 ° F por encima de 77-86 ° F). Siempre mantén la batería fría.

- Prevenir la sobre-descarga. La inversión de la celda puede causar un cortocircuito eléctrico.
- En alta carga y descargas completas repetitivas, reduzca el estrés usando una batería más grande.
- Una descarga moderada es mejor para una batería que el impulso y cargas momentáneas fuertes.
- Una batería presenta características similares a las de un condensador cuando se descarga a alta frecuencia. Esto permite corrientes pico más altas de lo que es posible con una carga.
- Las baterías basadas en níquel y litio tienen una reacción química rápida; el ácido de plomo es lento y requiere unos segundos para recuperarse entre cargas pesadas.
- Todas las baterías sufren estrés cuando se estiran hasta las tolerancias máximas permisibles.

2.2.9 Baterías para Vehículos eléctricos (VE)

A principios de 1900, el vehículo eléctrico estaba reservado para dignatarios de la talla de Thomas Edison, John D. Rockefeller, Jr. y Clara Ford, la esposa de Henry Ford. Eligieron este transporte por su silencioso viaje sobre el vibrante y contaminante motor de combustión interna. Los conductores conscientes del medio ambiente están redescubriendo el VE con una selección de muchos productos atractivos.

La cultura VE está desarrollando filosofías distintas, cada una de las cuales satisface un grupo de usuarios único. Esto es visible con el tamaño del vehículo y las baterías asociadas. El subcompacto VE viene con una batería que tiene 12-18kWh, el sedán familiar mediano tiene un paquete de 22-32kWh, y los modelos de lujo de Tesla son independientes con una batería de gran tamaño que cuenta con 60-85kWh para proporcionar un rango de conducción extendido y alcanzar altos niveles de desempeño. La Tabla 9. Enumera los VE más comunes.

Tabla 9. Vehículos eléctricos con tipo de batería y tiempo de cargado. [16]

Modelo	Batería	Tiempo de carga
Toyota Prius PHEV	4.4kWh Li-ion, 18km (11 miles) rango eléctrico	3h at 115VAC 15A; 1.5h at 230VAC 15A
Chevy Volt PHEV	16kWh, Li-magnesio /NMC, enfriado por líquido, 181kg (400 lb), rango eléctrico 64km (40 miles)	10h at 115VAC, 15A; 4h at 230VAC, 15A
Mitsubishi iMiEV	16kWh; 88 celdas, 4-cell modules; Li-ion; 109Wh/kg; 330V, range 128km (80 miles)	13h at 115VAC 15A; 7h at 230VAC 15A
Smart Fortwo ED	16.5kWh; 18650 Li-ion, rango de manejo 136km (85 miles)	8h at 115VAC, 15A; 3.5h at 230VAC, 15A
BMW i3 Curb 1,200kg (2,645 lb)	22kWh (18.8kWh usable), LMO/NMC, 60A celdas prismáticas grandes, peso de batería 204kg (450 lb) rango de manejo de 130–160km (80–100 miles)	~4h at 230VAC, 30A; 50kW Super cargador; 80% in 30 min
Nissan Leaf*	30kWh; Li-manganeso, 192 celdas; enfriado por aire; 272kg (600 lb), rango de manejo 250km (156 miles)	8h at 230VAC, 15A; 4h at 230VAC, 30A
Tesla S* Curb 2,100kg (4,630 lb)	70 and 90kWh, 18650 NCA celdas of 3.4Ah; enfriado por liquido; 90kWh paquete tiene 7,616 celdas; batería pesa 540kg (1,200 lb).	9h with 10kW charger; 120kW Supercharger, 80% charge in 30 min

El costo de una batería de EV ha bajado a unos \$ 350 / kWh, pero Tesla logró bajar el precio a \$ 250 / kWh usando el 18650, una popular celda de la cual se fabricaron 2.5 mil millones en 2013. El 18650 en los modelos actuales de Tesla es una opción poco probable ya que la celda fue diseñada para dispositivos portátiles como computadoras portátiles. Disponible desde principios de la década de 1990, la celda 18650 está disponible a bajo costo. El diseño de la celda cilíndrica ofrece además estabilidad superior sobre la celda prismática y de la bolsa, pero la

ventaja puede no mantenerse para siempre, ya que las celdas prismáticas y de la bolsa están mejorando. Las celdas grandes de iones de litio son relativamente nuevas y tienen el potencial para capacidades más altas y un menor costo de paquete ya que se necesitan menos células.

Los propietarios de EV desean una carga ultrarrápida y hay tecnologías disponibles, pero deben usarse con moderación, ya que la carga rápida estresa la batería. Si es posible, no exceda una tasa de carga de 1C. Evite las cargas completas que tarden menos de 90 minutos. La carga ultrarrápida es ideal para los controladores VE en la carrera y esto está bien para el uso ocasional. Algunos vehículos eléctricos mantienen un registro de los eventos de batería estresantes y esta información podría utilizarse para anular un reclamo de garantía.

2.2.10 Puntos importantes de la batería de un vehículo eléctrico

- Esperanza de vida. La mayoría de las baterías VE están garantizadas por 8 años o 160,000 km (100,000 millas). Los climas cálidos aceleran la pérdida de capacidad; no hay suficiente información disponible sobre cómo envejecen las baterías bajo diferentes climas y patrones de uso.
- La seguridad. Las preocupaciones surgen si la batería se usa mal y se mantiene más allá de su edad designada. Temores similares ocurrieron hace 150 años cuando las calderas de vapor explotaron y los tanques de gasolina explotaron. Un BMS cuidadosamente diseñado asegura que la batería funcione dentro de un rango de trabajo seguro.
- Costo. Esto presenta un inconveniente importante ya que la batería conlleva el costo de un automóvil.
- Desempeño. A diferencia de un automóvil a gasolina que funciona en un amplio rango de temperatura, las baterías son sensibles al calor y al frío y requieren

control de clima. El calor reduce la vida y el frío reduce temporalmente el rendimiento. La batería también calienta y enfría la cabina.

- Energía específica. En términos de valor calorífico por peso, una batería genera solo el 1 por ciento de lo que produce el combustible fósil. Un kilogramo (1.4 litros, 0.37 galones) de gasolina rinde aproximadamente 12kWh de energía, mientras que una batería de 1kg entrega aproximadamente 150Wh. Sin embargo, el motor eléctrico es 90 por ciento eficiente, mientras que un motor a gasolina moderno llega a alrededor del 25 por ciento.
- Poder específico. El sistema de propulsión eléctrica tiene un mejor torque con la misma potencia que el motor a gasolina. Esto se refleja en una excelente aceleración.

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

3.1 REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO

3.1.1 Identificación de una necesidad.

En mi experiencia en la práctica golf existen pocas posibilidades para el transporte dentro del campo para la realización de este deporte, básicamente se resumen en tres opciones básicas, un carro de golf para dos personas que puede ser eléctrico o a gasolina, a pie con un soporte tipo tripié con ruedas para empujar la bolsa de bastones, o simplemente caminar cargando la bolsa de bastones, ya sea por el mismo jugador o por un caddy². Por lo que se propone una opción distinta para los jugadores de este deporte, un vehículo para una persona que sea impulsado por el mismo conductor por medio de unos pedales y sea asistido por un motor eléctrico, de esta manera el motor no es la única fuente de propulsión para el vehículo y ofreciendo una opción amable con el medio ambiente, para desplazarse en un campo de golf llevando el equipo necesario para la práctica del deporte.

Hablando con varios usuarios del campo de golf, he encontrado que existe una inconformidad por las pocas opciones que existen para transportarse dentro del campo, ya que la más cómoda es el carro de golf eléctrico, aunque presente desventajas, como usar muchas baterías, la posibilidad de quedarse sin batería a la mitad de una ronda de juego o en algún punto de difícil acceso, el elevado costo de las baterías, que su movilidad está restringida a un camino de asfalto dentro del campo ya que al ser tan pesado lastima el pasto del campo. Al escuchar estas inconformidades se propone un producto que satisfaga la necesidad del cliente de moverse dentro del campo de golf y que no requiera una única fuente de energía eléctrica para su movimiento.

² El término caddy es utilizado en la lengua inglesa, así como también en el español para designar a la persona que asiste a un golfista durante la práctica del deporte. La asistencia proporcionada por el caddie incluye llevar la [bolsa de palos](#) del jugador, asesorarle sobre las condiciones de juego de la campo, hacer recomendaciones sobre el palo a elegir para obtener una distancia o tipo de golpe deseados y dar apoyo moral al golfista.

En la Riviera Maya cuentan con 15 campos y, según estimaciones de la Asociación de Campos de Golf del Caribe Mexicano, esto genera una derrama económica de aproximadamente 419 millones de dólares (8,000 millones de pesos).

En el 2002, la entidad contaba con sólo ocho campos, y, en su momento, la Secretaría de Turismo estimó que recibían la visita de 87,511 anualmente México cuenta con más de 200 campos de golf repartidos por lo largo y extenso de su república, con un ingreso económico de más de 25 mil millones de pesos al año, según la secretaría de turismo [17]. Por lo cual uno de los objetivos de este proyecto es generar un modelo que sea capaz de ser comercializado en la república, con un primer mercado disponible de los jugadores que deseen adquirir el producto y con un mercado secundario de los campos de golf que deseen una opción nueva para rentar la a sus socios.

3.1.2 Identificación del cliente

De acuerdo con los datos demográficos recopilados de distintas revistas y artículos de golf [18], las características promedio de una persona que juega golf son las siguientes:

Quién juega al golf:

- Un jugador de golf se define como cualquier persona que en los últimos 12 meses haya jugado una ronda de 18 hoyos. Los golfistas juegan una media de 25 rondas por año.
- El número estimado de golfistas en los EE. UU. es de 29.000.000 de personas, lo que supone aproximadamente el 9,6% de la población.
- 77,5% son hombres – 22,5% son mujeres.
- La edad media es de 36 años.
- 68% de los golfistas están casados.
- 67% asistió y/o se graduó en la universidad.
- 59% están empleados en una ocupación de cuello blanco, como empresario, funcionario, profesional liberal o directivo.

- 75% recomiendan, ordenan o aprueban la compra de productos o servicios en su trabajo.
- 32% son empresarios.
- +90% utiliza Internet de forma regular.
- 31% toma bebidas alcohólicas regularmente.
- 67% practica otros deportes habitualmente.

Perfil económico del golfista:

- El ingreso anual promedio es de \$95,000.
- 25% gana más de \$100,000.
- 83% posee acciones y productos financieros.
- 48% dispone de asesor financiero.
- 86% tiene seguro de vida.
- 98% tienen tarjeta de crédito o débito.
- 79% son propietarios de una vivienda.
- 18% posee 2 o más viviendas.
- 75% son propietarios de una computadora.

El programa de Protección al Consumidor 2013-2018 divide a la población mexicana en seis clases sociales: alta alta, alta baja, media alta, media baja, baja alta, y baja baja. Por lo que se puede ubicar a un golfista por su capacidad económica y que puede gastar en comodidad, lujo y hasta en moda en alguna de las tres primeras clases sociales: alta alta, alta baja y media alta.

3.1.3 Clientes potenciales

El golf es un deporte increíble, se puede jugar de muchas maneras, solo, acompañado, en equipo o individual, pero al final de todo siempre será un juego entre el campo, una bola, catorce bastones y tú mismo, ya que a pesar de poder salir juntos a una ronda de juego y compartir un carrito de golf cada jugador tiene su propia bolsa de bastones, y al estar restringido el carrito de golf al camino especial para él a veces se complica el juego al tener que esperar al grupo que

lleva los bastones, por lo cual sería muy práctico que cada jugador llevará sus propios bastones, por lo que se propone un vehículo personal equipado para el transporte del equipo de golf. Donde en primera instancia el mercado meta son jugadores de golf que deseen una nueva opción para el transporte dentro del campo, y en segunda instancia, un cliente potencial es la casa club, ya que podría comprar una gran cantidad de vehículos para tener una nueva opción que ofrecerle a sus socios para renta dentro del campo de golf.

3.1.4 Requerimientos de diseño

Los requerimientos del diseño son las pautas que debe seguir el diseñador para que el producto final guste al cliente, en otras palabras, es la “voz” del cliente con lo que refiere al diseño, ya sean características, sugerencias o exigencias. Sin saber cómo se relacionará todo entre sí.

Tomando en cuenta la opinión del cliente, él expone que los siguientes puntos son importes:

- a) Transportar de una manera cómoda y segura a una persona.
- b) Tiempo de uso 8 horas.
- c) Transportar el equipo necesario para la práctica del deporte.
- d) Que el vehículo sea fácil de usar.
- e) Que el vehículo sea amable con el medio ambiente.

A partir de los requerimientos del cliente se ordenan las ideas y conceptos en un árbol de funciones para tener una idea más clara de los componentes que se relacionarán en el prototipo, aún si saber datos específicos de su interacción
Figura 3.1.

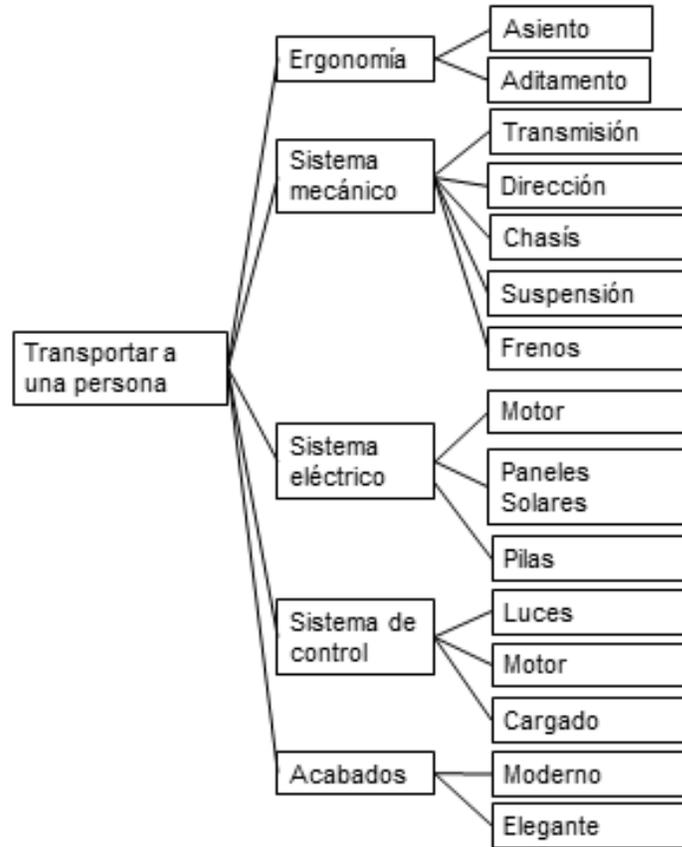


Figura 3.1. Árbol de funciones del vehículo.

De esta manera tenemos una idea aproximada de los que quiere el cliente de una manera organizada; ya que espera:

a). -Un asiento cómodo que le permita pedalear.

b). -Aditamentos para mejorar su comodidad durante el juego.

b1. Hielera para transportar bebidas.

b2. Porta vasos, para liberar las manos de cargar alguna especie de bebida mientras se opera el vehículo.

b3. Una pequeña cajuela para guardar equipo propio de la práctica de golf, como pelotas, guante, tees, por ejemplo.

Del sistema mecánico se espera una transmisión que permita moverse dentro del campo de golf sin mucha dificultad a no más de 40km/h, una dirección fácil de usar con un radio de giro de aproximadamente de 2.8m, un chasis ligero para no aumentar peso innecesario y que sea resistente para poder cargar a una persona y el equipo de juego, de la suspensión se espera que ayude a un desplazamiento fácil, cómodo, y un buen sistema de frenos para un buen manejo.

El sistema eléctrico se desea que cuente con luces para poder manejar en la noche, un motor eléctrico que genere una buena asistencia al piloto para que el momento que este cansado por el movimiento de los pedales, o que simplemente lo desee el usuario, y finalmente que cuente con un sistema de cargado de baterías que alimentarán el funcionamiento del motor eléctrico.

También es necesario un sistema de control que permita al usuario modificar la asistencia el motor eléctrico en el desplazamiento, y que regule el encendido de las luces frontales del vehículo.

Y finalmente se espera que el vehículo cuente con un diseño elegante, y atractivo a la vista, y que con las aplicaciones de la tecnología se vuelva una manera moderna de jugar golf.

Que es trabajo del diseñador traducir estos requerimientos a lineamientos ingenieriles cuantificables. Por lo cual de las especificaciones anteriores se puede deducir a las siguientes variables:

- ¿Qué tipo de ergonomía tendrá?
- ¿Cuál será su autonomía?
- ¿Cuál será la carga útil?
- ¿Cuáles serán las especificaciones del motor?
- ¿Cuántas baterías necesitará el vehículo?
- ¿Qué tipo de pedales tendrá?
- ¿Qué tipo de dirección usará?
- ¿Qué accesorios para la práctica del deporte contará?

Las preguntas anteriores son las especificaciones ó metas del diseño, las cuales representan la manera en la cual se satisfará la necesidad del cliente aun sin entrar en detalles de funcionamiento o que restricciones impondrá la tecnología o el presupuesto, las cuales pueden ser superadas o algunas no ser alcanzadas por completo.

3.1.5 Requerimientos operacionales

Para tener una idea sobre el desempeño del vehículo se empleó la metodología Rimer (REF) para el diseño de un vehículo y se realizó el siguiente diagrama operacional Figura 3.2. para concebir que tipo de uso se le dé al vehículo.

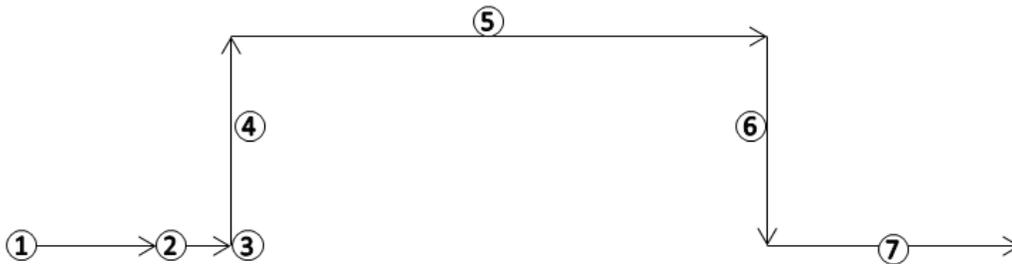


Figura 3.2. Diagrama operacional.

1. Encender el motor
2. Bodega a casa club
3. Entrega a cliente
4. Desplazamiento a hoyo 1
5. Tiempo de juego
6. Desplazamiento de hoyo 18 a casa club
7. Casa club a bodega

Que muestra el uso diario del vehículo, por lo que debe ser capaz de utilizarse por 8 horas, que es el tiempo considerando de una ronda de juego de 18 hoyos.

3.1.6 Metodología QFD

Para obtener los requerimientos del cliente nos basamos en el método QFD (Despliegue de la función calidad) es un método de gestión de calidad basado en transformar las demandas del usuario en la calidad del diseño, implementar las funciones que aporten más calidad, e implementar métodos para lograr calidad del diseño en subsistemas y componentes, y en última instancia a los elementos específicos del proceso de fabricación.

El QFD es una herramienta cuantitativa que se emplea para el diseño y desarrollo de nuevos productos, también para la mejora de sus procesos, ya que traduce la voz cliente a términos técnicos y de operación en la planta productiva. [19]

La metodología consiste en traducir “Qué desean los clientes” en “Cómo se puede satisfacer esa necesidad” aplicando sucesivamente a lo largo de toda la cadena de clientes externos e internos.

Que tiene como ejes directrices los siguientes pasos principales:

1. Fijación del Objetivo
2. Identificación del cliente
3. Requerimientos del cliente
4. Prioridades del cliente
5. Evaluación del cliente
6. Requerimientos Técnicos del cliente.
7. Matriz de relación
8. Evaluación de importancia
9. Evaluación de ingeniería
10. Matriz de correlación
11. Fijación de las metas

Dicha metodología ha sido referida por el Ing. Gustavo Adolfo Vázquez Martínez, por su experiencia profesional.

El proceso puede resumirse en que, lo principal es establecer un objetivo que sea alcanzable y saber a qué se le aplicará la metodología, posteriormente se identifica al cliente específico para el producto o servicio, ya que el cliente delimitará muchas características por lo que mientras más o mejor se satisfaga la necesidad del cliente el producto o servicio tendrá mayor éxito. Teniendo claro cuál es el cliente y que es lo que se necesita, se ponderan las necesidades para saber en cuales hay que presta mayor atención para satisfacer la necesidad ya que no siempre se puede cumplir al máximo cada necesidad. Teniendo en cuenta cuales son los requerimientos con mayor peso se generan los requerimientos técnicos que serán los “como” se lograrán los deseos del cliente, y deben de estar estrechamente relacionados con los requerimientos de mayor peso para el cliente. Para finalizar el proceso se relacionan las necesidades del cliente con las necesidades técnicas del diseño para esclarecer cómo se relacionan entre sí y tener en cuenta cuales tienen el mayor peso para la satisfacción final del cliente, y así llegar a la fijación de metas para alcanzar satisfactoriamente el objetivo establecido.

Para comenzar se realizó un estudio con todas las necesidades del cliente sobre el diseño, las cuales se obtuvieron hablando con varios usuarios del campo de golf Paraíso Country Club; de cuyas opiniones se concentraron en una tabla y se ponderó su importancia con respecto de las demás para tener una idea más clara sobre cual hay que prestar más atención en el momento del diseño y construcción, Tabla 10.

Tabla 10. Ponderación de las necesidades del cliente.

	moderno	elegante	cómodo	buen desplazamiento	innovador	estable	seguro	precio \$40,000	uso 8 horas	bajo mantenimiento	hielera alto	porta vasos	cajuela	todo terreno	luces	40 km/h	espejo retrovisor	bastones de golf	%
Moderno	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	6.6
Elegante	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	5.9
a)Cómodo	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	6.6
buen desplazamiento	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	6.6
Innovador	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	5.3
d)Estable	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	9.9
a)seguro	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9.2
precio \$40,000	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2
b)uso 8 horas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	11
bajo mantenimiento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1.3
hielera alto	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	4.6
porta vasos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Cajuela	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	5.3
todo terreno	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	3.9
Luces	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	5.3
40 km/h	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	3.3
espejo retrovisor	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	3.3
bastones de golf	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11

Tomando en cuenta que el cliente desea un diseño elegante del vehículo y se considera moderno al ser un producto nuevo y un sistema de propulsión híbrido. También que sea cómodo en la manera de subir y bajar del vehículo, de fácil operación, y que cuente con las comodidades que puede necesitar un jugador de golf, ya que en el juego es necesario estar hidratado, y se permite el consumo de bebidas mientras se juega se propone la integración de un portavasos, una hielera, y una pequeña cajuela para que el jugador pueda gozar del máximo confort al jugar el campo de golf.

En materia de desempeño es importante para el cliente que se pueda usar por ocho horas, y tenga un buen desplazamiento, que se sienta estable y seguro al desplazarse por el campo de golf, que también cuente con un espejo retrovisor para facilitar la conducción y luces para manejar en la noche ya se puede acabar

una ronda de juego al atardecer, y por supuesto que el vehículo cuente con una zona especial para llevar la bolsa de los bastones de golf.

Finalmente podemos observar en la Tabla 10. los requerimientos de mayor importancia son un diseño moderno, cómodo, estable y que sobre todo pueda ser utilizado por jornadas de 8 horas ya que las rondas de juego son muy largas, y que sea posible llevar la bolsa de los bastones de golf. En estas variables se tiene que prestar más atención en el momento de proponer opciones para el diseño.

3.1.7 Árbol de funciones

Tomando en cuenta el árbol de funciones Figura 3.1. Que representa el funcionamiento del vehículo de una manera completa, se traduce en las necesidades técnicas del diseño que se utilizan en una matriz Tabla 11. para relacionar las necesidades del cliente y los aspectos del diseño, para establecer la relación que existe entre ellos, otorgando un valor numérico a dicha relación, 9 para una relación fuerte, 3 para una relación media y 1 para una relación débil. De esta manera ve de una manera gráfica cuales son los aspectos de diseño a los cuales prestar más atención para satisfacer las necesidades del cliente, las cuales están resaltadas.

Tabla 11. Matriz de relación.

	asiento	porta vasos	hielera	cajuela	sistema de transmisión	dirección	chasis	suspensión	frenos	motor	sistema de control	luces	baterías	acabados	importancia para el cliente
moderno	3	1	3	3							3	3	1	9	10
elegante	9	3	3	3		3					3	3		9	9
cómodo	9	9	9	9	3	3		9	3	3	3				10
buen desplazamiento	3				3	3		9	3	3	3	1	3		10
innovador	3	3		3						1	3	1	1	3	8
estable	3				9	9	9	9	9	3		3	1		15
seguro	9	1			3	9	9	9	9	3	3	9	9	1	14
precio \$40,000															3
uso 8 horas					9	9	9	9	9	9	1	3	9		16
bajo mantenimiento															2
hielera			9												7
porta vasos		9													0
cajuela				9											8
todo terreno					9	3	9	9	9	9	3				6
luces											9	9	9		8
40 km/h					9	9	3	3	3	9			3		5
espejo retrovisor														9	5
bastones de golf							3								11
importancia total	426	165	210	243	480	555	507	654	534	398	289	366	420	254	
porcentaje	7.7	3	3.8	4.4	8.7	10	9.2	12	9.7	7.2	5.3	6.7	7.6	4.6	

3.1.8 Especificaciones de diseño cuantificadas

Para concluir el apartado de escuchar al cliente se cuantifican los requerimientos ordenados por importancia, cantidad y una unidad para dicha cantidad, o descripción necesaria para satisfacer dicho requerimiento Tabla 12.

Tabla 12. Cuantificación de los requerimientos del cliente.

Asignación	%	Cantidad	Unidad
Bolsa de bastones de golf	10.52	1	peso aproximado de 20 kg aprox. de 100x30x20cm
Uso 8 horas	10.52	2 a 3	baterías de 12V
Estable	9.86	4	llantas
Seguro	9.21	SAE J2358_201611 NHTSAStandar500	Normas Factor seguridad. SAE análisis estructural análisis esfuerzos. Cantidad de movimiento bajo
Moderno	6.57		Geometría, colores, tendencia actual
Cómodo	6.57	1	asiento que permita pedalear y grado de suavidad
Buen desplazamiento	6.57	2 a 4	Amortiguadores
Elegante	5.92		Materiales, calidad de acabados, colores
Innovador	5.26		Vehículo propulsado por pedales
Luces	5.26	2	luces frontales de 12V
Cajuela	5.26	1	medidas aprox. de 30x20x20cm
Hielera	4.6	1	medidas aprox. 16 cuartos 35x24x38cm
Todo terreno	3.94	2 a 4	Amortiguadores
Velocidad máx. 40km/h	3.28	1	motor eléctrico
Espejo retrovisor	3.28	1	medidas aprox. 30x10 cm
Precio	1.97	40,000	pesos
Bajo mantenimiento	1.31		mantenimiento cada 6 meses
Portavasos	0	2	medidas aprox. 15 x 10 x 10 cm

El orden jerárquico los sistemas en los cuales se necesitan completar el diseño del vehículo y satisfacer en mayor medida las especificaciones del cliente, y de esta manera las que tienen un peso específico mayor poder utilizarlas como ejes directrices del diseño y asegurar el cumplimiento de las necesidades del cliente

Tabla 13.

Tabla 13. Cuantificación de los requerimientos operacionales.

Asignación	%	Cantidad	Unidad
Suspensión	11.88	2 a 4	Amortiguadores
Dirección	10.08	1	Volante y mecanismo
Frenos	9.7	2	frenos de disco
Chasis	9.21	1	acero o aluminio
Sistema de transmisión	8.72	1	Pedales y motor eléctrico
Asiento	7.74	1	una persona
Baterías	7.63	2 a 4	12V
Motor	7.23	1	Watts
Luces	6.65	2	luces frontales de 12V
Sistema de control	5.25	1	Controles necesarios para la activación de sistemas eléctricos.
Acabados	4.61	-	Colores y materiales
Cajuela	4.41	1	medidas aprox. de 30x20x20cm
Hielera	3.81	1	medidas aprox. 16 cuartos 35x24x38cm
Portavasos	2.91	2	medidas aprox. 15 x 10 x 10 cm
Radio de giro	-	-	De 2 a 3 m de radio de giro.
Autonomía	-	-	De 6 a 8 horas de duración con una carga de batería.

3.2. DISEÑO CONCEPTUAL

3.2.1 Definir el problema.

En puntos anteriores se expusieron los deseos del cliente y pasaron a través de varios filtros para tener claro cuáles de ellos son más importantes para garantizar la satisfacción del cliente; en este punto se analizará la mejor estrategia para lograr dicha satisfacción. Para comenzar es necesario aclarar el problema para estar conscientes de cuál es la necesidad para resolver, partiendo de tener claro el problema, es necesario buscar respuestas o posibles soluciones las cuales se buscarán interna y externamente, con la intención de generar una matriz de conceptos para establecer una ruta crítica que nos lleve al mejor concepto.

El diseño conceptual comienza aclarando el problema de lo que el cliente quiere, en nuestro caso observamos que el objetivo del problema es generar el diseño de un vehículo propulsado por pedales asistido por un motor eléctrico que permita a un jugador de golf trasladarse por el campo con todo el equipo necesario para la práctica del deporte en un periodo de 8 horas.

Partiendo desde los requerimientos del cliente vistos anteriormente, que son los siguientes:

- a) Transportar de una manera cómoda y segura a una persona.
- b) Tiempo de uso 8 horas.
- c) Transportar el equipo necesario para la práctica del deporte.
- d) Que el vehículo sea fácil de usar.
- e) Que el vehículo sea amable con el medio ambiente.

Con base a los requerimientos del cliente se empiezan a realizar propuestas para satisfacer dichos requerimientos:

- b) El vehículo contará con baterías suficientes para completar una ronda de juego que dura aproximadamente 8 horas que son 6.5 km de recorrido

aproximadamente. Además, ya que el motor eléctrico no es la única fuente de energía, se espera que la batería dure más tiempo.

- c) El vehículo tendrá un compartimiento especial para transportar la bolsa de los bastones de golf 120x30x25cm, además estará equipado con aditamentos para mejorar el confort del jugador, como porta vasos, hielera y una cajuela con un volumen aproximado de 30x15x20cm.
- a) El vehículo contará con un asiento suave que permita al piloto pedalear sin restricciones, además de que contará con un chasis resistente en caso de cualquier colisión.
- d) Se supone un diseño ergonómico que permita al usuario controlar la dirección con las manos y al mismo tiempo controlar el nivel de asistencia del motor eléctrico, por lo cual se propone un acelerador que sea controlado por el dedo pulgar.
- e) El vehículo contará con un sistema de paneles solares que ayudarán a la carga de las baterías, además que ayudarán a mejorar la autonomía del vehículo.

De las suposiciones anteriores de se tradujeron a las siguientes especificaciones que comienzan a delimitar el diseño y enmarcar en un contexto final:

- El vehículo alcanzará una velocidad de hasta 30km/h.
- El vehículo podrá subir pendientes de hasta el 10%.
- La carga aproximada de una bolsa de golf es de 20kg.
- La carga aproximada de una persona es de 80 a 100kg.

El objetivo central del diseño es generar un vehículo propulsado por pedales asistido por un motor eléctrico que permita a un jugador de golf trasladarse por el campo con todo el equipo necesario para la práctica del deporte. Por lo cual se comenzará por descomponer la tabla de requerimientos del capítulo anterior y explicar una solución posible a cada subsistema.

3.2.2 Búsqueda de soluciones externas

La ergonomía es un punto álgido en el diseño, ya que el prototipo debe ser cómodo para el usuario y la ergonomía, en la actualidad, se puede definir como:

- Según la Asociación Internacional de Ergonomía, la ergonomía es el conjunto de conocimientos científicos aplicados para que el trabajo, los sistemas, productos y ambientes se adapten a las capacidades y limitaciones físicas y mentales de la persona.
- Según la Asociación Española de Ergonomía, la ergonomía es el conjunto de conocimientos de carácter multidisciplinar aplicados para la adecuación de los productos, sistemas y entornos artificiales a las necesidades, limitaciones y características de sus usuarios, optimizando la eficacia, seguridad y bienestar.

El objetivo de la ergonomía es adaptar el trabajo a las capacidades y posibilidades del ser humano. En este prototipo, el estudio ergonómico se centrará en el asiento, en los aditamentos, que tendrá como el portavasos, una hielera, o una cajuela que estarán enfocados en la comodidad del usuario.

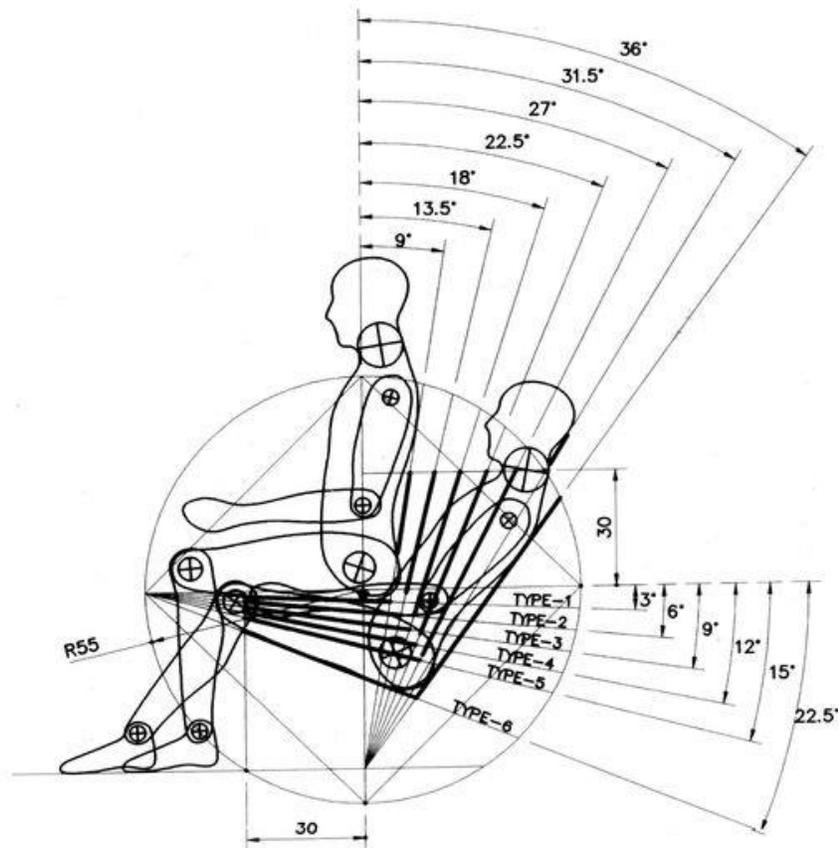


Figura 3.3. Ángulos de inclinación en un asiento. [20]

Por lo cual basando nos en la Figura 3.3. del libro (Dreyfuss, 1960), se tomará en cuenta para tener los ángulos operacionales óptimos del asiento.

De acuerdo con el estudio de anatomía de la población latinoamericana [21], Dimensiones antropométricas de la población. Guadalajara: CUAAD. La altura promedio del mexicano hombre entre los 18 y los 30 años es de 1.70m, por lo cual para el diseño en 3D se usará un maniquí de 1.80m como se ve en la Figura 3.4.



Figura 3.4. Maniquí para diseño en 3D.

El producto similar en el mercado que satisface la necesidad es un carro de golf eléctrico con dos plazas, en los cuales se analizaron diez modelos distintos para tener una idea de sus características y tomar las en cuenta en el diseño del vehículo.

Por el método de mínimos cuadrados se analizó la relación de carga de distintos modelos disponibles en el mercado. Ver Figura 3.5.

De la Figura 3.5. podemos observar distintas cosas. Para empezar, es que los modelos cuentan comúnmente con una carga útil de 360 kg, que es la cantidad máxima de peso que puede transportar el vehículo más su propio peso, sin contar el peso propio del vehículo.

El peso seco es el peso del vehículo sin baterías, el cual ronda aproximadamente entre los 300kg, mientras que el peso total es el peso incluyendo las baterías, lo cual nos hace notar que el peso de los modelos aumenta aproximadamente 150kg al incluir las baterías, por lo que se concluye que hay que seleccionar cuidadosamente las baterías en el diseño del vehículo para disminuir el peso, ya que los carritos de golf convencionales utilizan baterías de ácido de plomo las cuales al necesitar tantas aumentan drásticamente el peso; la última línea muestra el peso máximo, el cual es la sumatoria del peso total y la carga útil el cual oscila entre los 800kg. Lo cual es muchísimo peso para ser propulsado por una persona por medio de pedales, por lo cual es imperativo reducir el peso final del diseño propuesto.

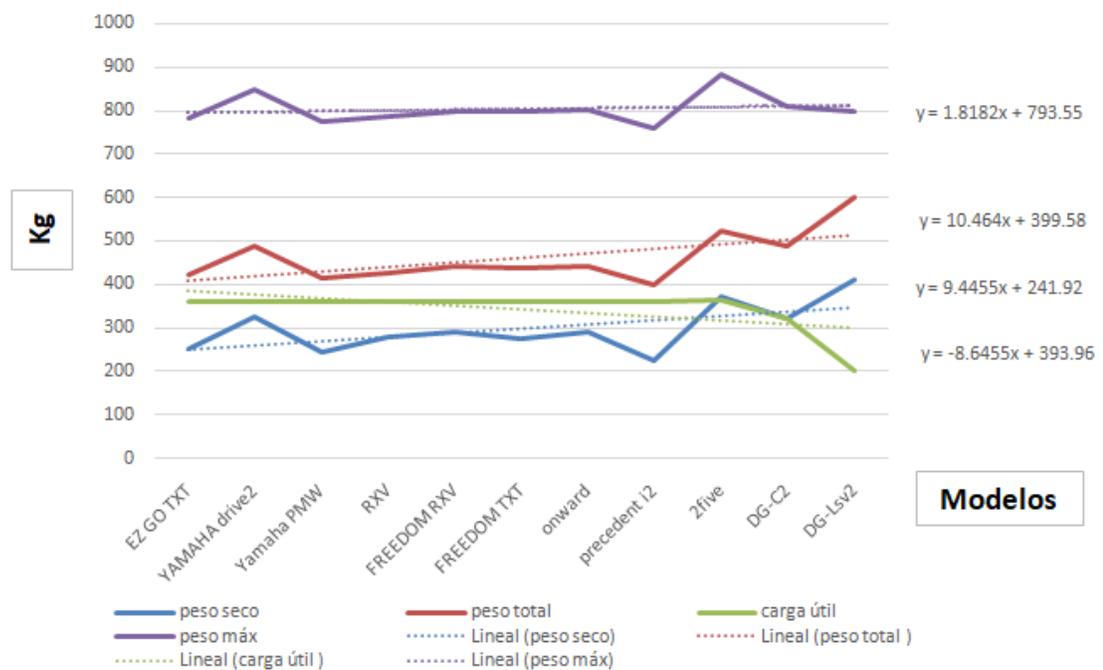


Figura 3.5. Relación de pesos de los modelos, carga útil, peso seco y peso máx.

En la Figura 3.6. se muestra las velocidades máximas de los modelos, denotando que sólo dos modelos de los estudiados superan los 30 km/h, esta velocidad parece ser la óptima ya que los vehículos también se utilizan dentro de condominios o fraccionamientos donde el límite de velocidad son los 40km/h. Este parámetro delimita la velocidad máxima a la cual podrá alcanzar el prototipo y se considerará como velocidad máxima 30km/h. otro punto importante es la catalogación de vehículos por su velocidad, y al no superar los 40 km/h estos vehículos entran dentro de los vehículos de baja velocidad.

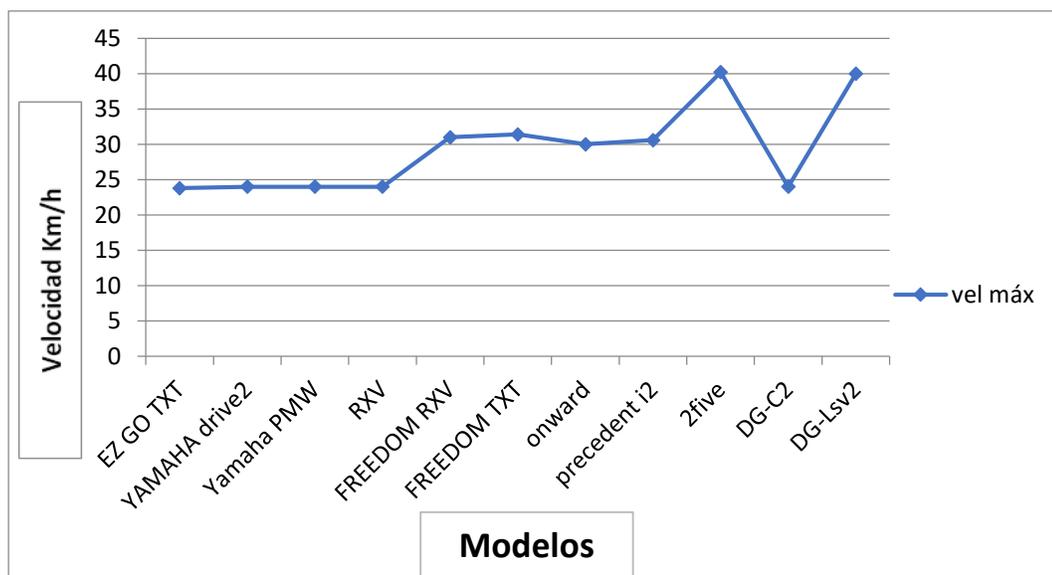


Figura 3.6. Gráfica 3.2. Relación de velocidad máxima de los modelos.

También la búsqueda externa incluyo una búsqueda de las patentes internacionales más parecidas al producto que va a realizar, la cual arrojó los siguientes resultados:

1. ES2072369 (T3) - CARRO DE GOLF PLEGABLE. Lati Pat, Espace net
2. ES2205113 (T3) - CARRITO DE GOLF. Lati Pat, Escaape net
3. (US20140358342) SYSTEMS AND METHODS FOR PHOTOVOLTAIC VEHICLE OPERATION. Patent scope
4. (CN204601534) Golf cart. Patent scope

Los cuatro resultados son carros de golf eléctricos, el único que es interesante resaltar es que el tercero “system and methods for photovoltaic vehicle operation” trata sobre la adaptación de paneles solares en el techo de un carro de golf convencional para mejorar la autonomía del vehículo; lo que nos hace pensar que no existe un producto similar en el ámbito del golf y es una buena oportunidad para llegar al mercado con un producto nuevo.

3.2.3 Análisis de baterías a ocupar

La batería es una de las partes fundamentales de este proyecto, y siendo una de las decisiones más importantes por tomar, se ha tomado una mayor extensión de su análisis; de la batería depende no sólo el funcionamiento del motor y del sistema eléctrico, es el parte aguas que determinará el tipo de motor, ayudará a tomar determinaciones sobre la geometría del chasis, ya que deberá existir un compartimiento especial para dicho elemento, por lo cual, número, tamaño, potencia, peso y forma serán los factores determinantes para tomar en cuenta en el diseño. Tan importante es este elemento que si el peso de las baterías es demasiado podría poner en peligro la factibilidad del proyecto.

De acuerdo al estudio y análisis del tipo de baterías se ha optado por alimentar el motor con una batería recargable de litio tipo bolsa, la cual permite suministrar un motor de 48V y tiene un aproximado de 800 ciclos, lo cual es una enorme ventaja, ya que si el vehículo se usa a diario, contando cada día como un ciclo de recarga daría una vida útil de la batería de 2.2 años, lo cual me parece excelente, ya que en la actualidad en aparatos recargables las baterías son un elemento que hay que prestar especial atención al ser lo que le brindará autonomía y dictará que tanto mantenimiento necesita para un correcto uso.

Además, contando con la ventaja que es pequeña, y ligera en comparación con el banco de celdas que sería necesario para igualar dicho voltaje. Ya que, si la batería fuera de níquel cadmio como la de los automóviles, están pesan 5.5kg cada una, y para llegar a un voltaje de 48V necesitaríamos por lo menos 4 baterías las cuales pesarían 22kg, esto añadiría demasiado peso al vehículo ya

que tiene que poder ser impulsado únicamente por el usuario, y añadir tanto peso únicamente de baterías comenzaría a hacer poco viable el proyecto. Ya que el peso final es una variable directriz de todo el diseño.

De la misma manera que se considera integrar al vehículo una segunda batería de ácido de plomo, la cual proporcionará energía a los faros, el claxon y a un circuito de carga de 5v con puerto USB. Permitiendo de esta manera no afectar de ninguna manera el funcionamiento motor/batería que es prioritario.

La elección del cargador también es sumamente importante, ya que de ser demasiado rápido eso puede estresar demasiado a la batería y reducir los ciclos operacionales que tiene; y sobre todo en los vehículos eléctricos no se puede permitir ciclos de carga muy altos, ya que el usuario estaría sin poder ocupar el vehículo por dicho periodo de tiempo, por lo cual se optó por un cargador eficiente que recarga la batería por completo en 4 h.

Tabla 14. Características del cargador.

Características del cargador de batería seleccionado modelo PWY13S03	
Tipo de elemento de carga	Litio
Entrada	90-150V AC 50/60Hz
Salida	54.6V a 3.6 ^a

3.2.4 Búsqueda de soluciones internas

En el siguiente apartado se describen las ideas que podrían beneficiar el diseño final, sin pasar las por filtros de factibilidad de costos ni operacionales, que se tomarán en cuenta más tarde para hacer las evaluaciones correspondientes.

Considera que sería valioso tomar en cuenta la posibilidad de usar llantas anchas para el prototipo, ya que las llantas muy estrechas lastiman el pasto del campo, por lo cual proponiendo llantas un poco anchas y teniendo en cuenta el poco peso del vehículo comparado con un carro de golf convencional sería posible la circulación dentro del campo, y haría más fácil el juego para la persona que utilice este vehículo ya que no estaría restringido al uso exclusivo del camino de carritos, y esto agilizaría el juego y aumentaría la comodidad del usuario.

De la misma manera es importante disminuir el uso de baterías, la mayoría de los modelos en el mercado utilizan de seis a ocho baterías de 12V para lograr una buena autonomía, esto incrementa el precio de los vehículos y el peso, un carrito de golf sin baterías pesa aproximadamente 250kg, y con baterías sube su peso en 200 a 230kg. Por lo cual se recomienda el uso de 1 o 2 baterías de litio de 48V cada una, resaltando que la energía que brinde cada batería y a su vez el motor apoyará para el movimiento del vehículo, pero no será la única fuente de energía para producir el movimiento ya que la fuente principal es el usuario.

La mayoría de los vehículos funcionan con tracción trasera, en este diseño al contar con dos tipos de fuente de energía para generar el movimiento, existe la interrogante de cómo se acoplarán, ya que hay la posibilidad de separar la transmisión y que la delantera sea a base del movimiento de los pedales y que la transmisión trasera sea por medio del motor eléctrico, aunque eso genera el problema que al mover la dirección para controlar la dirección de las llantas delanteras se movería también el piñón y la cadena que inducen su movimiento. Para aclarar el problema piense en una bicicleta, el movimiento de los pedales induce la llanta trasera, y la llanta delantera está encargada de la dirección del

movimiento, y sólo sigue el movimiento de la llanta trasera; por lo que sería difícil realizar un acoplamiento mecánico que permita que el piñón además de inducir el movimiento de nueva conforme con el giro de la dirección. Por lo que se propone una única tracción trasera que sea la suma del motor eléctrico y de la fuerza proporcionada por los pedales.

A continuación, en la Tabla 15. se muestra el desglose de la Tabla 14. ordenadas desde lo jerárquicamente más importante y con una pequeña descripción de cada asignación, y una propuesta que puede o no ser la final para el diseño final de vehículo.

Tabla 2. Desglose de los requerimientos operacionales.

Asignación	%	Descripción	Propuesta
Suspensión	11.88	Una parte importante para el cliente es la comodidad, a pesar de que el vehículo se usará en un ambiente controlado como lo es un campo de golf, donde no se enfrentará a pendientes mayores del 10%, se tomará en cuenta el uso de amortiguadores.	Se propone utilizar amortiguadores de motocicleta Cargo 150 de Honda, ya que son vehículos de pesos similares, y se propone la utilización de dichos amortiguadores ya sea uno por llanta o en un arreglo para conformar la suspensión.
Dirección	10.08	Es el mecanismo que controla hacia donde se mueve el vehículo, estará compuesta por un volante, conectado a una flecha que transmitirá el movimiento hasta un mecanismo como es el piñón cremallera que transformará el movimiento rotacional a un movimiento lineal que moverá una flecha unida a terminales móviles que producirán el cambio del ángulo de las llantas.	Para el volante se propone uno que permita tener los controles del acelerador, y freno, ya que el usuario tendrá los pies ocupados al pedalear, es necesario que los mandos sean controlados por las manos, por lo que se sugiere un acelerador y volante similares al que se

			utiliza en las motocicletas.
Frenos	9.7	Es necesario tener un sistema que controle el frenado, desde su activación por el piloto, que moverá un chicote metálico que a su vez activará el caliper que sujetará los discos de frenado.	Se propone la utilización de uno o dos discos con su caliper individual de frenado en el eje trasero del vehículo.
Chasis	9.21	Todavía no se tiene una geometría resuelta para el prototipo, pero se propone el uso de materiales ligeros, ya que mientras más pesado sea el vehículo más trabajo le constará al piloto mover lo a través de los pedales, y una de las metas del diseño es la comodidad y la facilidad de uso.	El material a utilizar sea acero o aluminio.
Sistema de transmisión	8.72	El vehículo será propulsado por pedales y asistido por un motor eléctrico, el torque producido por los pedales unidos a un piñón será transmitido por una cadena a un eje central que contará con otro piñón, dicho eje estará conectado también al motor eléctrico por lo que si es deseado se puede encender el motor y así ayudar a generar movimiento, finalmente el eje principal contará con otro piñón que esta único por medio de una cadena al piñón final que estará unido al eje de las llantas traseras.	Pedales tipo bicicleta con una cuerda de 9/16 de pulgada que es la convencional, también se propone el uso de cadena que se usa en la bicicletas por su facilidad de obtención en el mercado..
Asiento	7.74	El asiento debe de ser para una persona, y debe permitir al usuario pedalear sin restricción.	Al hablar con el cliente sugiere la utilización de un asiento sin respaldo, por lo que se propone un asiento tipo motocicleta, tenido en

			cuenta un mecanismo para el ajuste de la distancia entre el asiento y los pedales.
Baterías	7.63	Baterías, es importante reducir en lo más posible el uso de las baterías en caso de usar baterías de ácido de plomo, ya que agregan un peso significativo al vehículo, y la batería o el conjunto de ellas es de las partes más costosas del vehículo.	Se propone la utilización de una o dos baterías de Ion de litio, que alcanza el voltaje y es mucho más ligera que las de ácido de plomo, el único inconveniente es el precio tan elevado.
Motor	7.23	El motor eléctrico es una parte fundamental en el diseño, ya que proporcionará la asistencia para el movimiento, debe ser lo suficientemente fuerte para ayudar o para mover el vehículo por sí solo, pero, si es demasiado fuerte sumará un peso innecesario, además que necesitaría más baterías.	Existen dos opciones básicas, utilizar un motor de un carrito golf existente, o utilizar un motor para una motocicleta, o bicicleta eléctrica. Se propone la utilización de bicicleta eléctrica, ya que los dos vehículos para una persona, no es tan grande ni pesados y no necesita tantas baterías como un motor para carro de golf.
Luces	6.65	Luces, es necesario tener un control sobre la activación de las luces, y debe estar ubicado en un lugar de fácil acceso para el piloto.	Se propone la incorporación de dos faros frontales para la conducción en la noche, además de incluir un reflector trasero para cumplir con las normativas de seguridad para vehículos de velocidad baja.
Sistema de control	5.25	Es necesario un mecanismo que controle la activación del motor eléctrico y la cantidad de asistencia que le dará al	Para el acelerador y los frenos se proponen el uso de los existentes en el mercado

		<p>piloto.</p> <p>Un circuito panel/batería. Los paneles solares necesitan de un circuito que regule la carga que es suministrada a la batería, y su encendido, por lo general dicho circuito viene incluido en la compra del panel solar.</p> <p>También se debe incluir un circuito que controle el encendido de los faros.</p>	<p>para motocicletas.</p> <p>Además de que se propone el uso de interruptores para el control de los faros, y un interruptor para el encendido del motor.</p>
Acabados	4.61	<p>Debido al tipo de mercado que va dirigido este producto es importante que tenga buenos acabados, en materia de materiales, colores, y sobre todo debe de lucir elegante para el usuario.</p>	<p>Se propone el uso de colores como el negro, blanco en un concepto moderno. Y en su etapa final se construirán tapas de fibra de vidrio para dar un mejor aspecto al vehículo.</p>
Cajuela	4.41	<p>medidas aprox. de 30x20x20cm</p>	<p>Se propone una pequeña cajuela tipo guantera para guardar el equipo que pueda necesitar el jugador, o sus objetos personales durante la ronda de juego.</p>
Hielera	3.81	<p>Para mejorar el confort del jugador durante su ronda de juego se propone la inclusión de una hielera para transportar cualquier tipo de bebida que guste.</p>	<p>Como estamos hablando de un vehículo para una persona se propone unas medidas aprox. 16 cuartos 35x24x38cm.</p>
Portavasos	2.91	<p>Al hablar de la inclusión de una hielera queda implícito que el piloto estará bebiendo mientras juega y maneja, por lo</p>	<p>Se propone el uso de portavasos con unas medidas aprox. 15 x 10 x 10 cm.</p>

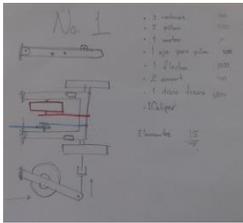
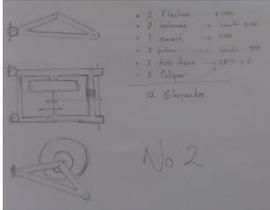
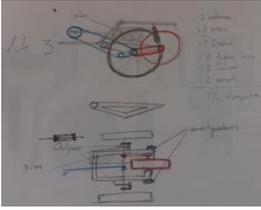
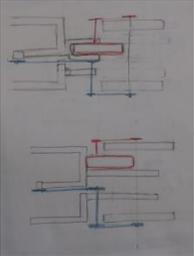
	cual es necesaria la inclusión de uno, o dos portavasos, para la comodidad del usuario.	
--	---	--

3.2.5 Tabla de comparativos de transmisión

La transmisión es un tema fundamental en este diseño, ya que debe de ser fácil para el usuario pedalear y obtener la asistencia del motor cuando la necesite. Por ello se han pensado distintas alternativas para acomodar los componentes necesarios en la transmisión. Tabla 15.

- La primera alternativa muestra un chasis cuadrangular y tiene en ejes separados el motor y el correspondiente a los pedales, de esta manera la asistencia del motor llega directa e independientemente al eje trasero, de la misma manera que la fuerza transmitida por los pedales.
- La segunda alternativa muestra que la fuerza de transmisión de los pedales llegue a un mismo eje que la del motor, de esta manera los pedales y el motor compartirían el eje que propulsara finalmente al eje trasero.
- La tercera alternativa propone que el motor se encuentre en la parte de atrás y se adelante un poco el eje trasero, de esta manera la transmisión de los pedales llega directamente al eje trasero y al igual que el motor tiene una mayor, de esta manera tiene una mayor libertad, y facilidad de sujeción los elementos.
- La cuarta alternativa que proponía que el eje tanto de los pedales como el del motor llegara por la parte de afuera del vehículo, esto para facilitar la colocación de las cadenas. Esta propuesta fue descartada ya que sería riesgoso para las personas que estuvieran a los lados cuando el vehículo pasara ya que podría ser lastimados por las cadenas girando.

Tabla 3. Alternativas de posicionamiento de motor.

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Diagrama				
No. De elementos	15	12	12	eliminada por no ser segura
(estabilidad) YAW momento de guiñada	Menor	menor	mayor	
costo	\$6150	\$5900	\$6400	
facilidad de ensamble	Media	alta	media	
complejidad de obtención de piezas	Media	media	alta	

Finalmente se optó por una mezcla entre la primera y la segunda alternativa, ya que la segunda alternativa es la que tiene un menor número de piezas y menor costo, y se usara una estructura cuadrangular como la alternativa uno por su facilidad de construcción y menor uso de material.

3.2.6 Matriz de alternativas

La matriz de conceptos es una herramienta que se utiliza para poder organizar diferentes posibilidades de un mismo concepto y poder generar propuestas de diseño con una variada mezcla de componentes y ofrecer distintas propuestas de solución a un problema con distintos componentes para así analizar la mejor manera de resolución, en este caso encontraran la matriz de concepto completa en el apartado de anexos.

Siguiendo las rutas descritas en la matriz de alternativas se generaron tres conceptos con acomodos diferentes, que, aunque cuentan con los mismos componentes varían levemente en las características de los mismos. En la Figura 3.13. muestra la primera propuesta la cual sigue la ruta azul de la matriz de conceptos, y los aspectos importantes del diseño son los siguientes:

- Un techo “abierto”, que la estructura metálica que soporta el techo no está cerrada, por lo cual otorga un aspecto de amplitud y libertad al usuario.
- La bolsa de golf esta adelante, eso ofreciendo una mayor comodidad en el momento del juego para la selección del bastón y su extracción de la bolsa.
- Incluyendo faros grandes de 12V para la iluminación como los utilizados en los carros de golf convencionales.
- Cuenta con un espejo retrovisor central.
- Los aditamentos como la hielera y la cajuela se encuentran en la parte de atrás.
- También es preciso resaltar que en este diseño se propone un volante circular, siendo este el utilizado en los vehículos de golf actualmente, aunque en este caso tendría la particularidad de ser difícil de adaptar un acelerador y frenos a este tipo de volante.
- El asiento cuenta con un respaldo.

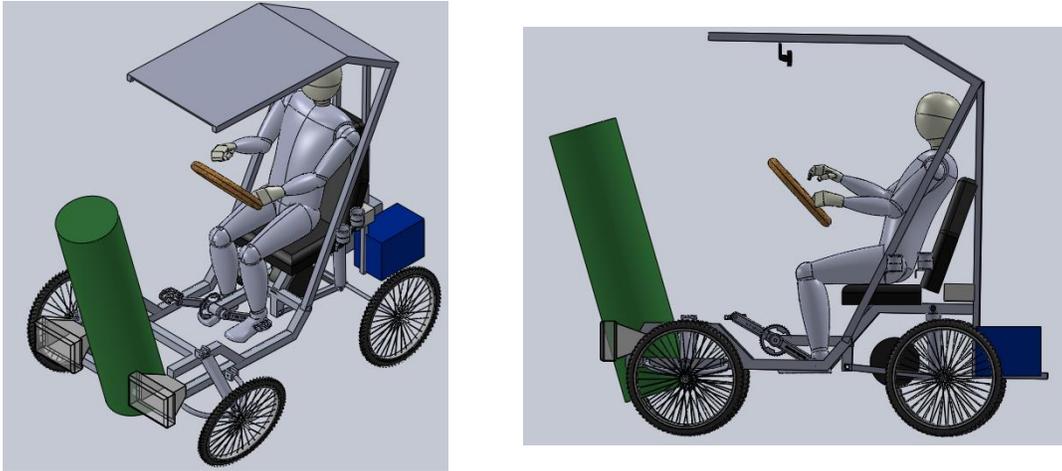


Figura 3.13 Vista isométrica y lateral de la propuesta 1.

La propuesta 2 mostrada en la Figura 3.14. Y la ruta naranja de la matriz de conceptos, y los aspectos importantes a destacar en esta propuesta son:

- Es importante destacar en esta propuesta es que la bolsa de los bastones se encuentra en la parte trasera, ofreciendo una mejor vista al camino para el conductor.
- Ubicando la hielera y cajuela en la parte delantera.
- Contando también con una estructura cerrada para soportar el techo, lo cual ofrece la mejor resistencia para el vehículo en caso de volcadura.
- En este diseño se propone un volante tubular como el de las motocicletas, el cual tiene una excelente adaptabilidad para incluir en él un acelerador, frenos y controles necesarios.
- Se propone el uso de dos espejos retrovisores ubicados a cada extremo del volante.
- En este caso se utiliza un asiento sin respaldo para no limitar la movilidad del conductor.

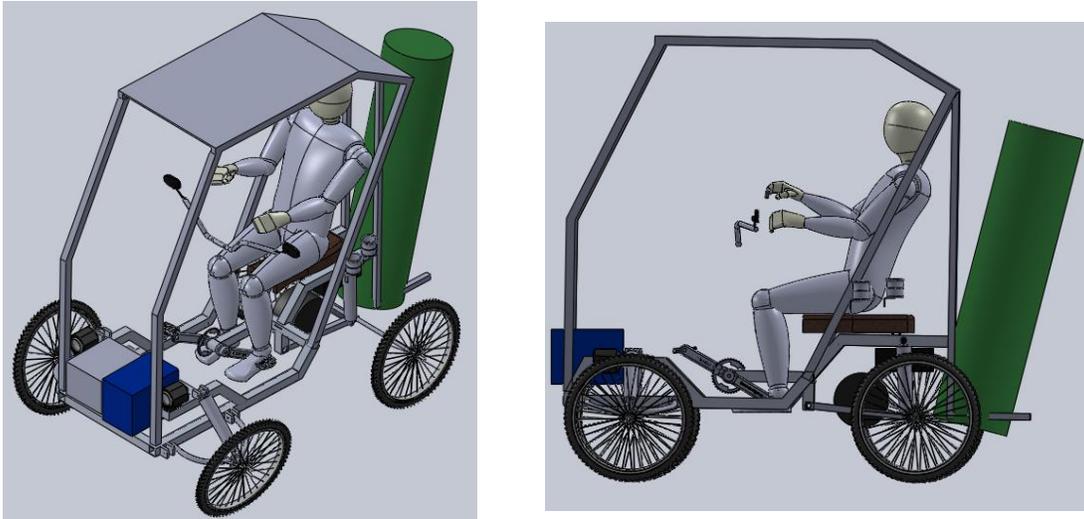


Figura 3.14. Vista isométrica y lateral de la propuesta 2.

La tercera y última propuesta que sigue la ruta verde de la matriz de conceptos, y los aspectos importantes a mostrar en la propuesta son, Figura 3.15:

- Muestra de igual manera la bolsa de bastones en la parte trasera.
- Cuenta con tres espejos retrovisores, uno en cada lado del volante y uno central.
- Un diseño más estético y orgánico en el techo y una propuesta abierta para que el conductor tenga la sensación de amplitud.
- Dos faros de 12 V. para la iluminación.
- La utilización de un volante tubular para la adaptación de acelerador y frenos.

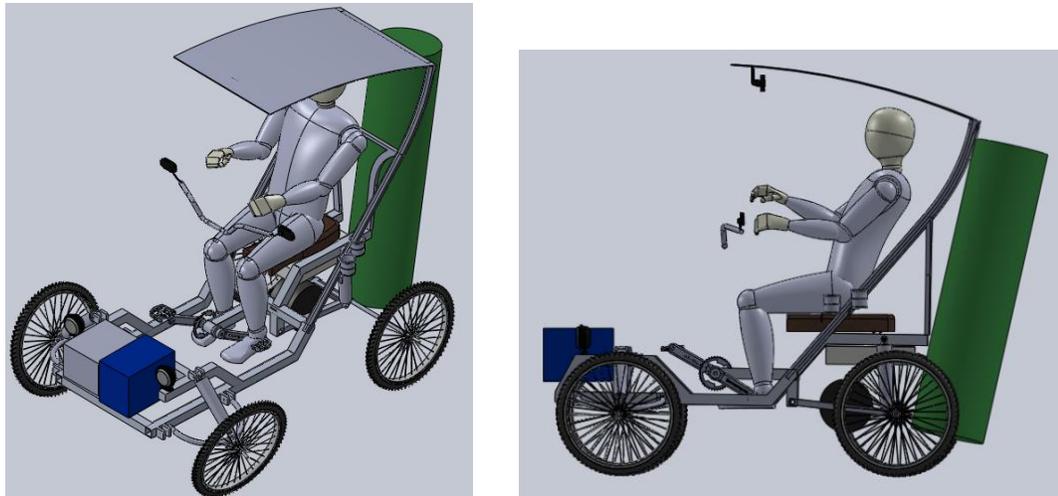


Figura 3.15. Vista isométrica y lateral de la propuesta 3.

3.2.7 Evaluación de conceptos

Tomando en cuenta los requerimientos del cliente en la Tabla 13. Se evaluó cada alternativa para poder cuantificar y encontrar la propuesta que satisfaga en mayor grado los aspectos deseados por el cliente, tal como se muestran en la siguiente Tabla 17.

Tabla 4. Evaluación de conceptos.

Criterios de evaluación		Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
Requerimiento de diseño	%	Apreciación	%	Apreciación	%	Apreciación	%
Bolsa de bastones de golf	11	5	52.6	5	52.6	5	52.6
Uso 8 horas	11	5	52.6	5	52.6	5	52.6
Estable	9.9	2	19.72	3	29.58	3	29.6
Seguro	9.2	2	18.42	4	36.84	3	27.6
Moderno	6.6	2	13.14	3	19.71	4	26.3
Cómodo	6.6	4	26.28	3	19.71	3	19.7
Buen desplazamiento	6.6	4	26.28	4	26.28	4	26.3
Elegante	5.9	2	11.84	3	17.76	4	23.7
Innovador	5.3	1	5.26	2	10.52	3	15.8
Luces	5.3	3	15.78	4	21.04	4	21
Cajuela	5.3	4	21.04	4	21.04	4	21
Hielera	4.6	4	18.4	4	18.4	4	18.4
Todo terreno	3.9	2	7.88	4	15.76	3	11.8
Velocidad máx. 40km/h	3.3	2	6.56	3	9.84	3	9.84
Espejo retrovisor	3.3	2	6.56	3	9.84	5	16.4
Precio	2	3	6	4	8	3	6
Bajo mantenimiento	1.3	2	2.62	3	3.93	3	3.93
Portavasos	0	5	0	5	0	5	0
Sumatoria			311		373.5		383

3.2.8 Concepto final

Tomando en cuenta la evaluación de las propuestas y la alternativa que cumple en mayor grado los requerimientos de diseño se determinó la propuesta 3 Figura 3.16. ya que está enfocada a que sea más agradable a la vista del usuario y finalmente eso aumento su puntuación en los aspectos de moderno, elegante, e innovador, ya que las demás propuestas estaban enfocadas únicamente a ser funcionales y no tenían una consideración estética, la cual es muy importante para el tipo de mercado que va dirigido este producto.

Por lo cual a continuación se muestran las tres vistas del concepto final con su tabla de materiales que incluye una pequeña descripción de cada uno de ellos. Y se enlistan los componentes que componen dicho concepto, con una breve descripción de cada uno de ellos para esclarecer el funcionamiento del mismo, Tabla 18.

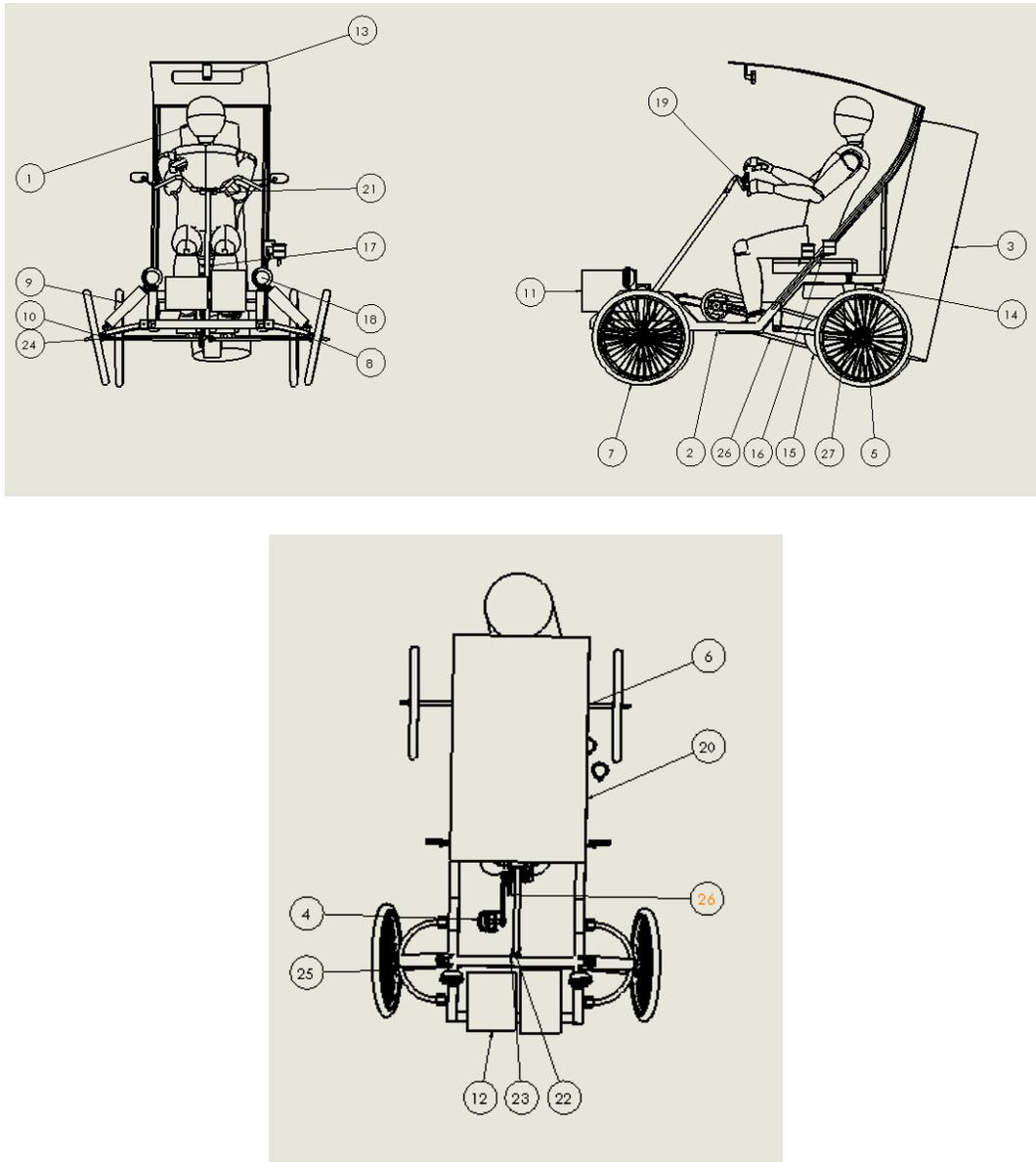


Figura 3.16. Vistas de la propuesta 3 con globos indicadores de componente.

Tabla 5. Tabla de componentes del concepto final.

N.º	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	#
1	Maniquí	Figura humana	1
2	Chasis	De aluminio	1

3	Bolsa de bastones	Volumen aproximado de una bolsa de bastones de golf estándar	1
4	Pedales	Pedales para bicicleta de 9/16	1
5	Base para motor y suspensión	Pequeña estructura donde se fijará el motor	1
6	Flecha trasera	Eje trasero en el cual giraran las llantas	1
7	Rueda para bicicleta	Rueda para bicicleta rodada 20"	4
8	Brazo de suspensión	Pieza por la cual se conectan la masa de la rueda con el amortiguador y el chasis	2
9	Amortiguador	Amortiguador tipo motocicleta cargo 125cc	4
10	Masa de llanta	Pieza que permite que la llanta gire y la conecta con el resto del vehículo	4
11	Hielera 10 cuartos	Hielera de 33x21x25 cm	1
12	Cajuela	Espacio destinado para guardar pertenencias del piloto de aprox. 30x20x20cm	1

13	Retrovisor central	Espejo central	1
14	Batería litio	Batería de 48V 30A	1
15	Motor eléctrico	Motor de 48V 1000W	1
16	Porta vasos	Aditamento hecho de fibra de vidrio	2
17	Asiento	Asiento tipo motocicleta	1
18	Faro	Faro de 12V	2
19	Volante tubular y espejos	Volante tubular tipo motocicleta con dos espejos retrovisores a cada lado	1
20	Techo	Estructura sencilla de aluminio para soportar el panel solar	1
21	Unión para base de volante	Base necesaria para la unir el volante y la flecha	1
22	Base para flecha del volante	Base necesaria para fijar la flecha del volante	1
23	Flecha volante	Flecha que transmite el movimiento del volante a las guías de dirección.	1
24	Guías de dirección	Piezas que transmiten el movimiento de la flecha del volante a la masa.	2
25	7-16_ball rod end	Piezas que unen las guías de dirección con la masa de	4

		las llantas.	
26	Cadena pedales/motor	Cadena que transmite la fuerza proporcionada por el pedaleo al eje en el que está el motor.	1
27	Cadena motor/flecha	Cadena que transmite la fuerza del eje del motor al eje trasero.	1
28	Tensor de cadena	Tensor que permite que al moverse el chasis secundario producto del movimiento de los amortiguadores la cadena no se salga de su lugar.	2
29	Panel solar	Panel que ayudará en la carga de las baterías	1
30	Base para bolsa de golf	Estructura metálica para la sujeción de la bolsa de golf.	1

3.3 DISEÑO A NIVEL SISTEMA

Para este contexto de analizarán los sistemas independientemente para tener un mejor entendimiento del conjunto. Teniendo en cuenta el análisis cinemático posición final y posición inicial, desplazamiento y velocidades, o las variables que sean determinantes para cada sistema.

3.3.1 Centro de gravedad

El vehículo está modelado utilizando el software Solid Works, donde se puede indicar a cada pieza las propiedades mecánicas del material, indicando cada uno de los componentes por ejemplo la estructura de aluminio, neumáticos de caucho, etc. Eso permite saber cuánto pesa cada pieza y finalmente determinar el peso total del vehículo. En la Tabla 19. se muestra el peso de cada pieza y la cantidad de piezas utilizadas, para concluir que el vehículo con piloto pesa 208.296 kilogramos, contando que se le está asignando un peso de 100kg al piloto, lo que significa que el vehículo pesa 108.296 kilos, lo cual es un excelente peso, en comparación una motocicleta cargo 150cc de Honda pesa 128kg.

Tabla 6. Peso de piezas.

#	Pieza	Cantidad	Peso (kg)	Totales
1	Chasis hueco	1	1.8	1.8
2	Amortiguador	4	1	4
3	Masa llanta	2	0.05	0.10
4	Rueda de bicicleta	4	2.7	10.8
5	Guía de dirección	2	0.5	1

Diseño, construcción y puesta en marcha de vehículo extra ligero para campo de golf

6	Rodend	4	0.02	0.08
7	Base flecha volante	1	0.025	0.025
8	Flecha 2 de volante	1	0.37	3.7
9	Base volante	1	1.2	1.2
10	Volante y espejos	1	0.8	0.8
11	Pedales	1	0.78	0.78
14	Base bolsa	1	2.1	2.1
15	Golf Bag	1	15	15
14	Flecha eje trasero	1	2.4	2.4
15	Asiento	1	2	2
18	Motor	1	6.2	6.2
17	Cadena 1	1	0.2	0.2
20	Cadena 2	1	0.2	0.2
21	Tensor de cadena	2	0.25	0.5
20	Batería litio	1	8	8
21	Techo	1	20.7	20.7
22	Panel solar	1	1.400	1.4
23	Hielera 10 cuartos	1	10	10
24	Cajuela	1	5	5
25	Tornillo 5/8 3.5 in	8	0.025	0.2
26	Tornillo 5/8 2.5in	2	0.02	0.04
27	Batería acido	1	5.5	5.5
28	Caliper	2	0.3	0.6

31	Chumacera	2	0.45	0.9
30	Disco de freno	2	0.1	0.2
31	Faro	2	0.55	1.1
32	Persona	1	100	100
33	Chasis secundario	1	1.3	1.3
34	Tornillo 5/8 2in	1	0.015	0.015
35	Soporte para volante	1	2.1	2.1
36	Tuerca de motor	2	0.028	0.056
37	Inserto de metal	2	0.020	0.040
38	Mango de volante	1	0.020	0.020
39	Frenos	2	0.172	0.344
40	Brazo de suspensión	2	0.613	1.226
	Total			208.296

La Figura 3.17. muestra la ubicación del centro de masa (milímetros), que tiene las siguientes coordenadas, $X = 24.23$, $Y = 11.71$ y $Z = 762.22$, esto es importante para la estabilidad, mientras el centro de masa de un vehículo para una persona esté ubicado lo más cercano a la cadera del conductor se considera como un vehículo estable.

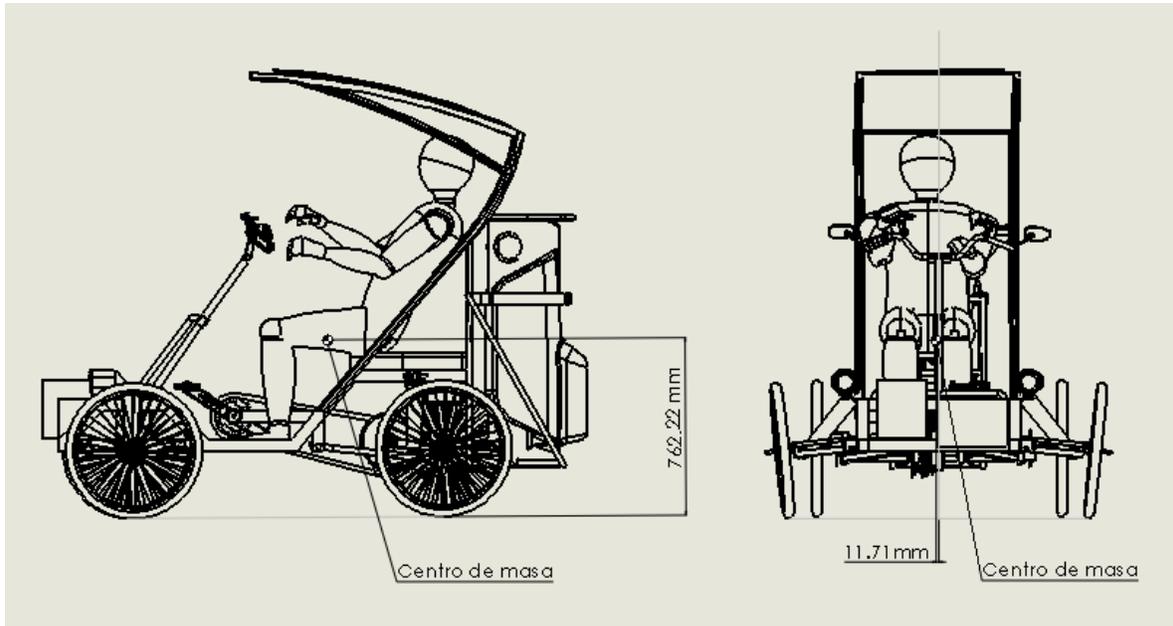


Figura 3.17. Ubicación del centro de masa.

3.3.2 Análisis del sistema de transmisión

La propulsión del vehículo es por medio de pedales y será asistido por un motor eléctrico, pero la elección del motor correcto es fundamental para el correcto desempeño del vehículo; ya que el peso del vehículo puede dificultar su movimiento si se propulsa únicamente con los pedales, por lo cual es necesaria la asistencia de un motor eléctrico.

Por lo cual se compararon las diferencias entre motores eléctricos con escobillas y los motores sin escobillas o brushless.

Y la vida útil del motor *brushless* es mayor: al no tener escobillas, no se producen rozamientos que generen desgaste ni ruido, y no es necesario un mantenimiento continuo. En cambio, el ciclo de vida de los motores con escobillas es menor: genera mayor fricción al realizar el cambio de polaridad, y desprende calor y chispas, por lo que las escobillas acaban deteriorándose y deben ser

reemplazadas, lo que requiere un mayor mantenimiento, con los costes que pueda conllevar.

De entrada, el motor con escobillas es más económico que el motor brushless. Asimismo, no necesita un control electrónico para su funcionamiento, a través de un circuito caro y complejo.

No obstante, como consecuencia de la pérdida de calor que se produce en el motor con escobillas, se genera mayor desperdicio de potencia, lo que repercute en su eficiencia. Por el contrario, esto no ocurre con el motor brushless, que es mucho más eficiente.

El motor brushless ofrece una mejor relación entre potencia de salida y tamaño y, por tanto, mayor rendimiento. En cambio, esta relación en el motor con escobillas es menor, lo que provoca, a su vez, un menor rendimiento.

Además, el motor brushless también posee una buena relación entre velocidad y par motor, que es moderada en el caso del motor con escobillas, ya que al aumentar la velocidad estas provocan fricción y, por tanto, disminuye el par motor.

Por todo lo anterior se seleccionó un motor sin escobillas ya que son pequeños a comparación de la potencia que son capaces de proporcionar. Esto, con el fin de agregar la menor cantidad de peso extra al vehículo. Comercialmente puedes encontrar este tipo de motores con una potencia de 350W, 500W, 1000W y 1500W; Se seleccionó el motor con las siguientes características, ya que es la mejor elección encontrada en el mercado por su excelente potencia, pero sin repercutir en la autonomía del vehículo, que ocurriría al poner un motor más potente.

Tabla 7. Características del Motor.

Característica motor ebike HUB	Cantidad
motor 1000W	
Peso	6.2 kg
Voltaje	25 V
Amperaje	25 A
Torque	30 N/m
Potencia	1000W
Velocidad máxima	520 Rpm

Los pedales están unidos a un piñón que está conectado por medio de una cadena al mismo eje que el motor eléctrico, el cual a su vez cuenta con un piñón que estará conectado con el eje trasero del vehículo y finalmente a una llanta con 210mm de diámetro, como muestra la Figura 3.18.

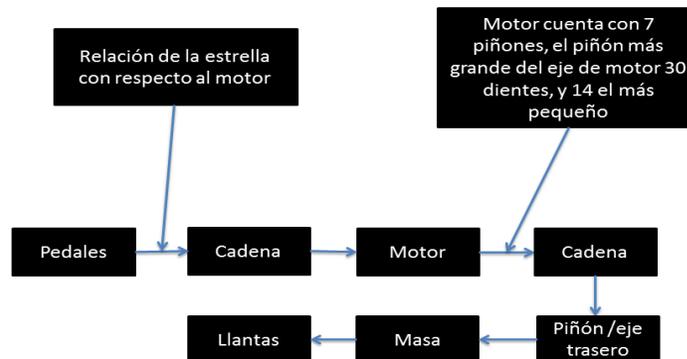


Figura 3.18. Diagrama cinemático de la transmisión.

La Figura 3.18. Muestra la secuencia básica que debe seguirse para lograr la propulsión del vehículo. En la Figura 3.19. Se muestran las dos posibilidades que existen, ya que es necesario que se pueda mover el vehículo con el uso exclusivo de los pedales, únicamente empleando un motor eléctrico o sistema híbrido de asistencia del motor mientras se pedalea gracias al uso de un sensor hall. Por lo cual, agregando variables y analizando estos dos casos particulares se muestran los siguientes diagramas:

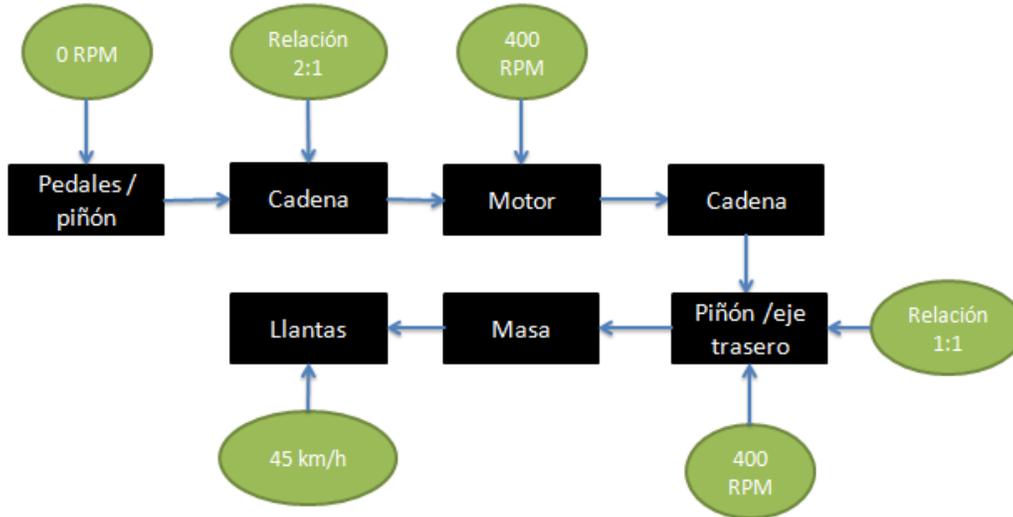


Figura 3.19. Diagrama cinemático del uso del motor.

La Figura 3.20. muestra un escenario donde los pedales no ejercen ningún tipo de apoyo, y toda la fuerza para la propulsión es proporcionada por el motor a máxima velocidad la cual es 400 Rpm, y mueve los piñones con una relación entre ellos de 1:1 lo que significa que el motor y el eje trasero giran con la misma velocidad, lo cual nos permite una velocidad de 45 km/h. Esto siendo calculado con el diámetro de la llanta de bicicleta que es de 60 cm, y sin tener en cuenta las pérdidas mecánicas. Para realizar el cálculo hay que tener en cuenta que $1 \text{ revolución} = 2\pi r$. Con eso en cuenta se puede hacer la conversión. De rpm a m/s

$$\frac{400 \text{ revolución}}{\text{minuto}} \times \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} \times \frac{2\pi(0.3m)}{1 \text{ revolución}}$$

$$\frac{400 (2\pi(0.3m))}{60 \text{ segundos}}$$

$$\frac{752 \text{ m}}{60 \text{ segundos}}$$

12.53 m/s es igual a 45 km/h

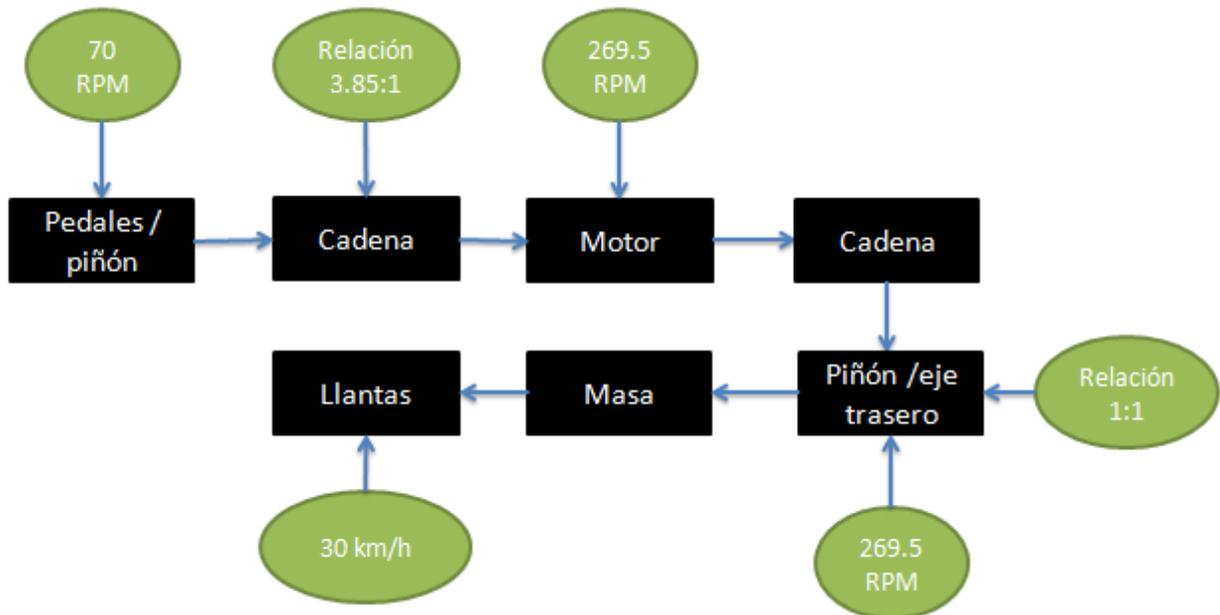


Figura 3.20. Diagrama cinemático del uso de los pedales.

Mientras que la Figura 3.21. muestra un escenario donde únicamente el vehículo se mueve con la fuerza proporcionada por el usuario, una persona normal en un viaje tranquilo pedalea de 70 a 100 revoluciones por minuto [22] el plato más grande de los pedales cuenta con 54 dientes y el más pequeño del motor cuenta con 14 lo cual hace que exista una relación de 3.85 a 1, lo que significa que por cada vuelta que los pedales realicen el eje del motor girará 3.85 veces, por lo que al girar con 70 rpm los pedales el motor girará con 269.5 rpm. El motor tiene una relación de 1:1 por lo cual el eje trasero girará con el mismo par que el motor, y finalmente permitiendo a las llantas girar de 30 km/h dependiendo de directamente del usuario.

Se puede hacer el cálculo de la siguiente manera:

$$\frac{269.5 \text{ revolución}}{\text{minuto}} \times \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} \times \frac{2\pi(0.3\text{m})}{1 \text{ revolución}}$$

$$\frac{269.5 (2\pi(0.3m))}{60 \text{ segundos}}$$

$$\frac{506.66 \text{ m}}{60 \text{ segundos}}$$

8.44 m/s es igual a 30 km/h

3.3.3 Análisis del sistema eléctrico y control

Existen varios tipos de sistemas de control, básicamente los sistemas de lazo abierto y de lazo cerrado, los sistemas de lazo abierto son los que no tienen ningún tipo de retroalimentación de señal, son los más simples, y un ejemplo de ellos podría ser un calentador de agua, que al ser encendido calienta el agua pero de no tener cuidado podría acabar evaporando el agua, o causando algún desperfecto; por lo cual existen los sistemas de lazo cerrado, que cuentan con un sensor que da retroalimentación al sistema, por ejemplo con el mismo caso de un calentador de agua, sería que al llegar a cierta temperatura de agua, el calentador se apagará permitiendo lo que ocasionaría que el agua se enfríe poco a poco y al llegar a cierta temperatura el calentador se encendería automáticamente de nuevo para recuperar el calor perdido.

Los sistemas para controlar son:

- Encendido.
- Claxon
- Luces
- Acelerador
- Switch o panel/ batería

En el vehículo habrá dos circuitos independientes, uno es el del motor, que comprende el acelerador, el controlador, botón de encendido, las baterías de litio y por supuesto el motor. Y el segundo circuito es uno más sencillo que está

alimentado por una batería de 12V que alimentará las luces y el claxon, las cuales estarán conectados en paralelo, como muestra la Figura 3.21.

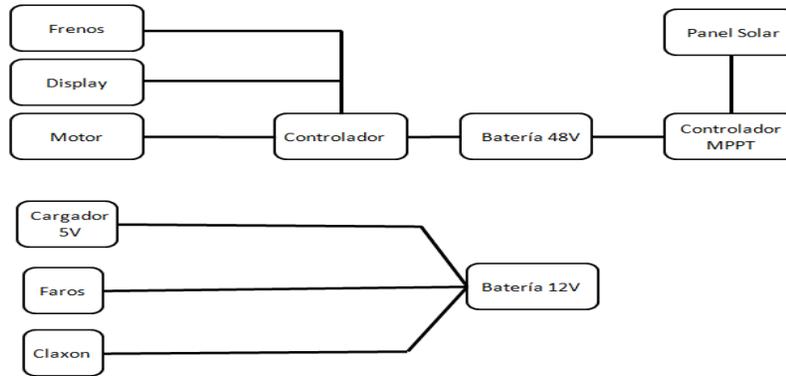


Figura 3.21. Diagrama de conexión del vehículo.

El circuito del motor funciona conectando todos los componentes al controlador. El cual funciona de la siguiente manera: El acelerador Figura 3.22. Es un potenciómetro adaptado al volante, el controlador recibe esa variación y modifica el ancho del PWM que es mandado al motor para acelerarlo.

La asistencia funciona de una manera muy similar ya que es un sensor de efecto hall, que capta si hay movimiento circular en los pedales, por lo cual se entiende que el usuario está pedaleando y activa el motor con un ancho de PWM predefinido. El controlador tiene 5 niveles diferentes de asistencia.

Los frenos Figura 3.23. tienen un push botton interno que manda una señal al controlador cuando estos son activados, generando un error lógico e impidiendo al usuario frenar y acelerar al mismo tiempo. Esto por supuesto no tiene nada que ver con el funcionamiento mecánico de los frenos, ya que funcionan por medio de un chicote. Y finalmente el display muestra el nivel de batería restante, la velocidad a la que está girando el motor y el nivel de asistencia que está proporcionando el motor.



Figura 3.22. Acelerador con potenciómetro.



Figura 3.23. Frenos con push botton.

El segundo circuito es un circuito mucho más simple, ya que es un circuito con todos los componentes conectados en paralelo con switches de activación independientes, lo cual permite que todos los componentes compartan el mismo voltaje, únicamente si todos son accionados al mismo tiempo el amperaje del circuito decaerá, haciendo que se descargue el batería más rápido. Pero tal escenario es improbable.

3.3.4 Análisis del sistema de dirección

El sistema de dirección es el encargado de permitir que el vehículo decida qué camino tomar, y está compuesto por varios componentes que están conectados como se indica en la Figura 3.24.

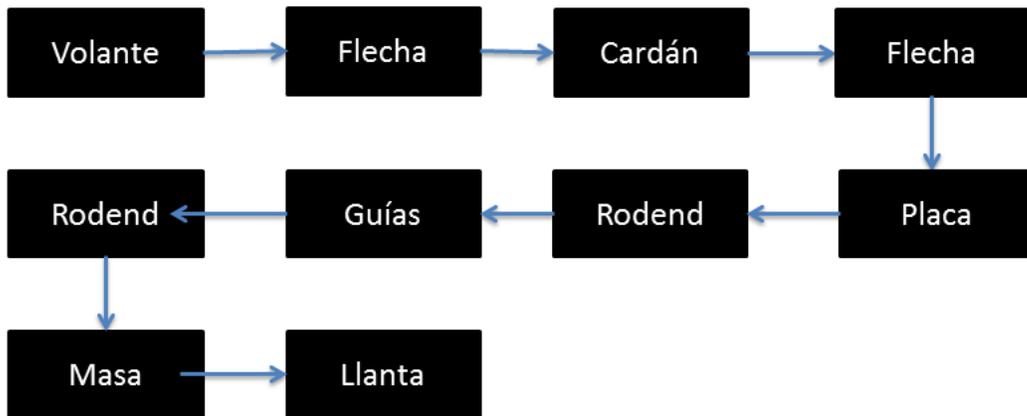


Figura 3.24. Diagrama de flujo de la dirección.

El volante es la pieza que está en contacto directo con el piloto y transmite la energía puesta por él, en este caso será un volante tipo motocicleta, ya que incluirá los mandos necesarios de control de luces, encendido, acelerador, freno, y freno de mano. El movimiento del volante será transportado por una flecha que estará conectada a un cardán Figura 3.25. que es una junta homocinética que es una pieza que tienen como finalidad conectar dos ejes dispuestos longitudinalmente, no continuos, de modo que la velocidad de giro entre ellos sea igual en todo momento.

La segunda flecha del volante está unida a una placa con dos perforaciones donde se atornilla una junta comúnmente conocida como rodend Figura 3.26. popularizada así por su nombre en inglés “*rod end bearing*” que es una junta mecánica articulada. Tales juntas se utilizan en los extremos de barras de control, eslabones de dirección, varillas de unión o en cualquier lugar donde se requiera una articulación de precisión, y donde el extremo de horquilla no es adecuado. Una bola giratoria con una abertura a través de la cual puede pasar un perno u otro elemento de fijación se presiona en una carcasa circular con un eje roscado. La ventaja de utilizar este tipo de juntas es que permite la unión de dos componentes sin la necesidad de tener un ángulo de 90° entre ellos.



Figura 85. Junta homocinética tipo cardán.



Figura 96. Junta mecánica tipo Rodend.

Las guías de la dirección son dos tubos con cuerda en sus extremos para poder conectar dos rodend entre sí para transmitir el movimiento hasta la masa de la llanta la cual girará sobre el eje ubicado en el brazo de la suspensión delantera y así podrá girar la llanta hacia donde el piloto lo desee.

Para que la dirección funcione correctamente es necesario tomar en cuenta que las llantas no deben de girar lo mismo al tomar una curva. Ya que la llanta que más próxima al centro de radio de giro debe de girar más que la externa, esto es para evitar deslizamiento e inestabilidad al girar a mayor velocidad. Por lo que se utiliza la geometría de Ackerman para determinar el ángulo de inclinación que se le debe de agregar a la masa de las llantas para que el vehículo gire correctamente.

Para calcular el grado de inclinación correspondiente la manera más sencilla es tomar del centro del eje trasero y prolongar una línea recta al centro donde la llanta hace la rotación y ajustar la pieza donde se fija el rodend para que coincida con la línea que prolongó.

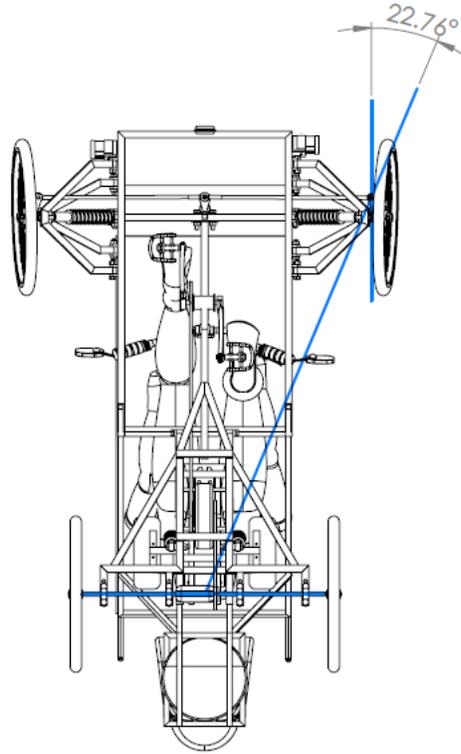


Figura 10. Relación de geometría de Ackerman.

Como se puede ver en la Figura 3.27. es necesario colocar en la masa que soporta la llanta un refuerzo del cual se sujetará el rodend con 22.76° de inclinación para que el vehículo gire de manera óptima.

3.3.5 Análisis de suspensión delantera

La suspensión es el sistema dentro del vehículo encargado de bridar amortiguación a un desperfecto en el camino para minimizar cualquier daño al vehículo o al piloto. En este diseño se está realizando con un amortiguador de una motocicleta cargo 150cc de Honda, el cual tiene un recorrido de 91mm.

La suspensión delantera tiene que estar adaptada de una tal manera que permita a las llantas girar, a gran diferencia de la suspensión trasera que únicamente pivotea en un eje; la suspensión delantera va de la mano con la dirección, por lo

cual se necesitó incorporar un mayor número de elementos y encontrar una configuración en la cual pudiesen funcionar de manera correcta las dos. Los elementos que componen en la suspensión delantera son los siguientes:

- Amortiguador
- Brazo de suspensión
- Masa
- Llanta
- Chasis

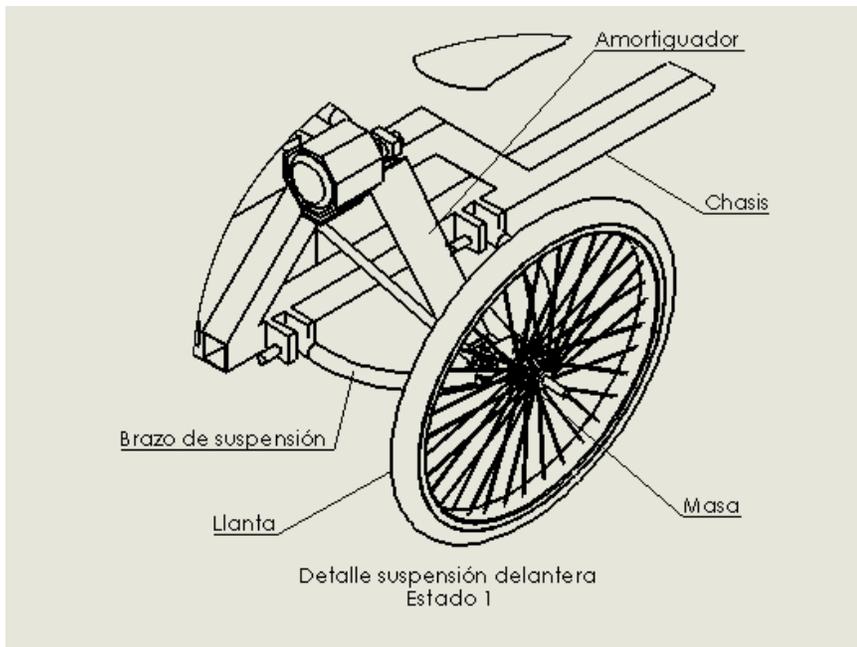


Figura 118. Vista a detalle de la suspensión delantera.

La suspensión delantera funciona gracias al brazo de suspensión que crea un eje donde puede pivotar la masa con la llanta, ya que al estar unido tanto el amortiguador como el brazo de suspensión al chasis, esto permite que en el momento que la llanta reciba algún impacto o sufra algún desperfecto en el camino, este sea absorbido por el amortiguador en un movimiento hacia arriba de la llanta, perjudicando en menor manera al chasis y al piloto. Algo importante de resaltar es que este es un vehículo de baja velocidad, el cual transitará por

caminos de concreto delimitados, así que los obstáculos que pueda encontrar no serán tan dramáticos.

Para el análisis de este sistema se tomó en cuenta dos estados, el estado uno, el estado de mayor distancia del amortiguador, es decir sin ningún tipo de compresión, y en el estado dos o de mayor compresión.

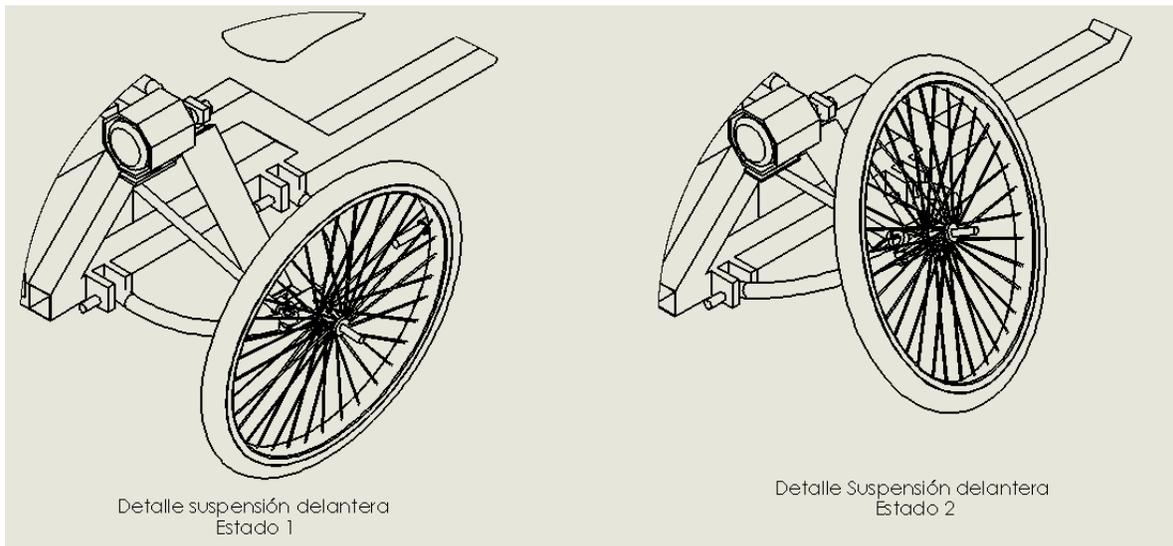


Figura 3.29. Vista a detalle del estado 1 y 2.

Como podemos observar en la Figura 3.29. cuando la suspensión delantera cambia del estado uno al estado 2 no hay ningún inconveniente con las guías de la dirección, ya que están ubicada entre un hueco en el chasis que permite protegerlas y que tengan un movimiento libre en los cambios de estado del amortiguador.

En la Figura 3.30. se puede ver el movimiento y el recorrido de la llanta, destacando que al cambiar al estado dos la llanta puede subir hasta 170mm de su estado original en el estado uno.

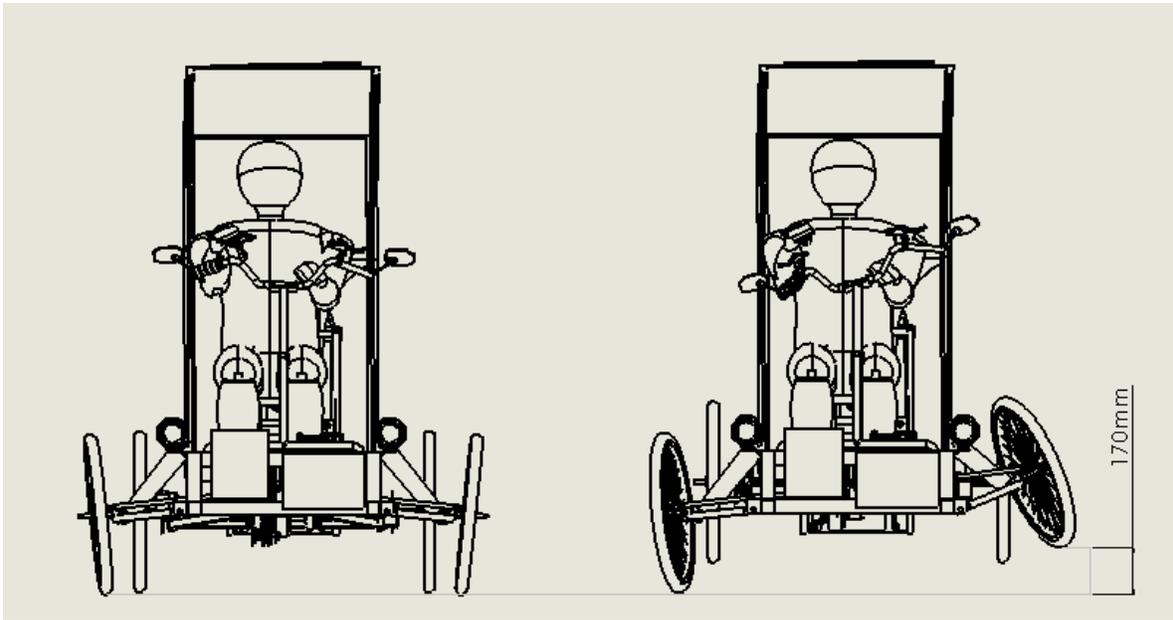


Figura 3.30. Desplazamiento de llanta entre el estado uno y dos del amortiguador.

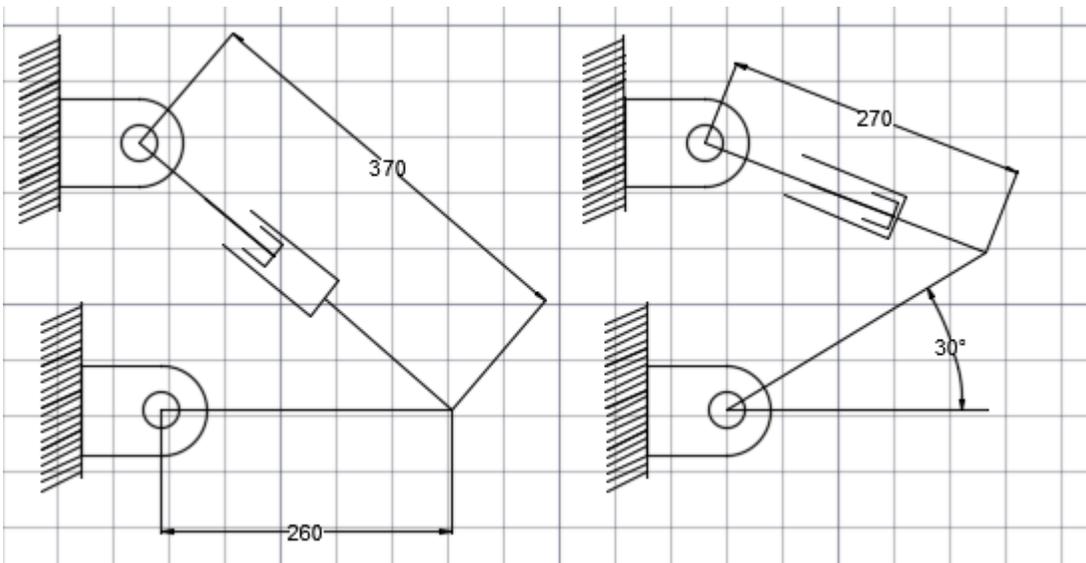


Figura 3.31. Análisis cinemático del amortiguador.

Finalmente, en la Figura 3.31. podemos ver el movimiento del amortiguador, como al contraerse 90 milímetros que es la contracción máxima que alcanza este tipo de amortiguador, el brazo de suspensión tendrá una elevación de 30° con respecto al punto de origen. Lo cual nos permite ver el gran margen de movimiento que tendrá para amortiguar cualquier desperfecto en el camino.

3.3.6 Análisis de suspensión trasera

La suspensión trasera funciona de una manera completamente diferente a la suspensión delantera, ya que como primer punto las llantas no rotan con forme a la dirección así que únicamente siguen la dirección de las llantas delanteras, y también cuenta con la diferencia que en la suspensión delantera sólo pivotea la llanta gracias al brazo de suspensión mientras que en la suspensión trasera existe un chasis secundario que es el que pivotea, haciendo que el motor, junto con el eje trasero se muevan juntos de una misma manera.

Los elementos importantes que intervienen en este sistema son:

- Amortiguador:
- Chasis secundario
- Motor
- Punto de pivoteo.

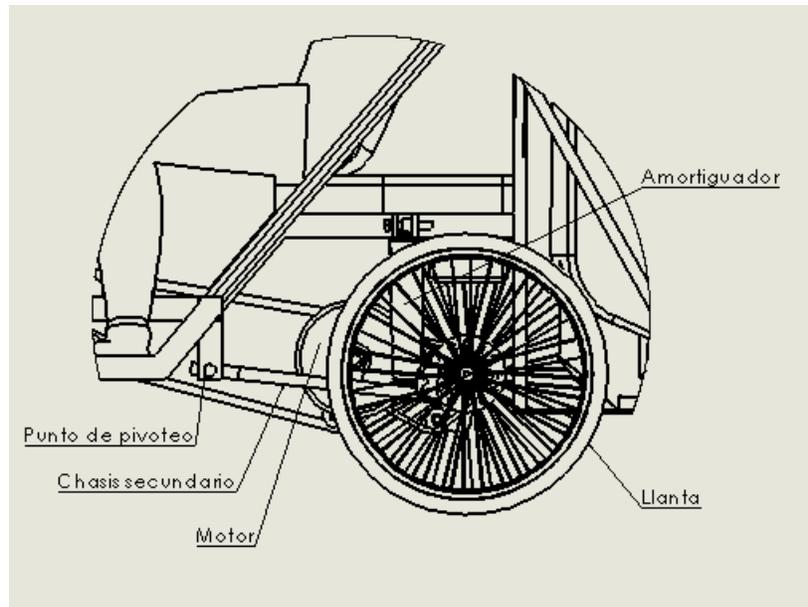


Figura 3.32. Suspensión trasera.

En la Figura 3.32. podemos ubicar fácilmente los elementos antes mencionados; ya cuando la llanta sufre algún choque inesperado la energía moverá el eje y por ende el chasis al que están fijos haciendo que el amortiguado se comprima y esta oscilación será controlada desde el punto de pivoteo donde el chasis secundario y el chasis primario están unidos; ahora, es muy importante considerar el motor y los demás elementos ubicados en la zona en este análisis, ya que al realizar los cambios de estado del amortiguador puede que algunos elementos choquen entre sí. Por lo cual se considera cambiar de ubicación la batería para evitar posibles choques con el motor y facilitar el acceso a la misma para la carga del vehículo.

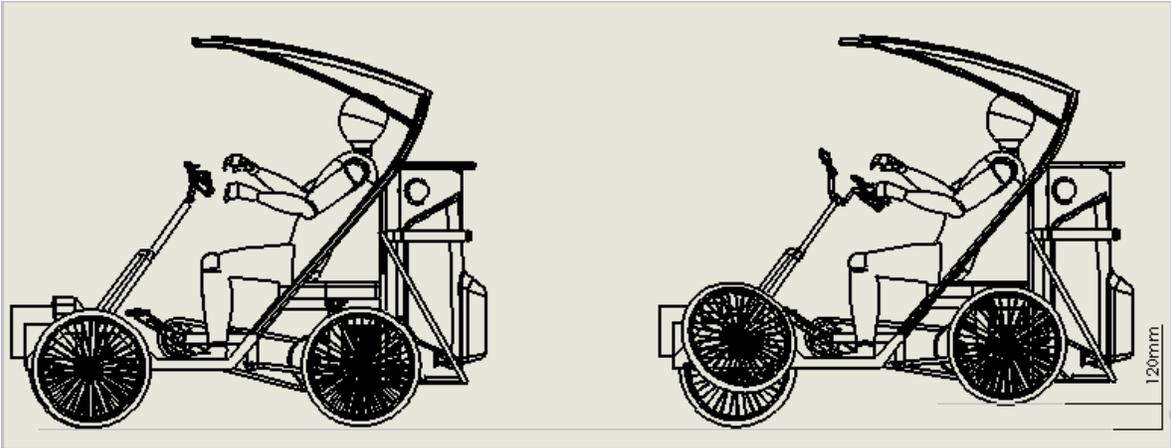


Figura 3.33. Vista lateral y elevación de la llanta.

Como podemos ver la Figura 3.33. la llanta puede tener una elevación de 120 mm con respecto a su punto de origen, al contraerse el amortiguador, esto se logra gracias a que el amortiguador no se encuentra alineado con la llanta, por lo cual si el amortiguador se contraer 90mm, la llanta subirá 120mm.

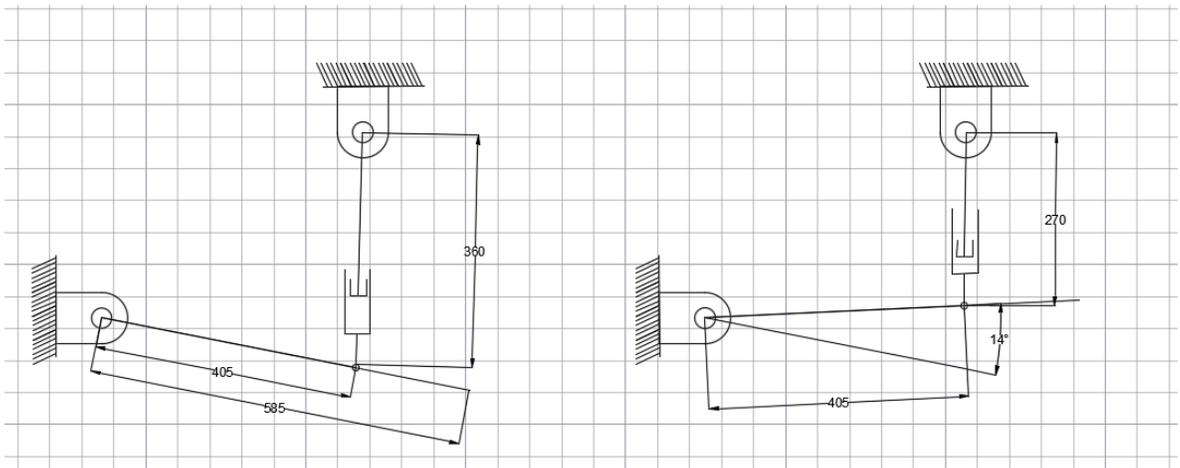


Figura 3.34. Análisis cinemático de la suspensión trasera.

Finalmente, la Figura 3.34. nos muestra el movimiento de la suspensión trasera como mecanismo y nos permite apreciar que al contraerse 90cm de carrera, que es la carrera permitida por él mismo. El chasis secundario únicamente tiene una elevación de 14°.

3.3.7 Análisis estructural

El material que se empleara para la construcción del chasis es una decisión clave, ya que aportará características deseables al vehículo, como resistencia, elasticidad y al mismo tiempo debe de eliminar características indeseables como un peso excesivo, por lo que el balance apropiado para satisfacer las necesidades de diseño y reducir el peso de la estructura primaria del vehículo es de suma importancia para lograr un diseño satisfactorio. De acuerdo a la SAE se recomienda usar aceros en los miembros estructurales del chasis. Los materiales que cumplen estos requisitos de forma plena son los aceros AISI 1018, 1020, 1026 y 4130. Como se muestra en la tabla 21

La selección se realizó mediante una comparativa entre ellos para seleccionar el material, tomando como base tres propiedades de ellos: Modulo de elasticidad, esfuerzo y elongación máximos a ruptura.

Tabla 8. Comparativa de materiales y sus propiedades mecánicas. [23]

Material	Propiedades Mecánicas					
	Modulo de Young	Modulo de Rigidez	Relación de Poisson	Resistencia a la Fluencia	Densidad	Elongación antes de Ruptura
AISI 1018	207x10 ⁹ N/m ²	80 GPa	0.27	240 Mpa	7.87 g/cc	15%
AISI 1020	205 Gpa	79 Gpa	0.27	205 Mpa	7.87 g/cc	25%
AISI 1026	205 Gpa	80 Gpa	0.27	415 Mpa	7.85 g/cc	15%
AISI 4130	205 Gpa	80 Gpa	0.27	435 Mpa	7.85 g/cc	25.5 %

Para comprender la tabla anterior es necesario definir los siguientes conceptos:

- Módulo de Young: o módulo de elasticidad longitudinal es un parámetro que caracteriza el comportamiento de un material elástico, según la dirección en la que se aplica una fuerza. Este comportamiento fue observado y estudiado por el científico inglés Thomas Young. [24]

Módulo de rigidez: parámetro de cambio de forma que experimenta un material elástico cuando se aplican esfuerzos cortantes. Este módulo recibe una gran variedad de nombres, entre los que cabe destacar los siguientes: módulo de corte, módulo de cortadura, módulo elástico tangencial, módulo de elasticidad transversal. [25]

- Relación de Poisson: Es una constante elástica que es la medida de la compresibilidad de un material perpendicular al esfuerzo aplicado, Esta constante elástica debe su nombre al matemático francés Simeon Poisson(1781 – 1840). [26]
- Resistencia a la Fluencia: Durante un esfuerzo de tensión, muchos materiales alcanzan un estado en el cual la deformación comienza a crecer rápidamente sin que haya incrementado correspondientemente el esfuerzo aplicado, tal punto recibe el nombre de punto de cadencia o de fluencia. [27]
- Densidad: es una magnitud escalar que permite medir la cantidad de masa que hay en determinado volumen de una sustancia. La palabra, como tal, proviene del latín *densitas, densitatis*. Y la unidad más común para medir la es el gramo sobre centímetro cubico. [28]
- Elongación antes de la ruptura. Es el porcentaje de elongación que el material puede resistir antes de romperse. [29]

Después de analizar estas variables, tanto el módulo de Young, como el módulo de rigidez, la relación de Poisson y la densidad son parecidos entre los materiales seleccionados, por lo cual no generan un factor determinante para elegir un material. Por lo que nos enfocamos en que material tenía facilidad de obtención en el mercado. Y el material seleccionado es el AISI 1018, ya que es su precio es accesible, y presenta buenas características mecánicas en comparación con el resto, y ya que esto será un prototipo y es probable que sea necesario el realizar cambios o correcciones, por lo que necesitamos que el material sea barato y de fácil obtención en el mercado.

Tabla 9. Propiedades mecánicas del acero AISI 1018.

Módulo de Young	207x10 ⁹ N/m ²
Módulo de Rigidez	80 GPa
Relación de Poisson	0.27
Resistencia de fluencia	240 Mpa
Densidad	7680 kg/m ³

3.3.8 Análisis de la flecha

Para tener una idea más clara de los esfuerzos a los que está sometida la flecha se realizó un estudio en el software “Mechanical” para hacer un análisis de deflexión. Como sabemos el límite elástico o límite de elasticidad, es la tensión máxima que un material puede soportar sin sufrir deformaciones permanentes. Si se aplican tensiones superiores a este límite, el material experimenta un comportamiento plástico con deformaciones permanentes y no recupera espontáneamente su forma original al retirar las cargas. En general, un material sometido a tensiones inferiores a su límite de elasticidad es deformado temporalmente de acuerdo con la ley de Hooke.

Los materiales sometidos a tensiones superiores a su límite de elasticidad tienen un comportamiento plástico. Si las tensiones ejercidas continúan aumentando el material alcanza su punto de fractura. El límite elástico marca, por tanto, el paso del campo elástico a la zona de fluencia.

Por lo tanto, dicho análisis pretende mostrar un factor de seguridad, que mostrado de una manera simple es la relación entre el esfuerzo real y el esfuerzo requerido; naturalmente este factor debe ser mayor a 1, y dependiendo de las aplicaciones oscila de 1 a 10 [30]

Para realizar el análisis fue necesario dibujar la sección transversal de la flecha y se procedió a calcular el momento de inercia de la flecha. El cual se usará para el cálculo de deflexión y factor de seguridad.

Se continúa colocando los puntos donde está fija la flecha, en este caso son las cuatro chumaceras y en donde es administrado el esfuerzo, que es un par torsional de 45 N/m que es el esfuerzo que puede generar el motor, y como resultado de este estudio se genera una gráfica de esfuerzos ejercidos en la flecha. Donde podemos ver que la mayoría de los esfuerzos se concentran en la parte donde de en medio donde se encuentra el par torsional. Esta flecha cuenta con un grosor de 5/8'' tiene un factor de seguridad de 4.83. Lo cual es operacionalmente muy bueno. Lo cual lo podemos ver reflejado en la Figura 3.35. y la gráfica en la Figura 3.36.

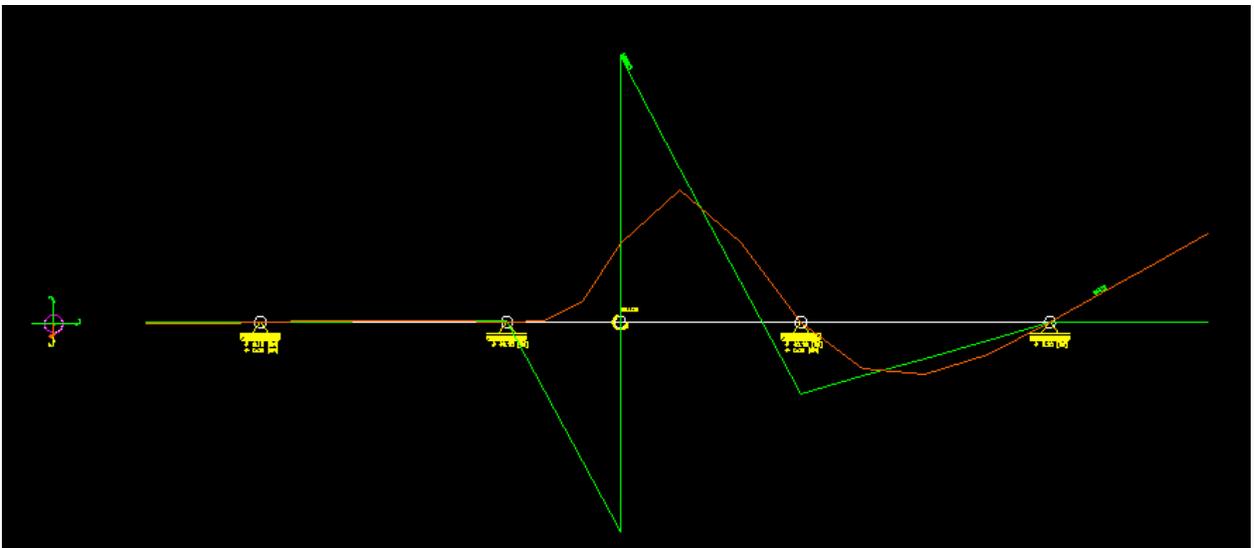


Figura 3.35. Gráfica de esfuerzos de una flecha de 5/8''

MOMENT OF INERTIA I1	[INCH^4]	0.00749
MOMENT OF INERTIA I2	[INCH^4]	0.00749
MOMENT OF INERTIA IEFF	[INCH^4]	0.0075
MAX. BORDER DIST.	[INCH]	0.3125
SAFETY FACTOR		4.8398
YIELD POINT	[PSI]	40000
E-MODULUS	[PSI]	30000000
MATERIAL		STEEL SAE 1025
MAX.DEFLECTION S1	[INCH]	.116450 E-18
MAX.BENDING MOMENT MB1	[LBF IN]	.0121 E-12
MAX.DEFLECTION S2	[INCH]	2.826910 E-3
MAX.BENDING MOMENT MB2	[LBF IN]	198.09
MAX.STRESS RES.	[PSI]	8264.8
MAX.DEFLECTION SRES	[INCH]	2.826910 E-3
MAX.BENDING MOMENT MBRES	[LBF IN]	198.09
SCALE FOR DEFL. LINE		1636.0000:1
SCALE FOR BENDING MOM. LINE		1:21.4150

Figura 3.36. Información correspondiente al análisis de la flecha de 5/8".

Y para tener un punto de comparación se realizó el mismo análisis, pero con una flecha de 1" de grosor y mostró que tendría un factor de seguridad de 19. 8211 lo cual es excesivo, no es necesario un factor tan alto, por lo cual sería un error colocar una flecha tan gruesa, aumentaría innecesariamente el peso y aumentarían las pérdidas mecánicas.

CAPITULO 4 RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Ingeniería de detalle y construcción del prototipo final

Es importante mencionar que el diseño es un proceso iterativo, es decir es un ciclo que se retroalimenta a sí mismo. Se comienza con muchas variables desconocidas y se empieza proponiendo soluciones a algunas, y conforme se avanza en el proceso el diseñador se da cuenta que quizá algunos componentes o soluciones propuestas necesitan cambiarse, y ello, cambia a su vez otros componentes que las relacionan, por ello, es un ciclo que se repite una y otra vez hasta llegar a un modelo o prototipo que satisface en el más alto grado posible las exigencias ingenieriles y del cliente, hasta que el diseñador considere correcto o se necesite un rediseño del prototipo para generar uno nuevo.

Con esto en mente, este punto se muestra la construcción del prototipo final y el modelo en 3D del diseño a detalle que ello conlleva. Por lo cual, algunas cosas han sido cambiadas del diseño propuesto anterior, porque se encontraron mejores soluciones técnicas u operacionales, dichos cambios estarán mostrados de manera detallada.

4.1.2 Chasis principal

Se decidió comenzar por el chasis principal ya que es la parte medular del proyecto, el cual nos permitirá la correcta sujeción y soporte de todos los demás elementos. En este caso por ser un prototipo y al tener en cuenta que podría haber cambios operacionales se tomó la decisión de construir con un perfil de acero PTR de 1in calibre 14. Además, se realizaron cortes a 45° para embonar los perfiles entre sí o con el Angulo correspondiente dependiendo de la situación. Como se puede ver en la Figura 4.1. Originalmente se deseaba la construcción en

aluminio, pero por el aumento del precio en el material, se optó finalmente por construir un prototipo en acero, Figura 4.2.

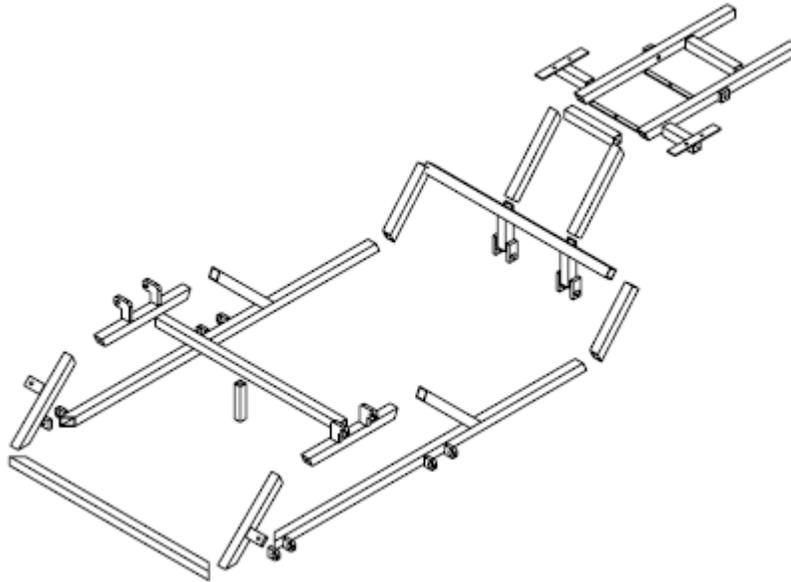


Figura 4.1. Vista explosionada del chasis principal.



Figura 4.2. Chasis principal en construcción.



Figura 4.3. Chasis principal, estructura primaria.

Otra modificación que sufrió el chasis con respecto al diseño original es que se rotó 45° el larguero trasero que soporta la parte posterior del vehículo cuyas

piezas es donde se ubicará el asiento, para que embonarán sobre el canto natural del perfil y no tener que realizar “bocas de pescado” para la unión. Además, que también en dicha parte posterior, se añadieron unos aumentos de solera para fijar el amortiguador y evitar desgaste por fatiga en el PTR, Figura 4.3.

Además, que el chasis principal debe contar con todas “orejas” para las bisagras de los componentes, como los brazos de suspensión principal y secundario, el acoplamiento con el chasis secundario, el soporte para las baterías, el soporte para el controlador, las hieleras, y los faros.

4.1.3 Chasis secundario

El chasis secundario es la pieza que tiene como objetivo soportar todos los elementos de la transmisión, y al mismo tiempo permitir la suspensión trasera. Estando unido al chasis principal por medio de los amortiguadores traseros y dos brazos salientes que permiten, el muelleo para realizar la suspensión. Como se ve en la Figura 4.4. una vista isométrica del chasis secundario y en la Figura 4.5. una vista explosionada del mismo.

El chasis secundario mostraba el problema de que era necesario encontrar la manera de que las cadenas transmitieran el movimiento y al mismo tiempo fueran fáciles de colocar, o reemplazar, por lo cual se modificó levemente el diseño original, uniendo las dos partes simétricas del chasis a través de piezas en forma de “C” (Inciso A) que permitían el paso de la cadena por arriba. De la misma manera se le añadió un refuerzo de barra circular sólida, con un barreno para permitir el muelleo entre los chasises y evitar el desgaste por fatiga (inciso B), y al igual que el chasis principal se le agrego un aumento de solera en la parte donde se une el amortiguador (Inciso C).

Posteriormente el chasis secundario fue modificado, ya que, considerando los problemas ocasionados por el ajuste de cadenas, y por qué al montar y desmontar sería incómodo. Se tomó la decisión de incluir el brazo de los pedales en el chasis secundario (inciso D), para que este fuera el conjunto de todo el sistema de transmisión, haciendo más fácil la reparación, el ajuste de cadenas, y el montaje y desmontaje del mismo.

Originalmente estaba propuesto el uso únicamente de dos chumaceras, pero al ver que era muy poco el punto de apoyo que tenía el eje, se incluyó dos chumaceras más, para evitar un exceso de esfuerzo en el eje trasero (inciso E). De la misma manera después de varias pruebas, se llegó a la conclusión de que el chasis necesitaba un refuerzo en la parte superior de la flecha para evitar el pandeo y la cedencia por fatiga en el chasis (inciso F).

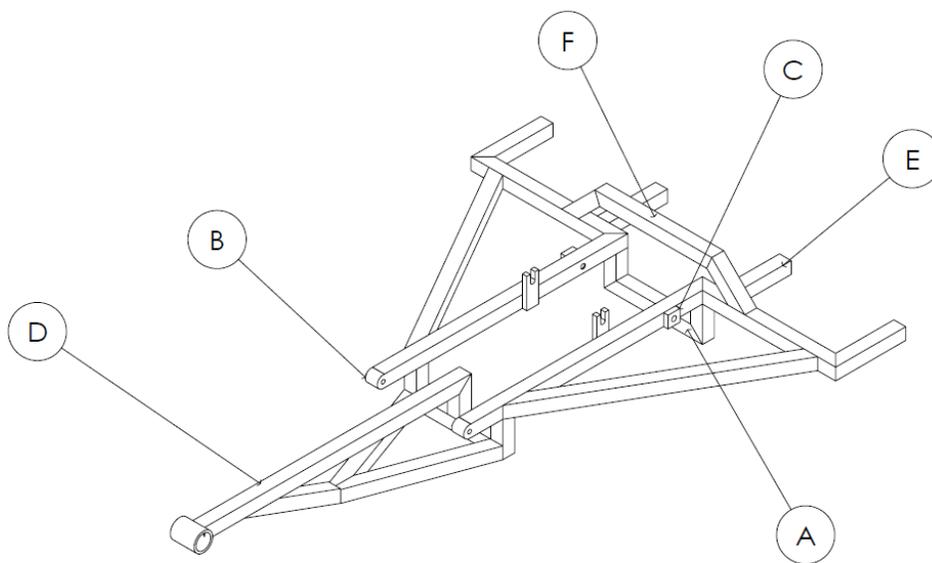


Figura 4.4. Vista isométrica del Chasis secundario indicando componentes.

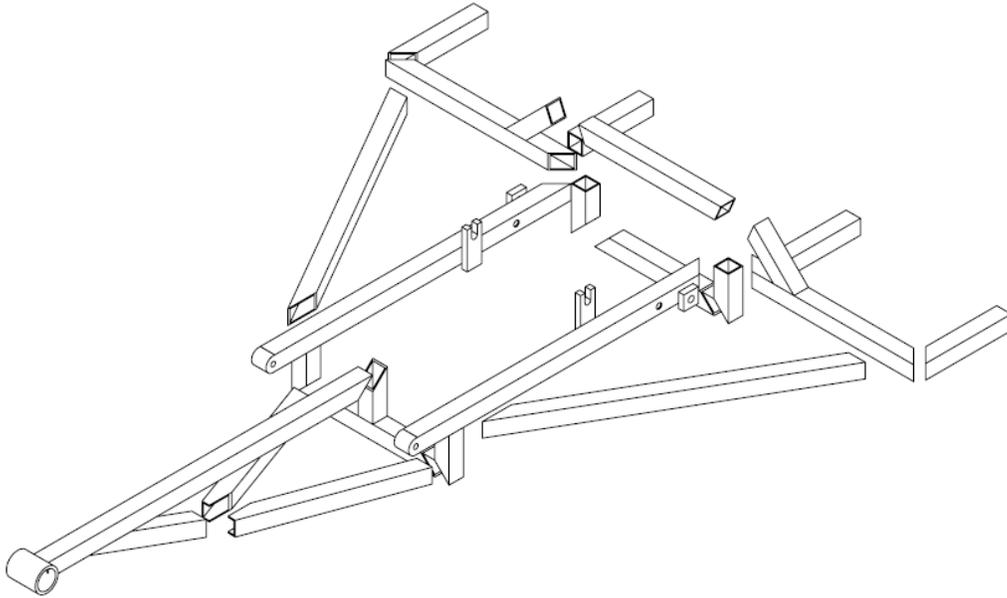


Figura 4.5. Vista explosionada del Chasis secundario.

4.1.4 Llantas y suspensión delanteras

La parte delantera del vehículo es la que soportará la menor parte del peso del vehículo, por lo que el diseño original contemplaba un brazo de suspensión que estará unido al chasis y actuará como bisagra permitiendo a la llanta delantera moverse hacia arriba o abajo dependiendo de la contracción del amortiguador.

Al realizar la construcción se encontró el inconveniente que al contar con un único brazo de suspensión las llantas se alejarían en cierto grado del chasis cuando el amortiguador se contrajera, esto debido a que están sujetas por un único punto por la bisagra. Y esto afectaría en gran medida a las guías de la dirección, ya que sufrirían tensión o compresión con el movimiento de amortiguación. Por lo cual se optó por modificar el diseño original e integrar un brazo de suspensión secundario que se ubicara en la parte superior, Figura 4.6. y que juntos soportarán la masa de la llanta a la cual están unidos por medio de una junta tipo rodend o rótula. De esta

manera la llanta está unida a la masa, Figura 4.8. que se construyó a través de un PTR de una pulgada por 4 pulgadas de largo y con dos tornillos soldados a cada extremo para poder ser sujeta a los brazos de suspensión, y en esta pieza es donde se fija la llanta con una masa especial para sillas de ruedas que está sujeta por un único lado, y que estando todo en conjunto permite el desplazamiento lineal de la llanta al amortiguar y sin esfuerzos laterales, Figura 4.7.



Figura 4.6. Fotografía del prototipo.

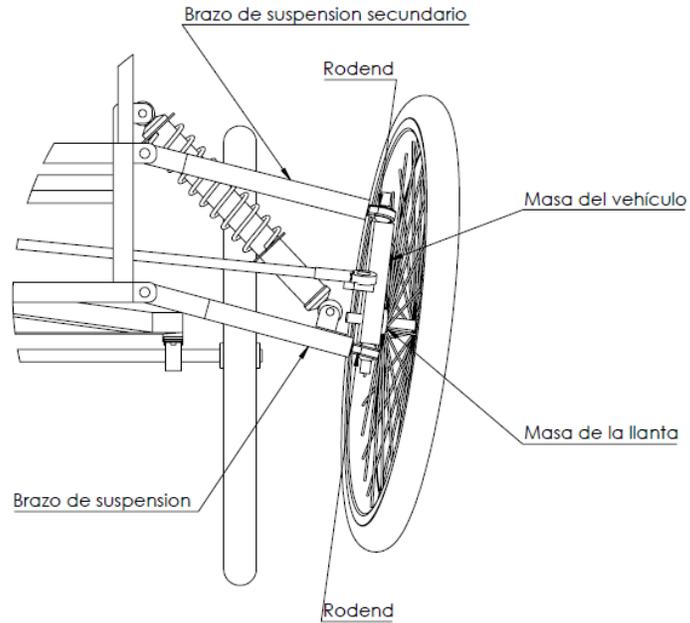


Figura 4.7. Vista a detalle de suspensión.

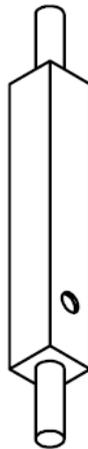


Figura 4.8. Masa del vehículo.

4.1.5 Llantas y suspensión trasera

La suspensión trasera funciona mediante la unión del chasis principal y el chasis secundario por medio de dos amortiguadores, y el punto de muelle. Las llantas traseras, están colocadas a través del eje trasero, el cual es una barra de 5/8 de pulgada de acero 1018. Entre las llantas traseras y el eje, no debe de existir deslizamiento, ya que, de ser así, sería imposible la transmisión. Por lo cual se necesitaba encontrar la mejor manera de fijar la masa de la masa de llanta y la flecha. Se podría haber soldado, pero eso sería permanente y dificultaría el desensamble y el manteniendo. Por lo cual, se optó por maquinar en sus extremos de la flecha formando un medio círculo en cada uno, y las llantas tienen en el centro de su masa una pieza torneada en forma de medio círculo, lo que evita que las llantas giren libremente y obliga a que, al ser movido el eje, estas también lo hagan, sin tener que unir las de una forma permanente, facilitando el ensamble, el mantenimiento, y las posibles reparaciones. Como podemos ver en la Figura 4.9.



Figura 4.9. Suspensión trasera.

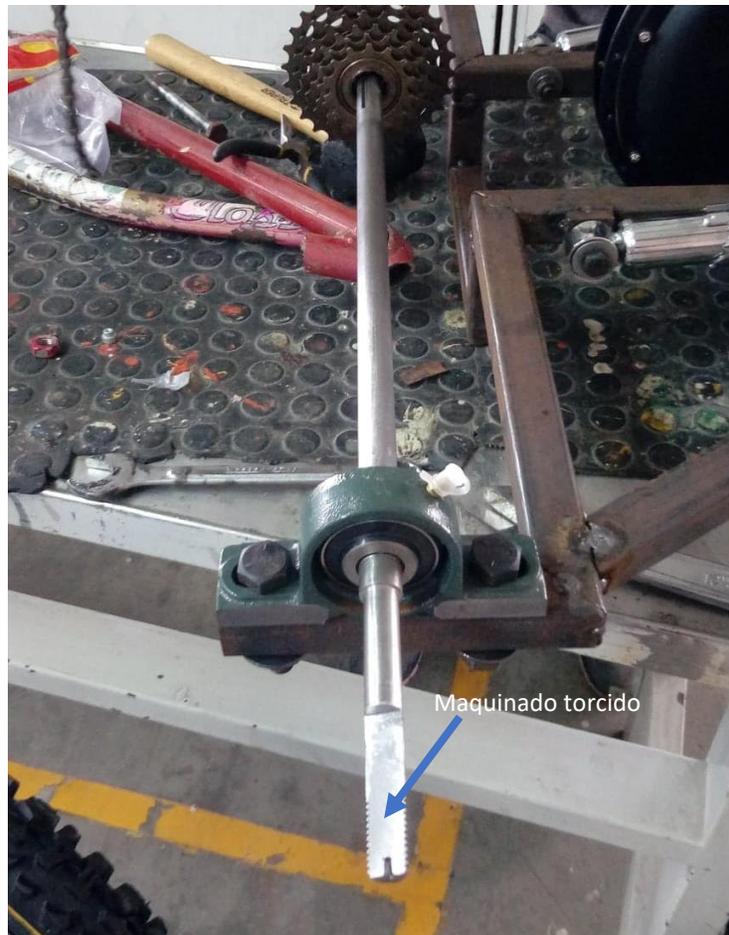


Figura 4.10. Flecha Maquinada.

Lamentablemente dicho maquinado fue excesivo ya que al ser una barra de $5/8$ " de diámetro se eliminó material dejando solo $5/16$ " de grosor y la flecha finalmente se torció por que fue demasiado esfuerzo para tan poco material, Figura 4.10. Por lo cual se debió de volver a hacer las piezas, esta vez con un maquinado no superior a $1/8$ " de profundidad desde el exterior de la barra, Figura 4.11.



Figura 4.11. Flecha de las llantas traseras maquinado final.

4.1.6 Transmisión

La transmisión como se mencionó anteriormente se colocó en el chasis secundario, no obstante se tuvieron varios contratiempos para poder realizar esta parte del diseño, ya que el diseño requiere que los pedales induzcan torque al motor, pero que el motor no induzca ningún movimiento a los pedales, por lo cual es necesario utilizar un trinquete en las estrellas del motor, pero al usarlo eso imposibilita la conexión entre el motor y el eje trasero en el mismo "sprock" ya que de ser así por el mismo trinquete el eje trasero no se vería inducido. Por lo cual nos vimos en la necesidad de diseñar una pieza extra, la cual tendría el tamaño y condiciones para ser adaptado al motor mediante tornillos, pero tendría la ventajosa característica de contar con dientes al igual que las estrellas de bicicleta normales, dicha pieza fue cortada en láser en una placa de acero inoxidable de 1/8" de espesor Figura 4.12. Esta pieza conecta el motor y el eje trasero, logrando que el eje trasero gire en el momento que el motor gire, sin afectar o inducir movimiento a los pedales. Permitiendo de esta manera que al pedalear se mueva el motor, y a su vez el eje trasero y se ser deseado puede activarse el motor y girarán las llantas, pero no los pedales.

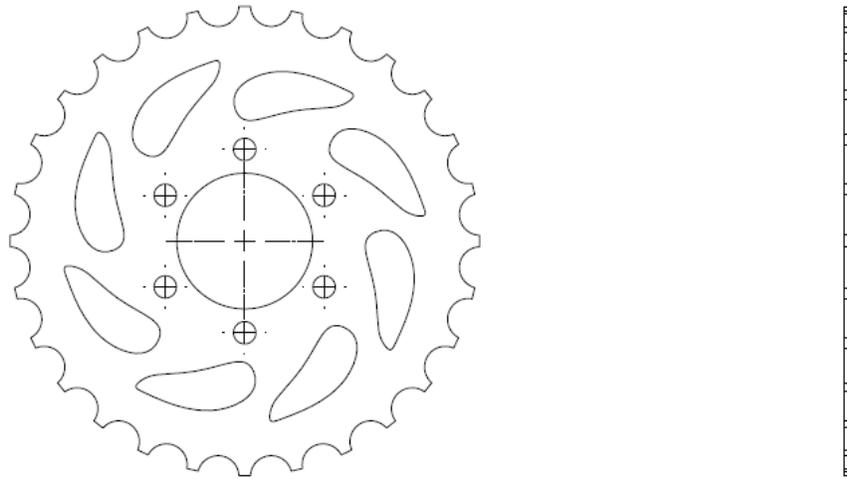


Figura 4.12. “Sprock” cortado en laser.

También existió el problema de que al dar vueltas el eje trasero al ser de una barra solida sufría muchísimo esfuerzo ya que una llanta siempre gira un poco más que la otra. A lo cual, existían dos posibles soluciones:

1.- Concentrar toda la tracción en una sola llanta, permitiendo que la otra llanta sólo sea inducida, haciendo de esto como si fuera un triciclo con una llanta de apoyo extra. Esto se conseguiría cortando por la mitad el eje trasero y uniendo la flecha a un único piñón que transmitiría la fuerza a la llanta.

2.- Construir y adaptar un diferencial. Un diferencial es un mecanismo que separa la flecha del eje trasero permitiendo que giren en velocidades diferentes, incluso sentidos distintos, pero que a las dos se les trasmita tracción para mover el vehículo. Un diferencial básicamente consta de 6 piezas, 2 planetarios que son los piñones grandes que se unen a la flecha, 2 satélites, que son los piñones pequeños que inducen el movimiento entre los planetarios, un piñón que trasmita el movimiento a todo el diferencial, y una carcasa que mantenga todos los componentes juntos y protegidos.

Después de analizar las dos posibilidades, se descartó la primera por el inconveniente que una sola llanta no podría generar toda la tracción para mover el vehículo, y en algún caso en que dicha llanta perdiera contacto con el suelo, el vehículo quedaría atascado. Por lo que se tuvo la necesidad de construir un diferencial para aliviar dicho sobreesfuerzo, Figura 4.13.

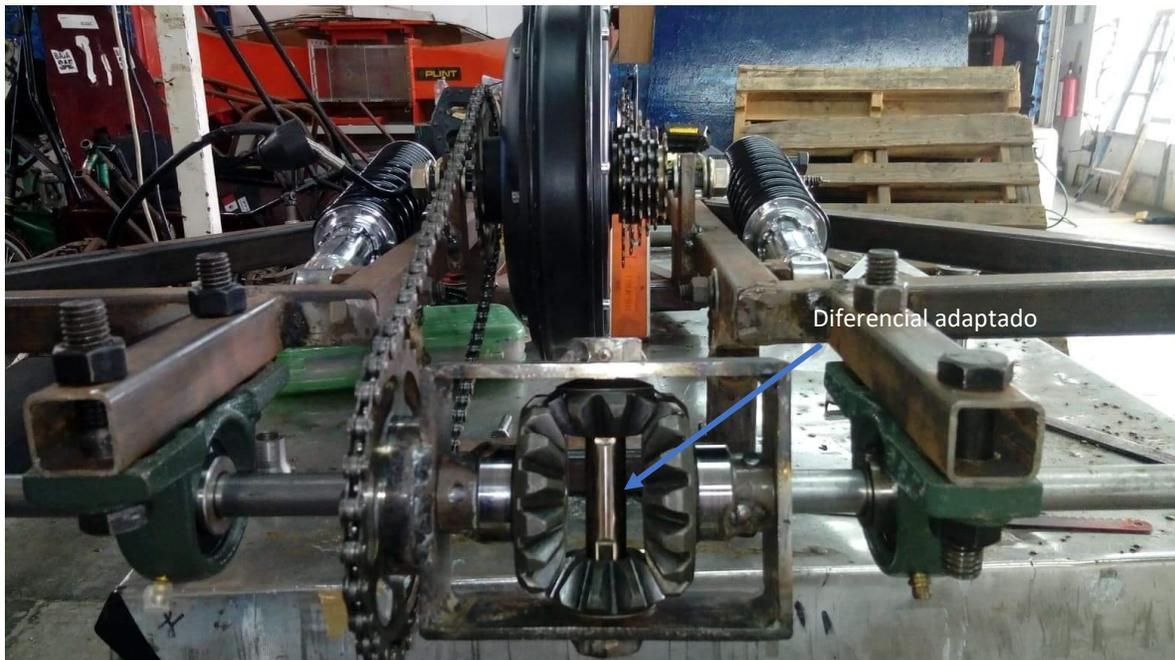


Figura 4.13. Flecha del eje trasero con diferencial.

4.1.7 Dirección

La dirección se puede separar en dos segmentos, el mecanismo que induce el movimiento del volante a las llantas, y el volante junto con su flecha que conecta con el mecanismo. Se realiza la construcción desde el mecanismo.

Al principio como primera alternativa estaba considerado un mecanismo tipo piñón- cremallera para hacer el movimiento de la dirección. Sin embargo, dicho mecanismo sería necesario si las llantas junto con sus masas fueran muy pesadas y difíciles de mover, y necesitaría un soporte especial para él. Por lo cual se optó

por usar únicamente una pequeña placa con dos barrenos por los cuales se sujetarían los rodend. Sin embargo, con esto nos dimos cuenta de un gran problema. Las llantas no deben girar el mismo ángulo, debe existir una diferencia, la llanta que esta “adentro” de la curva debe girar un poco más que la llanta de “afuera” lo cual se explica con la geometría de Ackerman. La cual relaciona, la distancia entre los ejes y con el radio de giro para poder encontrar los ángulos óptimos para cada llanta. Físicamente esto se resuelve, variando el Angulo de salida de una solera unida a la masa de la llanta, para lograr que giren diferente.

Por lo cual al final, al final la placa central está unida a los rodend por un único barreno central, para que el recorrido que tuvieran fuera el mismo en ambos lados, y la única variación que existiera fuera por las soleras en la masa producto de la geometría Ackerman. Dicha placa está unida a una barra solida de 5/8´´.

Para el volante y su flecha se necesitó de una junta homocinética tipo cardán para dar el ángulo necesario a la flecha del volante. Dicha flecha está sujeta al chasis en dos puntos, uno por una chumacera, que le permite girar y en otro punto por un tubo fijo al chasis por una placa atornillada, el cual cuenta con rodamientos para permitir que la flecha del volante gire. Ya que se decidió que por facilidad de desensamble y mantenimiento era correcto poder separar el volante del chasis principal.

4.1.8 Accesorios

El vehículo contará con los siguientes accesorios:

4.1.8.1 Luces

Se utilizaron 2 faros de motocicleta de 12V, Figura 4.14. los cuales fueron montados sobre una solera soldada al chasis principal. Además, se adaptó un mando de motocicleta para que pudiera ser sujetado al volante del vehículo donde se controla el encendido de los faros, tal como se muestra en la Figura 4.15.



Figura 4.14. Faros led motocicleta.



Figura 4.15. Prueba de encendido de los faros.

4.1.8.2 Techo y soporte para bolsa de golf

Al ser una estructura que no va a cargar mucho peso, se optó por construir tanto el techo como el soporte de los bastones con un PTR de $\frac{3}{4}$ in para hacer más ligero el vehículo. Se comenzó la construcción con la parte para el soporte de los bastones, haciéndose con el espacio necesario para una sola bolsa, ya que el vehículo está diseñado para una persona. Aunque quizá más adelante el diseño cuente con una segunda bolsa porque es una cortesía en el juego llevar la bolsa de otra persona.

Para el techo se construyeron diferentes “prototipos” de PVC para que pudiéramos dimensionar, cuál era el que se veía mejor, daba mejores prestaciones y sobre todo como iba a construirse, Figura 4.16.



Figura 4.16. (a).visualización de posible altura y geometría del techo



Figura 4.16. (b). Foto del prototipo con un techo muestra.

Finalmente se decidió por construir el techo de una manera curva, en perfil tubular de $\frac{3}{4}$ in para darle un carácter más estético al vehículo y menos recto, Figura 4.17.



Figura 4.17. Fotografía de vehículo con techo.

4.1.8.3 Cargadores USB TTL

Lamentablemente por cuestiones económicas no se pudo incluir en el prototipo los cargadores USB, pero de haber sido así. Hubiera sido con un pequeño circuito con un filtro MOSFET LM 7805 que bajara el voltaje de los 12V de la batería a 5V que emplean los cargadores, y se habrían conectado en paralelo, Figura 4.18.

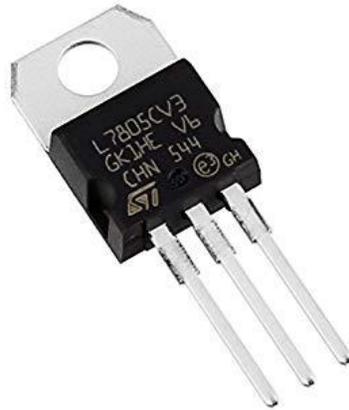


Figura 4.18. MOSFET LM 7805.

4.1.8.4 Claxon.

Para la colocación del claxon se soldó una pequeña lámina donde esta atornillado el claxon en la parte frontal central del chasis principal. Se utilizó un claxon de motocicleta que funciona con 12V de igual manera que los faros, se adaptó un mando de motocicleta en el volante para que tuviera un *Push boton* para controlar la activación del claxon, Figura 4.19.



Figura 4.19. Claxon.

4.1.8.5 Panel solar.

Idealmente el vehículo contaría con uno o más paneles solares, ubicados en el área del techo, la batería secundaria de ácido que alimenta a los accesorios necesita ser recargada de igual manera, la cual puede ser fácilmente recargada con un panel de 12V. Y para la batería del motor se consideró que es posible cargar la batería del motor que es de 48V 11Ah, con un panel de 160W de 80cm x40cm con un controlador tipo SRNE de 24 a 78V programable, para controlar los voltajes pico generados por el panel y suministrar un voltaje controlado para no estresar de introducir demasiado estrés a la batería.

4.1.9 Acabados

Para poder realizar el acabado final del vehículo fue necesario pintarlo. Para lo cual fue necesario retirar todo el óxido de todas las piezas con una escobeta de metal. El primer paso del pintado fue aplicar una capa protectora de sellador que evita que se vuelva a oxidar y que el color tenga una mejor penetración, Figura 4.20.



Figura 4.20. Aplicación de sellador blanco.

Posteriormente como segundo paso se continuó con la aplicación del color. Para el chasis principal utilizamos un color blanco con perla para mantener un aspecto limpio y ligero, para el cual se le aplicó en tres capas, una primera capa del color, una segunda capa de perla, y la tercera capa de transparente que es un protector de la pintura. En cada capa se le tuvieron que dar varias “manos” para asegurar la cobertura total de las piezas. Al resto de las piezas blancas únicamente se les aplico el color blanco y el transparente, Figura 4.21.



Figura 4.21. Pintado de piezas blancas.

Para el chasis secundario y los brazos de suspensión se eligió un color anaranjado para que destacara, e incluso se vea moderno, Figura 4.22.



Figura 4.23. Pintura en chasis secundario y brazos de suspensión.

Finalmente se realizó el ensamble total del prototipo y se engrasó las piezas que tienen cierto movimiento para evitar lastimar la pintura. También se instaló una cubierta de estireno en el techo para formar una cubierta, Figura 4.24.



Figura 4.24. Ensamble final del prototipo.

4.2 PUESTA EN MARCHA

Los resultados del diseño, construcción y puesta en marcha son mostrados en este capítulo. Una vez llevado a cabo toda la metodología de trabajo, se procedió a realizar el ensamble final del vehículo, dando como resultado de manera física tal como se muestra en la Figura 4.25. Los resultados de puesta en marcha mostraron que en condiciones reales bajo una jornada de juego de 8 horas en terrenos a diferentes inclinaciones y suelos (pavimento y pasto) tal como se muestra en las Figuras 4.26. y Figura 4.27. y con un peso de dos personas de aproximadamente 70 kg, cargando un total de un peso de 250 kg, mostró un buen funcionamiento, resalta a la vista su apariencia física de calidad, un método de transporte deseable y su adaptación al transporte de un campo de golf.

El funcionamiento de este vehículo de golf comparado con condiciones de mercado, mostro que en condiciones de terrenos planos alcanzó una velocidad máxima de 35 km/h lo cual en función del peso con otros vehículos convencionales que pesan 700 kg mostró ser más ligero (el peso del vehículo fabricado es 108kg), Figura 4.27.

El resultado de costo de fabricación (diseño y montaje) fue aproximadamente de \$45,000.00 M.N. Hoy en día 27 de octubre del 2019 el costo mínimo de un carrito de golf en el mercado es de 114,000.00 M.N.



Figura 4.25. Vehículo armado y puesto en marcha.



Figura 4.26. vehículo funcionando en partida de golf.



Figura 4.27. Vehículo en condiciones de funcionamiento con una persona.

CONCLUSIONES

Desde el inicio de este proyecto de tesis se tenía una idea de que no sería sencillo, incluso se llegó a subestimar por cuestiones de ignorancia e inexperiencia, sin embargo, ha sido una aventura mucho más grande de lo que se imaginó al principio. Como ingeniero mecánico creo firmemente que este proyecto es sin duda el más adecuado para poner a prueba los conocimientos y las habilidades; así como también a la búsqueda de mayor conocimiento sobre la ciencia de los materiales, diseño asistido por computadora, las cuales conllevan a su aplicación en áreas de control de la calidad, desarrollo de procesos, manejo de materiales e incluso en mantenimiento, higiene y seguridad industrial.

Más de 4 meses trabajando en el taller para resolver problemas de ingeniería mecánica bajo el diseño de una idea, y darse cuenta de que la solución propuesta no es la solución idónea. Ya que el diseño es un proceso iterativo, y creo que ningún producto que esté al alcance de nuestra mano es el primer prototipo, o la primera idea que vino a la cabeza del diseñador.

Por medio de este trabajo de tesis se promueve la disminución de gases efecto invernadero, de igual forma se promueve la utilización de energías renovables por la utilización de un sistema de carga por celdas solares.

El funcionamiento de este vehículo está dado por el almacenamiento de energía por medio de dos medios de captación; paneles solares y cargador de baterías, convirtiéndolo así en un sistema híbrido amigable con el medio ambiente.

Según el estudio de mercado el costo mínimo de un carrito de golf es aproximadamente de \$114,000.00 M,N. EL costo de fabricación del prototipo del vehículo de trabajo de tesis fue aproximadamente de \$45,000.00 M.N, el cual da un incentivo fiable para el desarrollo de nuevos proyectos que puedan bajar los costos de fabricación con la implementación de nuevos materiales y la aplicación

de nuevas tecnologías que induzcan a la re-ingeniería. Además de proporcionar a la comunidad estudiantil y académica la oportunidad de promover el desarrollo de proyectos que nazcan de la idea del ingeniero y tengan una aplicación en la vida real de la ingeniería y que resuelvan necesidades de innovación tecnológica

TRABAJOS POSTERIORES

De acuerdo a los resultados del primer prototipo realizado, el cual mostró un desempeño adecuado en ambiente real, tomando en cuenta sus características; se pretende realizar un segundo y un 3er prototipo para llegar a un producto de venta que cumpla con mayores exigencias por parte de usuario y sea punta de lanza a un mercado más competitivo.

Un segundo prototipo el cual pueda ser fabricado con un perfil circular en tubo de calibre más delgado, con menor cantidad de piezas y piezas dobladas para evitar así concentraciones de esfuerzos, y conseguir una distribución de fuerzas adecuada, instalación de una segunda batería y un panel solar para optimizar su eficiencia y así analizar el desempeño con esas nuevas características, esto debería lograr: menor peso, proceso de manufactura más rápida y eficiente, mejor maniobrabilidad al manejar y más tiempo de uso eléctrico.

Un tercer prototipo el cual pueda ser bajo las mejoras encontradas en el cual se pueda concentrar con más puntualidad en la estética, usando materiales extra ligeros como perfiles de aluminio y fibra de carbono, también pintura electrostática y la incorporación de marcas élite en el mercado del ciclismo y el golf.

GLOSARIO

- Actuadores:

Un ACTUADOR es un dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o “actuar” otro dispositivo mecánico. La fuerza que provoca el actuador proviene de tres fuentes posibles: Presión neumática, presión hidráulica, y fuerza motriz eléctrica (motor eléctrico o solenoide). Dependiendo de el origen de la fuerza el actuador se denomina “neumático”, “hidráulico” o “eléctrico”.

El actuador más común es el actuador manual o humano. Es decir, una persona mueve o actúa un dispositivo para promover su funcionamiento. Con el tiempo, se hizo conveniente automatizar la actuación de dispositivos, por lo que diferentes dispositivos hicieron su aparición. Actualmente hay básicamente dos tipos de actuadores.

- Lineales
- Rotatorios

Los actuadores lineales generan una fuerza en línea recta, tal como haría un pistón. Los actuadores rotatorios generan una fuerza rotatoria, como lo haría un motor eléctrico.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Dave Anderson. (1998). The Story of Golf. New York: Beech Tree.
- [2] Fuente: <https://ezgo.txtsv.com/golf/rxv>
- [3] Isidor Buchmann. (2016). Battery University. 20/05/18, de Battery University
Sitio web: <https://batteryuniversity.com>
- [4] Fuente: https://batteryuniversity.com/learn/article/lead_based_batteries
- [5] Fuente: https://batteryuniversity.com/learn/article/lead_based_batteries
- [6] Fuente: https://batteryuniversity.com/learn/article/nickel_based_batteries
- [7] Fuente: https://batteryuniversity.com/learn/article/types_of_lithium_ion
- [8] Fuente: <https://batteryuniversity.com/learn/article/baterie/SE>
- [9] Fuente: https://batteryuniversity.com/learn/article/all_about_chargers
- [10] Fuente. https://batteryuniversity.com/learn/article/all_about_chargerse
- [11] Fuente. <https://batteryuniversity.com/cylindrical/bat> ,
<https://www.slideshare.net/USCPSC/panel-3-baterias-de-lones-de-litio-de-alta-energia>
- [12] Fuente. <https://batteryuniversity.com/prism/bat>
- [13] Fuente: https://batteryuniversity.com/learn/article/all_about_chargers
- [14] Fuente: https://batteryuniversity.com/learn/article/what_is_the_c_rate
- [15] Fuente: https://batteryuniversity.com/learn/article/discharge_methods
- [16] Fuente: https://batteryuniversity.com/learn/article/electric_vehicle_ev
- [17] Cortés, Y. (2017). *El golf genera más de US 419 millones*. Recuperado el 18 de 11 de 20, de el economista: <https://www.economista.com.mx/deportes/El-golf-genera-mas-de-US--419-millones-20171108-0150.html>

[18](Track you around Golf scoring system, 2009)

[19]GEO. (2015). Qué es la Función de Despliegue de la Calidad. 11/06/2018, de Gestión e Investigación de Operaciones Sitio web: <https://www.gestiondeoperaciones.net/gestion-de-calidad/que-es-la-funcion-de-despliegue-de-la-calidad-qfd-o-casa-de-la-calidad/>

[20] Fuente: Henry Dreyfuss. (1960). The measure of man. California: Whitney Library of Design.

[21](Prado-León, 2015), Dimensiones antropométricas de la población. Guadalajara: CUAAD.

[22] (terra.org. (2010). Energía de propulsión humana en bicicleta. 20/08/2017, de Terra Sitio web: <http://www.terra.org/categorias/articulos/energia-de-propulsion-humana-en-bicicletalas>)

[23] Boanerges, G. P. (2010). *Diseño y análisis de una estructura*. Azcapotzalco: Tesis.

[24]Fuente: <https://fisicados103.wixsite.com/fisica/blank-xuis0>

[25]Fuente: <http://www.fullmecanica.com/definiciones/m/748-rigidez>

[26]Fuente: https://www.glossary.oilfield.slb.com/es/Terms/p/poissons_ratio.aspx

[27]Fuente:<http://www.fullmecanica.com/definiciones/r/1206-resistencia-a-la-fluencia>

[28]Fuente: <https://www.ecured.cu/Densidad>

[29]Fuente:<https://glosarios.servidor-alicante.com/resistencia-de-materiales/elongacion>

[30] (Rodríguez, 2007).