

DISEÑO CONCEPTUAL Y DE DETALLE DE UN GO-KART ELÉCTRICO CON SISTEMA
DE SEGURIDAD

KERMIC GARCÍA CABEZA

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL – MONTERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
FACULTA DE INGENIERÍA MECÁNICA
MONTERÍA
2021

DISEÑO CONCEPTUAL Y DE DETALLE DE UN GO-KART ELÉCTRICO CON SISTEMA
DE SEGURIDAD

KERMIC GARCÍA CABEZA

Trabajo de grado para optar al título de INGENIERO MECÁNICO

Asesor

KATERIN OSORIO BARRERA

INGENIERO MECÁNICO

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL – MONTERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
FACULTA DE INGENIERÍA MECÁNICA
MONTERÍA
2021

DEDICATORIAS:

A Dios quien ha sido mi guía, dándome fuerzas para seguir adelante por el buen camino y no decaer en adversidades.

A mis padres por su eterna semilla de superación hacia mí y al resto de mi familia por el apoyo y el acompañamiento en todo momento.

Finalmente, a mi pareja sentimental y a mis amigos por apoyarme cuando más los necesitaba, por el amor brindado cada día.

CONTENIDO:

RESUMEN: -----	7
ABSTRACT: -----	8
1. INTRODUCCIÓN: -----	9
1.1 Planteamiento del problema -----	9
1.2 Justificación: -----	11
1.3 Objetivos: -----	12
1.3.1 Objetivo general -----	12
1.3.2 Objetivos específicos-----	12
2. MARCO TEÓRICO/ESTADO DEL ARTE: -----	13
2.1 Marco teórico -----	13
2.1.1 Internacional-----	13
2.1.2 Nacional -----	13
2.1.3 Go-kart con motores eléctricos -----	14
2.2 Estado del arte -----	14
2.3 Estudio de competencia -----	15
3. METODOLOGÍA -----	16
3.1 Diseño conceptual -----	16
3.2 Requerimientos de diseño del chasis del go-kart -----	16
3.2.1 Chasis-----	16
3.2.2 Piezas principales del chasis-----	17
3.2.3 Piezas auxiliares del chasis -----	17
3.3 Tipos de diseños comerciales -----	17
3.3.1 Tipos de chasis: -----	18
3.3.1.1 Chasis N°1: Sodi Furia 950 -----	18
3.3.1.2 Chasis N°2: Sodi Sigma RS3 2021 -----	18
3.3.1.3 Chasis N°3: Sigma DD2 2021 -----	19
3.3.1.4 Chasis N°4: Sigma KZ 2019 -----	19
3.4 Características de los componentes añadidos al chasis del go-kart a analizar -----	19
3.4.1 Motor -----	20
3.4.2 Estructura de seguridad -----	20
3.4.3 Batería -----	20
3.4.4 Economía -----	20
3.4.5 Seguridad -----	20
3.4.6 Ensamblaje -----	20
3.5 Análisis del chasis seleccionado del go-kart -----	20
3.5.1 Chasis seleccionado – especificaciones -----	21
3.5.2 Dibujo técnico del chasis seleccionado-----	21

3.6 Parámetros para la selección de la jaula antivuelco	22
3.6.1 Condición de seguridad	22
3.7 Evaluación de los diferentes diseños de jaula antivuelco	22
3.7.1 Análisis de la estructura antivuelco seleccionada	23
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN:	24
4.1 Evaluación de los diferentes diseños de jaula antivuelco para un go-kart	24
4.1.1 Estructura chasis	24
4.1.2 Material del chasis	24
4.1.3 Diseño de la estructura de la jaula de seguridad	24
4.1.3.1 Análisis de peso del chasis y los elementos	25
4.1.4 Tipos de diseños de estructuras de jaula antivuelco	25
4.1.5 Propiedades de las estructuras antivuelco	26
4.1.6 Análisis de simulación estática de las estructuras	26
4.1.6.1 Tipo de diseño 1	26
4.1.6.2 Tipo de diseño 2	28
4.1.6.3 Tipo de diseño 3	31
4.1.6.4 Análisis de los tres tipos de jaula antivuelco diseñadas para el go-kart	33
4.2 Dimensionamiento y selección de los componentes eléctricos	34
4.2.1 Cálculo de potencia del motor aproximado para el go-kart	34
4.2.1.1 Hipótesis	34
4.2.1.2 Fuerza del motor	35
4.2.1.3 Cálculos de transmisión del eje principal del motor eléctrico del go-kart	35
4.2.1.4 Relación de transmisión	35
4.2.1.5 Velocidad del eje del automóvil	35
4.2.1.6 Distancia recorrida al avanzar cada giro del eje del automóvil	36
4.2.1.7 Velocidad máxima teórica del go-kart eléctrico	36
4.2.2 Selección de componentes eléctricos del go kart	36
4.2.2.1 Motor eléctrico	36
4.2.2.2 Controlador del motor	38
4.2.2.3 Pedal de acelerador del go-kart eléctrico	38
4.2.2.4 Selección de la batería	39
4.2.2.5 BMS (Battery Management System)	40
4.2.3 Componentes y equipos seleccionados en el go-kart	41
4.2.4 Análisis de la eficiencia del go-kart eléctrico	41
4.2.5 Cálculos de la autonomía de la batería del go-kart	42
4.2.5.1 Análisis de la autonomía del go-kart	43
4.3 Diseño del chasis del go-kart con jaula antivuelco	43
4.4 Análisis de simulación dinámica para el chasis y la estructura antivuelco seleccionada	45
4.4.3 Análisis Dinámico	45
4.4.4 Elementos del proceso de análisis de movimiento	45
4.4.4.1 Pista de prueba para el go-kart con jaula antivuelco	45
4.4.4.2 Vehículo propuesto para la prueba de análisis de movimiento	46
4.4.5 Análisis de movimiento en SolidWorks	47
4.4.5.1 Recorrido del go-kart por la pista de prueba	47
4.4.6 Análisis de datos registrados por medio de la simulación dinámica del programa	50
4.4.6.1 Gráfica del primer punto de análisis seleccionado	52
4.4.6.2 Gráfica del segundo punto de análisis seleccionado	52
4.4.6.3 Gráfica del tercer punto de análisis seleccionado	53
4.4.7 Cálculos de fuerza soportada por la jaula antivuelco del go-kart	53

4.4.8 Comparaciones de fuerzas de reacción de la simulación respecto a la fuerza límite soportada por el material (Acero SAE-AISI 4130) -----	54
4.5 Elementos añadidos al go-kart eléctrico -----	55
4.5.1 Sistema de transmisión -----	55
4.5.2 Sistema de dirección y componentes -----	55
4.5.2.1 Volante -----	56
4.5.2.2 Columna de dirección -----	56
4.5.2.3 Varillas de dirección -----	56
4.5.2.4 Manguetas -----	56
4.5.3 Ruedas -----	57
4.5.4 Alerón trasero -----	57
4.6 Diseño final del go-kart eléctrico con jaula antivuelco -----	57
4.7 Presupuesto para la conversión de un go-kart convencional al nuevo go-kart eléctrico. -----	59
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES: -----	60
5.1 Conclusiones -----	60
5.2 Recomendaciones -----	60
6. BIBLIOGRAFÍA: -----	61
7. ANEXOS: -----	65
7.1 Anexo 1 : Plano - Vista superior del chasis con jaula antivuelco. -----	65
7.2 Anexo 2 : Plano - Vista posterior del chasis con jaula antivuelco. -----	66
7.3 Anexo 3 : Plano - Vista lateral del chasis con jaula antivuelco. -----	67
7.4 Anexo 4 : Plano - Vista superior del go-kart eléctrico terminado. -----	68
7.5 Anexo 5 : Plano - Vista lateral del go-kart eléctrico terminado. -----	69
7.6 Anexo 6 : Plano - Vista frontal del go-kart eléctrico terminado. -----	70

RESUMEN:

El presente trabajo de grado muestra el diseño de un go-kart para las competencias karting que hacen parte de la Federación Colombiana de kart. Por lo tanto, este vehículo estará conformado por una estructura de jaula antivuelco, motor eléctrico, batería y demás partes comerciales. Este diseño se basó en el establecimiento de parámetros para la escogencia de la estructura de jaula antivuelco que sea resistente a los impactos asociados a los accidentes en la competencia, estableciendo que el peso del vehículo con los demás componentes añadidos sea económico y que el piloto pueda acceder y salir fácilmente del vehículo. Esta estructura se le realizó un análisis estático y dinámico utilizando el software SolidWorks 2020® y se terminó realizando el comparativo con las propiedades mecánicas del material de la jaula antivuelco con las obtenidas por las simulaciones. El chasis del go-kart es tipo convencional de competición de una marca específica, ya que la comisión internacional del karting (CIK) asocia a un mismo diseño de la estructura principal como tal, por lo tanto, la escogencia del chasis no tendrá parámetros para el diseño, por lo que, se escogió un chasis con requerimientos económicos para el añadido de la estructura antivuelco.

ABSTRACT:

This degree project shows the design of a go-kart for karting competitions that are part of the Colombian Kart Federation. Therefore, this vehicle will consist of a roll cage structure, electric motor, battery and other commercial parts. This design was based on the establishment of parameters for the choice of the roll cage structure that is resistant to the impacts associated with accidents in the competition, establishing that the weight of the vehicle with the other components added is economical and that the pilot can easily access and exit the vehicle. This structure was subjected to a static and dynamic analysis using SolidWorks 2020® software and the comparison was completed with the mechanical properties of the roll cage material with those obtained by the simulations.

The go-kart chassis is a conventional type of competition of a specific brand, since the international karting commission (CIK) associates the same design of the main structure as such, therefore, the choice of the chassis will not have parameters for the design, therefore, a chassis with economic requirements was chosen for the addition of the anti-tip structure.

1. INTRODUCCIÓN:

1.1 Planteamiento del problema

El karting es una disciplina del automovilismo donde se forman los mejores pilotos, se práctica en escuelas específicas para este deporte, el cual cuentan con circuitos llamados kartódromo que tienen una longitud entre 600 y 1700 metros. Posterior a esto se hacen campeonatos en donde se colocan varias pistas, tanto en el propio circuito de la escuela como en ciudades donde también tengan estos kartódromo o pistas improvisadas. Esta disciplina ha crecido tanto que se ha vuelto popular en varias partes del mundo, se encuentra en diferentes ciudades como en escuelas, autódromos y hasta en centros comerciales para aficionados. (PÉREZ, 2018).

Los go karts son vehículos terrestres utilizados en competencias denominadas Karting, su configuración general no cuenta con suspensión y algunos de ellos tienen carrocería sin techo o cockpit. El primer go-kart comercial fue realizado en el año de 1956 por Art Ingels y Lou Boreli en la ciudad de California, el cual contaba con un chasis tubular y un motor de cortadora de césped de la marca West Bend. Dentro de poco se empezaron hacer competiciones por lo que se hicieron modificaciones técnicas, así superando los 50 km/h. El karting ganó popularidad en Estados Unidos y Europa, fomentando la creación de varias organizaciones nacionales. La Federación Internacional de Automovilismo (FIA) decidió crear en 1962 la Comisión Internacional de Karting (CIK). (MENDOZA, 2015).

La seguridad del piloto es fundamental para este deporte, especialmente debido a las altas velocidades que puede alcanzar el vehículo. Casos como el del piloto Sebastián Mesa quien sufrió un grave accidente en el año 2017 cuando perdió el control del kart y se estrelló contra una cerca, sufriendo varias fracturas (FM, 2017) y el caso que se presentó en el kartódromo con el piloto Fernando Alonso de España donde un joven piloto golpeó a otro kart, dando vuelta en el aire y cayendo de cabeza sobre el asfalto, cargando así con el peso del vehículo. El niño piloto tenía 11 años y falleció ese mismo día (VILLARINO, 2017), demuestran que la seguridad del piloto es un tema que tiene relevancia en el diseño de los go-karts.

Las lesiones resultantes de los accidentes de go-kart pueden variar ampliamente en gravedad. A continuación, se tiene una información registrada proveniente del país Holanda, donde se muestra la descripción general del número anual de ingresos de personas lesionadas al Departamento de Emergencia holandés. Las lesiones creadas después de los accidentes de karts son especificadas en la tabla 1, estas están detalladas por medio de las regiones anatómicas del cuerpo de la persona y el porcentaje de gravedad por cada lesión ocurrida. (Trauma Mechanisms and Injuries Associated with Go-Karting, 2010).

Lesión en partes del cuerpo	Número de personas	% de lesión de gravedad
Cabeza / cuello	70	12
Lesión superficial / hematoma en la cabeza	30	55
Tronco / columna vertebral	230	39
Lesión superficial / hematoma en el tronco	160	28
Fractura de tórax / costilla	30	66
Hombro / brazo / mano	130	22
Lesión superficial / hematoma hombro / brazo	30	55
Fractura de mano / dedo	30	55
Cadera / pierna / pie	150	26
Lesión superficial / hematoma cadera / pierna	40	77
Otro	20	3
Total	600	100

Tabla 1: Lesiones en partes del cuerpo debido a los accidentes del go kart. Fuente: (Trauma Mechanisms and Injuries Associated with Go-Karting, 2010)

En general, estas competencias tienen sus riesgos involucrados, cada piloto es consciente de estos riesgos, conociendo las normativas de la pista, se toman las medidas adecuadas para minimizar. Las lesiones más frecuentes que puede encontrar en una competencia de karting son: Latigazo, fracturas y huesos rotos, trauma de la cabeza y quemaduras. Cuando se maneja el automóvil y tiene un volcamiento puede resultar en un fuerte impacto con las barreras de seguridad que están en la pista, por lo cual, puede inducir un latigazo cervical, tensión en el cuello y fracturas. En un estudio del país Hong Kong durante el año 2002, hicieron un análisis en donde registraron a 42 pacientes por lesiones provocadas por las competencias de kart. Según todos los pacientes excepto uno era piloto, en donde el 64,2% solo sufrieron traumatismo de tejidos blandos y no requirieron ningún tipo de operación, y el 31% presentó una fractura de diversa gravedad. (RACERS, 2021).

Por otra parte, se hizo un estudio general de la contaminación atmosférica en Colombia mediante la revisión de los gases contaminantes para toda clase de vehículo. En donde el Departamento Nacional de Planeación dio resultados en el que el 70 % de las emisiones contaminantes en el país proceden primordialmente de todo elemento móvil respectivamente como lo son los autos, motos, camiones, volquetas, buses; mientras que el 30 % de todo elemento fijo, son las industrias, viviendas y lugares mineros (EL UNIVERSAL, 2019). Por lo tanto, se tomó la iniciativa de mejorar los índices de contaminación atmosférica en las competencias de autos, incluyendo las competencias de karting. Por lo cual, se empieza con la colocación de motores eléctricos en vez de motores de combustión interna.

El objetivo principal de este proyecto es el diseño de un vehículo que reduzca el consumo de combustibles fósiles al emplear un motor eléctrico que reemplace el uso de motores de combustión interna. Por otra parte, el alto índice de accidentalidad se busca dar especial atención a la mejora de la seguridad del vehículo para que la integridad del piloto esté asegurada. Por lo tanto, este proyecto

obtendrá un análisis del presupuesto para el diseño y fabricación de un go-kart eléctrico en la ciudad de Montería que pueda incorporarse en competencias de karting y que brinde completa seguridad al conductor.

1.2 Justificación:

La presente investigación se enfocará en estudiar un diseño de una jaula antivuelco para un go-kart de competición. En la actualidad existen varios modelos de go-kart, aunque la mayoría son similares, se encuentran los de combustión interna o de motor eléctrico. Sus diseños son realizados del diseño original implementado por la comisión internacional del karting (CIK). Por tal motivo, solo se hacen modificaciones externas al auto como añadir jaula antivuelco, carrocería o un motor de mayor tamaño como sería la categoría súper kart.

En el auto el piloto va sentado normalmente, el tronco y las extremidades están respectivamente indefensas por lo que no hay alguna carrocería protectora. La accidentalidad durante una competencia de karting es considerable, y además de los requisitos de seguridad obligatorios para este deporte siguen siendo deficientes. Por lo tanto, la seguridad del piloto es un parámetro de diseño importante para la construcción de un go kart, especialmente debido a las altas velocidades que puede alcanzar el vehículo.

Otra condición importante para el diseño es proponer un prototipo que no utilice motores de combustión interna, como usualmente se encuentran este tipo de vehículos en el mercado. Este tipo de motores producen gases contaminantes como el monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂) y óxido de nitrógeno (NO), por lo cual, se propone el uso de una alternativa para disminuir el índice de emisiones asociado al uso de go-kart.

Este proyecto establecerá un diseño de go-kart eléctrico con jaula antivuelco, cinturones de seguridad, esto con la finalidad de apoyar el deporte y dar más seguridad al piloto en el momento de la competición. Se procurará que el auto tenga una eficiencia en tanto a velocidad, maniobrabilidad y peso promedio a los autos con motores de combustión interna.

En la Universidad Pontificia Bolivariana seccional – Montería este proyecto es de gran importancia, ya que se tiene las herramientas para el diseño de un go kart de competencia y su desarrollo como tal en tanto a las áreas propuestas. La universidad consta con semilleros de investigación en la facultad de ingeniería mecánica llamado SIMEC el cual fue creado en el año 2009, esto con el propósito de ayudar a complementar la investigación formativa en el área de diseño y materiales de ingeniería, de acuerdo con las líneas de investigación del Grupo de Investigación en Optimización de Procesos y Uso Racional de la Energía y Biomasa – OPUREB el cual es apoyado por el Semillero de Investigación en Fuentes Alternas de Energía – SEMIFAE que es un grupo de investigadores en las áreas propias de la energía y sus transformaciones como fuentes alternativas. Y en el grupo de investigación en Desarrollo y Aplicación de Nuevos Materiales – DANM.

1.3 Objetivos:

1.3.1 Objetivo general

Diseñar un go-kart eléctrico sostenible de acuerdo con la reglamentación de la FIA Karting (Homologation Regulations) vigente, garantizando la seguridad del piloto y disminuyendo las emisiones de gases contaminantes.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar la escogencia del chasis y los parámetros de diseño para la selección de la jaula antivuelco y las condiciones de seguridad propuestas (cinturones de seguridad, posición del piloto en el auto) para un go-kart eléctrico según el reglamento técnico de la Comisión internacional del karting (Homologation Regulations).
- Evaluar los diferentes diseños de jaula antivuelco disponibles para un go-kart eléctrico para escogencia de una primera estructura de acuerdo con los parámetros establecidos.
- Determinar los componentes eléctricos del go-kart de acuerdo con las condiciones de potencia requerida y el cálculo de la eficiencia del motor.
- Diseñar detalladamente el go-kart con jaula antivuelco y con todo el equipo de seguridad junto con la selección de piezas comerciales.

2. MARCO TEÓRICO/ESTADO DEL ARTE:

2.1 Marco teórico

El karting es una disciplina automovilística más conocida en el mundo del deporte automotor por ser la creadora de pilotos experimentados en la máxima categoría llamada fórmula 1. El go-kart es considerado el auto de competición más asequible, rápido y fácil de conducir. Por lo consiguiente, se rigen reglamentos, los cuales son reglamentos de competencia y reglamentos técnicos para los autos. Se tiene que para el auto a modificar y puesto si es para competencia se debe autorizar y aprobar cualquier tipo de elemento externo.

La comisión internacional del karting (CIK) implantó un diseño general del go-kart, el cual está constituido por las demás federaciones nacionales del karting. La federación colombiana de kart (FEDEKART) aplica los reglamentos técnicos de cada categoría y el Código Deportivo Internacional CIK-FIA. (FEDEKART, 2016).

2.1.1 Internacional

La comisión internacional del karting (CIK) está regido por reglamentos técnicos el cual indica que los go kart tienen un diseño general, por lo tanto, pueden llevar cualquier otro elemento externo, como aparece en el reglamento técnico de la (CIK), en el apartado de Piezas auxiliares del chasis, donde se puede colocar barras o elementos, pero tienen que ser homologados y aprobados por la (CIK) o (FIA Karting) en la parte de (Homologation Regulations). Por esta condición es que gran parte de las categorías no usan elementos diferentes como la jaula antivuelco que es protección al conductor, por lo que sería algo externo, lo que haría más pesado al vehículo. Se considera que este deporte no es tan riesgoso, ya que son autos pequeños. Pero de alguna otra forma alcanzan velocidades considerablemente altas lo cual deja sin argumento esa opinión. (CIKFIA, 2021).

La categoría de karting en el cual se usan go-karts pequeños son para las categorías de 50 CC y para conductores más experimentados llamados pre Junior a 125 CC. Esta escuela dejó de utilizar elementos externos como la jaula antivuelco y los cinturones de seguridad para minimizar el peso del vehículo, así siguiendo el reglamento de la Federación N°3 del Sudeste de Buenos aires, Argentina, el cual tiene que estar constituido por la comisión internacional del karting (CIK). (APPK OLAVARRÍA, 2016).

2.1.2 Nacional

Federación colombiana de karts, reglamento deportivo nacional 2016 (FEDEKAR). Según este reglamento el go-kart es un vehículo terrenal tipo monoplaza, en el cual no se utiliza techo o cualquier tipo de estructura superior, además de no contar con suspensión u otro objeto de carrocería, Las principales partes de un go-kart común y corriente son el chasis que incluye las partes de la carrocería, las llantas y el motor.

Por consiguiente, no se usa otro elemento externo como sería la jaula antivuelco, estos motivos pueden ser por el peso de la estructura.

2.1.3 Go-kart con motores eléctricos

Los go-karts común y corriente son de motores de combustión interna. También existen go kart con motores eléctricos, el cual empezó por un prototipo llamado electratrón. El electratrón es un vehículo eléctrico pequeño, parecido al go-kart, además una de sus diferencias con un go-kart de motores de combustión interna es que estos son completamente eléctricos. Contiene una batería de plomo ácido, el cual se puede conseguir en cualquier establecimiento certificado.

El electratrón es una categoría que empezó en Inglaterra a partir de 1978. Después de ser muy popular conquistó a Australia, Estados Unidos, Canadá y posteriormente a México. Todo esto con la participación de Steve Van Ronk, Global Light and Power, en el año de 1993. (ELECTRATÓN, 2019).

2.2 Estado del arte

Hablando del diseño de seguridad planteado en este proyecto, la jaula antivuelco como tal no estaría vinculada al reglamento internacional de karting, pero si cualquier elemento externo como barras o soportes según el apartado de Piezas auxiliares del chasis del reglamento técnico del karting (CIK). Es necesario destacar que este sistema de seguridad es muy confiable para el piloto en cuanto a un accidente el conductor no salga arrojado del vehículo. Por lo tanto, en lo siguiente se hablará de cada elemento a hacer cambiado en el auto, como sería el kart con motor eléctrico, e implementación de elementos, también su evolución tanto nacional como internacionalmente. El go-kart con motor eléctrico ha evolucionado, internacionalmente en el año 2003 la empresa principal de karting en Estados Unidos K1 Speed y con sedes en México. Estos vehículos llamados go-karts tienen un motor eléctrico DC de veinte caballos de potencia, por lo que utiliza cuatro baterías secas de 48 voltios, por lo cual logra una gran autonomía de hasta veinte minutos, así demostrado que este auto corre a velocidades cercanas de 73 kilómetros por hora. (K1 SPEED, 2021). También la compañía BOSCH y con la FIA Electric, la New Energy Commission. La Asociación alemana de automovilismo y el fabricante de autos go-karts Mach 1 Kart, diseñaron y construyeron un vehículo eléctrico llamado E-KART. Es un auto que contiene dos motores eléctricos el cual conllevan a una potencia de veinte kilowatts, es decir 27 caballos de potencia. Este vehículo puede alcanzar los 130 kilómetros por hora, y llegar de cero a cien kilómetros por hora en menos de cinco segundos. (HERNÁNDEZ, 2016). Nacionalmente en Colombia, en la ciudad de Cali, Unicentro. Una pista de vehículos pequeños se encuentra en un terreno de 4000 m², la cual funciona con go-karts eléctricos. Estos autos tienen un sistema de recuperación de energía que alcanza una velocidad de 70 kilómetros por hora. (COMERCIAL, 2019). También en la ciudad de Santander, la universidad Unidades Tecnológicas de Santander (UTS). Donde los estudiantes de la facultad de ciencias naturales e ingenierías participaron en un concurso de competiciones de go karts, como proyecto final. El diseño y la

construcción del vehículo eléctrico con material reciclable, el cual el prototipo corrió a un voltaje de 24 voltios, 28 amperios y 750 watts que equivalen a un caballo de fuerza. (UTS, 2018). Los go-karts eléctricos son prototipos en los cuales usan batería de gran tamaño para mayor capacidad de energía eléctrica, por tanto, se han hecho diseños para la carga de batería por medio de paneles solares, en este caso se tiene nacionalmente en Colombia, Las universidades Eafit, Militar y Agustiniana, promueven a la movilidad sostenible en el país, esto se hace con el desarrollo de vehículos eléctricos solares. El grupo de estudiantes de la universidad Eafit con el ingeniero Gilberto Osorio construyeron el primer auto eléctrico solar del país, el cual se llamó primavera, Lo prepararon para participar en la World Solar Challenge en Australia. (ROLÓN, 2017)

2.3 Estudio de competencia

Ante todo, esta información, se analizó que en muchas partes del mundo existen diseños de go-kart realizados, muchos de estos son como proyectos de universidades, escuelas, otros de grandes compañías con tecnologías muy avanzadas. Pero bien estos diseños son algunos centrados solo en motor eléctrico y su modificación en el auto, otros son con paneles solares, pero de forma áspera, ya que se muestran con grandes paneles sobre el auto, buscando una mayor cobertura del sol. Por lo tanto, no son estructuras regidas por la normativa técnica del karting.

Los diseños de jaula antivuelco no están regidos como tal por la normativa del karting, pero se puede homologar y aprobar un diseño con esta estructura a través de la comisión internacional del karting (CIK). Ahora bien, muchos de estos proyectos no utilizan esta estructura, una de las razones por mucho peso al vehículo. Por lo cual este proyecto busca hacer un diseño de un go kart que cumpla con los requerimientos técnicos del karting, pero con una estructura de jaula antivuelco liviana que sea resistente y que proteja al conductor. Un diseño innovador y eficiente. Los conocimientos adquiridos de la facultad de ingeniería mecánica de la universidad pontificia bolivariana, busca emprender el desarrollo investigativo de proyectos que compitan a nivel nacional aportando nuevas ideas y contenido a nuevas tecnologías del futuro.

3. METODOLOGÍA

3.1 Diseño conceptual

La metodología aplicada en este trabajo de grado es lógica inductiva incompleta científica, de forma analítica, se implementa un método de modelación, porque está se fundamenta en la creación de diseños para pronosticar el comportamiento de estos modelos. Utilizando herramientas computacionales como SolidWorks® 2020 para la realización de prototipos y simulación de estos.

Este proyecto de investigación está dividido en 6 etapas que comprenden el diseño conceptual del go-kart y el de detalle. En esta sección se explicará en detalle las primeras 3 etapas que hacen referencia al diseño conceptual del go-kart. Debido a la estricta reglamentación de la FIA Karting (Homologation Regulations), con relación con la construcción de este tipo de vehículos únicamente se evaluará la escogencia de la jaula antivuelco, las demás piezas se seleccionarán comercialmente.

3.2 Requerimientos de diseño del chasis del go-kart

En la primera etapa se hizo un barrido bibliográfico para determinar los parámetros de diseño de acuerdo con el reglamento técnico (Reglamento deportivo nacional, 2016) y las condiciones de seguridad propuestas (jaula antivuelco, cinturones de seguridad, posición del piloto en el auto).

El reglamento técnico de la comisión internacional del karting (CIK). (CIKFIA, 2021). Establece que el go-kart se compone de un bastidor del chasis, partes principales y piezas auxiliares del chasis. Adicionalmente sugiere que cualquier modificación al chasis debe estar autorizada y homologada de acuerdo con los criterios establecidos en el Reglamento Técnico. De acuerdo con esta normativa se explicará en detalle cada uno de los requerimientos de las partes principales a continuación.

3.2.1 Chasis

El marco del chasis constituye el principal elemento de soporte del vehículo. Sirve como la conexión rígida de las partes principales correspondientes del chasis y para la incorporación de las partes auxiliares. Dado que el marco del chasis es la parte central y es el soporte del conjunto kart, debe ser lo suficientemente resistente para absorber las cargas producidas cuando el kart está en movimiento.

La norma restringe la construcción tubular del chasis usando acero “magnetizado” con sección cilíndrica con piezas soldadas que no pueden ser desmontadas. El Material utilizado es acero estructural o aleación de acero estructural que cumplen con las clasificaciones ISO 4948 y las designaciones ISO 4949. Aceros de aleación que tienen al menos un elemento con un contenido de masa menor al 5% están prohibidos.

3.2.2 Piezas principales del chasis

La función principal de estos componentes es la transmisión de las fuerzas externas al chasis solo a través de los neumáticos. Las partes que permiten desempeñar dicha función son: las llantas con soporte, eje trasero, nudillo de dirección, soportes de los ejes delantero y trasero. La escogencia comercial de estas piezas se hará de acuerdo con requerimientos de resistencia y al tipo de chasis seleccionado.

3.2.3 Piezas auxiliares del chasis

Todos los elementos que contribuyen al buen funcionamiento del kart, las partes auxiliares no deben tener la función de transmitir fuerzas desde la pista al marco del chasis. Como serían la fijación de los frenos, motor, escape, silenciador de escape, radiador(es), dirección, asiento, pedales, parachoques, silenciador de entrada, tubos de refuerzo, secciones entre otros.

Cabe señalar que, en el documento en su apartado de Homologaciones y aprobaciones, los formularios y reglamentos de homologación o aprobación están disponibles en la Secretaría de CIK-FIA y en su sitio web, donde se puede solicitar una homologación o aprobación de CIK-FIA para poder introducir elementos externos al chasis, pero debe ser autorizado y aprobado por CIK-FIA que también será homologado a nivel nacional.

El diseño de un auto go-kart específicamente es el mismo chasis para todos, tanto en su estructura como en los elementos de carrocería, si se quiere hacer modificación se tendrá que autorizar y aprobar por la comisión internacional del karting (CIK). Por lo tanto, este se establecerá en este proyecto un mismo diseño general del chasis como tal.

3.3 Tipos de diseños comerciales

En este apartado se escogieron cuatro chasis comerciales proporcionados por la compañía internacional SODIKART, por lo que, es la líder mundial en fabricación de autos go-kart. En donde cada estructura es casi similar por el reglamento técnico de la CIK, pero diferente en algunos soportes, donde va el motor de diferentes centímetros cúbicos, la batería, el asiento, entre otros elementos. (SODIKART, 2021).

3.3.1 Tipos de chasis:

3.3.1.1 Chasis N°1: Sodi Furia 950

Distancia entre ejes	950 mm
Cuadro	tubo simple
Tubo	∅ 28 mm
Eje posterior	Hueco ∅ 30 mm – 2 rodamientos
Soporte del cojinete de eje	Anodizado
Eje de muñón	∅ 17 mm y ∅ 30 mm
Ejes	60 mm Ø17 y 70 mm Ø30 (aluminio)

Tabla 2: Especificaciones Técnicas Chasis Sodi Furia 950. Fuente: (SODIKART, 2021).

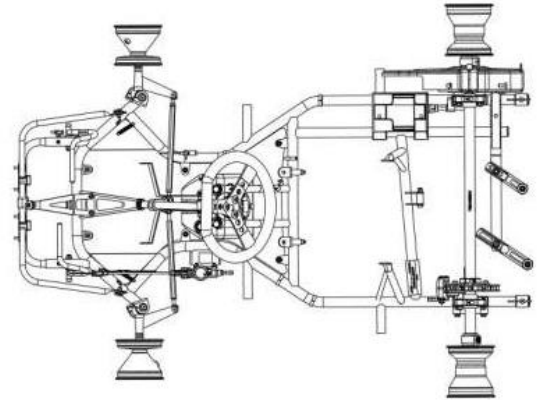


Imagen 1: Dibujo técnico del Chasis Sodi Furia 950. Fuente: (SODIKART, 2021).

3.3.1.2 Chasis N°2: Sodi Sigma RS3 2021

Distancia entre ejes	1050 mm
Cuadro	tubo doble desmontable – CIK
Tubo	∅ 30 mm
Eje posterior	Hueco de acero ∅ 50 mm – 3 rodamientos
Soporte de cojinete de eje	Anodizado, rodamiento ∅ 80 mm
Ejes de muñón	∅ 25 mm “Duro”
Bujes traseros	Anodizado, totalmente mecanizado, L. 90 mm

Tabla 3: Especificaciones Técnicas Chasis Sodi Sigma RS3 2021. Fuente: (SODIKART, 2021).

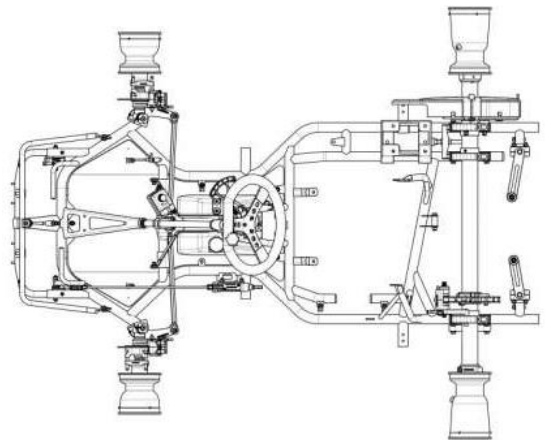


Imagen 2: Dibujo técnico del Chasis Sodi Sigma RS3 2021. Fuente: (SODIKART, 2021).

3.3.1.3 Chasis N°3: Sigma DD2 2021

Distancia entre ejes	1044 mm
Cuadro	tubo doble desmontable – CIK
Tubo	∅ 30 mm
Eje posterior	Acero hueco ∅ 40 mm – MD30
Soporte de cojinete de eje	Anodizado, rodamiento ∅ 80 mm
Ejes de muñón	∅ 25 mm “Suave”
Distancia entre ejes	1044 mm

Tabla 4: Especificaciones Técnicas Chasis Sigma DD2 2019. Fuente: (SODIKART, 2021).

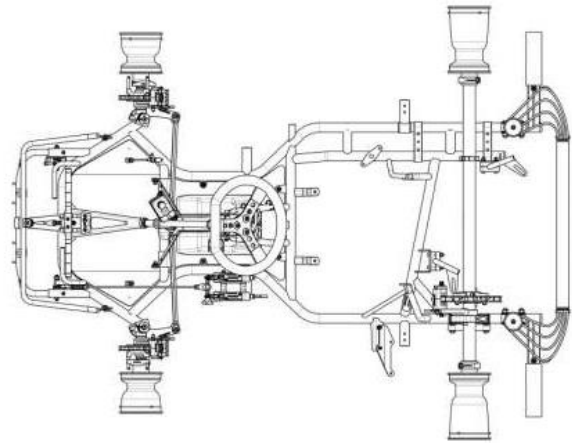


Imagen 3: Dibujo técnico del Chasis Sigma DD2 2021. Fuente: (SODIKART, 2021).

3.3.1.4 Chasis N°4: Sigma KZ 2019

Distancia entre ejes	1010 mm
Cuadro	tubo simple
Tubo	∅ 28 mm
Eje posterior	Acero hueco, ∅ 40 mm – MD 25
Soporte de cojinete de eje	Anodizado
Ejes de muñón	∅ 17 mm
Bujes traseros	L. 80mm

Tabla 5: Especificaciones Técnicas Chasis Sigma KZ 2019. Fuente: (SODIKART, 2021).

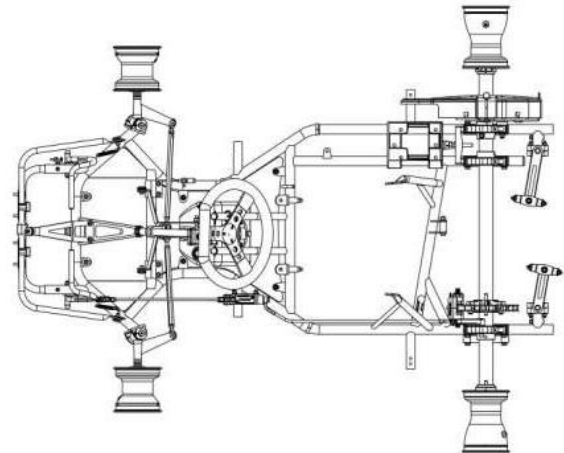


Imagen 4: Dibujo técnico del Chasis Sigma KZ 2019. Fuente: (SODIKART, 2021).

3.4 Características de los componentes añadidos al chasis del go-kart a analizar

En este aparato, se define y se analiza los diferentes elementos que se le añadirán al vehículo comparándolos con un vehículo normal.

3.4.1 Motor

Los go-karts utilizan diferentes motores de combustión interna dependiendo la categoría en que se encuentren los autos, de menor a mayor cilindrada en su competición. El peso promedio de un motor de estos está a 22 kilogramos sin accesorios, en los datos de un motor eléctrico, el peso promedio de un motor eléctrico está en 10 kilogramos, siendo un 45% más liviano.

En economía casi siempre los motores eléctricos son más baratos que uno de combustión interna en algunos casos, ya sea por su tecnología.

3.4.2 Estructura de seguridad

Un go-kart con motor de combustión interna tiene un peso promedio de 100 kilogramos mientras que uno eléctrico estaría entre un peso promedio de 120 kilogramos por las baterías. Analizando la barra antivuelco el peso promedio sería de un 10 % respecto al auto, por lo cual no sería el peso tan considerable.

3.4.3 Batería

Los autos eléctricos tienen baterías de gran tamaño, por lo cual el vehículo va a tener mayor peso, lo mismo pasa con los go-karts eléctrico a comparación con uno de combustión interna los go-kart usan hasta dos baterías así sumando un 20 % más de peso al auto.

3.4.4 Economía

Los autos eléctricos por lo general no son tan económicos por la implementación de un sistema de potencia diferente el cual es más limpio. Además, se instalaría un sistema de seguridad al auto por lo cual habría más elementos.

3.4.5 Seguridad

En el go-kart el sistema de seguridad viene dado por los siguientes elementos: casco, traje protector, soto casco, entre otros. Además de eso no se utiliza cinturones de seguridad, por lo que en este nuevo diseño si se empleara cinturones de seguridad más la jaula protectora de volteo.

3.4.6 Ensamblaje

Los diferentes elementos añadidos deben ser de fácil montaje al auto como sería los paneles solares, baterías y motor eléctrico.

3.5 Análisis del chasis seleccionado del go-kart

Se seleccionó el primer chasis por varios factores como se muestra en la tabla 6.

La estructura del chasis es más pequeña que el resto respecto debido a la categoría KZ Y KF1 del Karting.
El dimensionamiento de los tubos del chasis es menor.
El peso de la estructura es menor.
El diseño de la estructura es más sencillo y de menos elementos.

Tabla 6: Factores de la selección del Chasis.

El chasis seleccionado kart se escogió dependiendo los elementos que están en cada estructura, su tamaño y dimensionamiento. Con el análisis realizado se determinó que el chasis N° 1 es la más viable respecto a los otros chasis de acuerdo con la marca escogida (Sodikart).

3.5.1 Chasis seleccionado – especificaciones

Elemento	Características
Distancia entre ejes	950 mm
Cuadro	tubo simple
Diámetro del tubo	28 mm
Diámetro del eje posterior	Hueco \varnothing 30 mm - 2 rodamientos
Diámetro del soporte del cojinete de eje	Anodizado
Diámetro del eje de muñón	\varnothing 17 mm y \varnothing 30 mm
Diámetro de los ejes	60 mm \varnothing 17 y 70 mm \varnothing 30 (aluminio)

Tabla 7: Especificaciones del Chasis seleccionado. Fuente: (SODIKART, 2021).

De acuerdo con las especificaciones seleccionadas, se introdujo la especificación de diámetro del chasis de 28 mm el cual determina una estructura más liviana y de menor peso proporcionada por la compañía (Sodikart). Aunque existen estructuras más rígidas que, por lo general, se utiliza para las categorías mayores de KZ y KF del karting, el cual brinda una mayor solidez de la carrocería, por lo tanto, ofrece la mayor tracción y grip en general. (TKART, 2020).

3.5.2 Dibujo técnico del chasis seleccionado

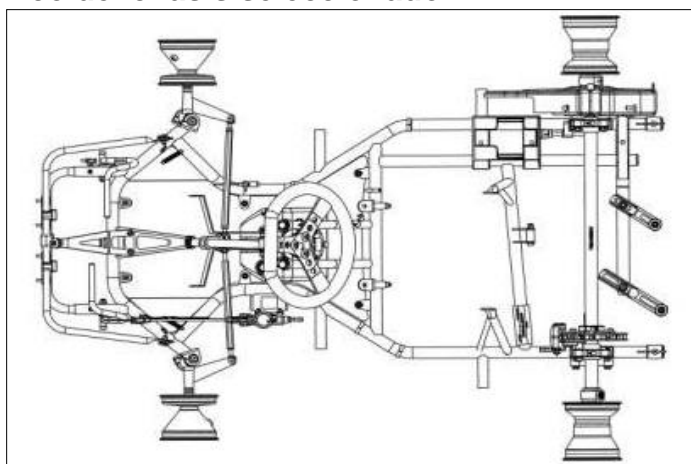


Imagen 5: Dibujo del Chasis seleccionado. Fuente: (SODIKART, 2021).

3.6 Parámetros para la selección de la jaula antivuelco

Los parámetros de escogencia de la jaula antivuelco son los requerimientos necesarios para el diseño definitivo del proyecto, en el cual se va a consultar todo a cerca de las características necesarias como resistencia, economía y seguridad. A continuación, se muestra en la tabla 8 los siguientes parámetros en donde se va a centrar el proyecto.

Resistencia / peso	25%
Economía	25%
Seguridad	50%

Tabla 8: Parámetros de escogencia de la jaula de seguridad.

La selección de porcentaje se determinó con el objetivo de este proyecto que es la seguridad, de allí dependiendo las demás características como la economía y la resistencia – peso de la estructura del auto.

3.6.1 Condición de seguridad

La jaula antivuelco debe proteger al piloto, su diseño debe ser sencillo y no dificultar la entrada ni salida del piloto, debe ir soldada al chasis general y cubrir el piloto desde la cabeza hasta los pies. Los cinturones de seguridad estarán sujetos a la misma barra antivuelco y serán conectados al chasis central por medio de las piernas del conductor. Posteriormente después de presentar los parámetros para la escogencia y condiciones de seguridad, se procede a la evaluación de los diferentes tipos de jaula antivuelco que existen para un go kart.

3.7 Evaluación de los diferentes diseños de jaula antivuelco

Una jaula antivuelco, jaula de seguridad o simplemente barras de seguridad es una estructura metálica construida en la parte interior de un vehículo en general, esto con el fin de proteger a sus ocupantes de algún accidente en donde el vehículo pueda voltearse, en la tabla 9 se muestra las evaluaciones de dos tipos de diseños de jaula.

Tipos de antivuelco	Descripción	Parámetros	%	puntos	Total
Barra antivuelco  <p>Imagen 6: Barra antivuelco. Fuente: (HOSPITALECHE, 2012).</p>	Son unos tubos metálicos colocados detrás de los asientos del vehículo, generalmente distribuidos al tamaño de la cabina.	Resistencia / peso Economía Seguridad	25 25 50	4 2 5	4.0
Arco antivuelco  <p>Imagen 7: Arco antivuelco. Fuente: (KARTS, 2014).</p>	Es una barra redondeada colocada detrás del conductor y acompañante, casi siempre se coloca solo atrás de la persona que manipula el volante.	Resistencia / peso Economía Seguridad	25 25 50	3 5 2	3.0

Tabla 9: Evaluación de los diferentes diseños de jaula antivuelco.

3.7.1 Análisis de la estructura antivuelco seleccionada

En la tabla 9, se muestra los dos tipos de sistema de seguridad que se encuentran disponibles, los cuales son la barra antivuelco y el arco de seguridad. Estas dos estructuras fueron analizadas mediante los siguientes parámetros: resistencia / peso, economía y seguridad, así dando valores de porcentaje de acuerdo con la importancia de cada uno, el cual se evaluó con una escala de puntaje del 1 al 5 así dando al 1 una mala calificación y al 5 una buena calificación respecto a los parámetros escogidos.

Por lo tanto, la estructura seleccionada es la barra antivuelco el cual proporciona mayor seguridad al conductor, y además una buena resistencia / peso por parte del diseño. Es aceptada ya que, se puede hacer distintas modificaciones por medio de las barras, así proporcionando una estructura resistencia, y cómoda al piloto.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

4.1 Evaluación de los diferentes diseños de jaula antivuelco para un go-kart

4.1.1 Estructura chasis

El chasis es el principal componente del go-kart, consta fundamentalmente de una estructura que sostiene todos los componentes del vehículo, como son las ruedas, carrocería, motor y componentes de este, dirección entre otros. En el reglamento técnico internacional del karting el chasis del go-kart está limitado a su estructura como tal y a sus componentes integrados.

En la estructura del chasis, su selección puede implicar un análisis detallado, ya que una de las principales características es que estos autos no incorporan suspensión. Por lo cual es uno de los grandes objetivos de los fabricantes analizar qué tipo de material puede soportar o amortiguar las vibraciones, la deformación de la estructura.

4.1.2 Material del chasis

Uno de los materiales más utilizados para la construcción del chasis es el Aceros SAE-AISI 4130. El cromo y el molibdeno, el cual es una aleación y de buenas propiedades mecánicas. Este material es utilizado por los principales fabricantes de chasis como lo son: (CRG, Tony Kart, PCR y Birel). A continuación, se muestra el chasis de la marca Tony Kart hecho en el programa SolidWorks que fue escogido anteriormente.

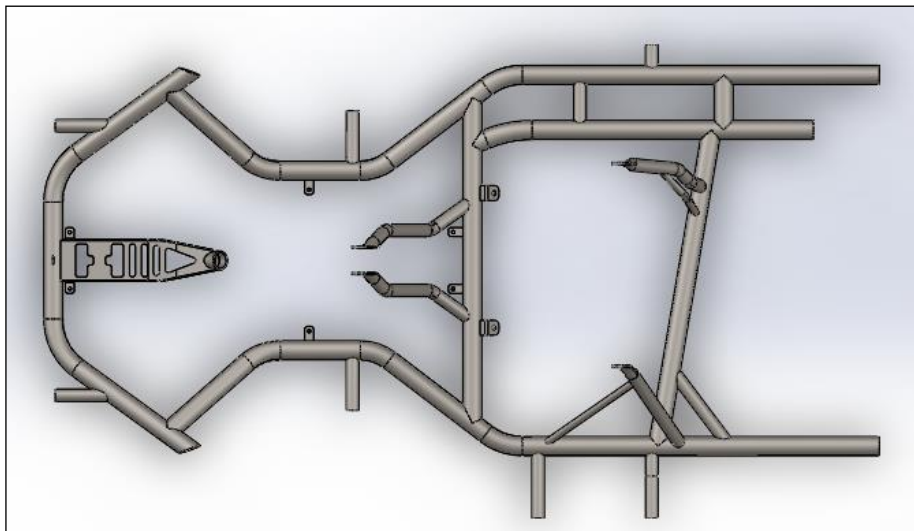


Imagen 8: Chasis Tony Kart 3D hecho en SolidWorks 2014. Fuente: (ALVAREZ, 2014).

4.1.3 Diseño de la estructura de la jaula de seguridad

La estructura principal del auto es de acero al cromo molibdeno, por lo que, la jaula antivuelco estará diseñada con este mismo material, pero su diseño será de modo

que sea resistente y no aporte mucho peso al vehículo, además que sea innovador y eficiente.

4.1.3.1 Análisis de peso del chasis y los elementos

El go-kart tradicional para la categoría KZ1 de 125cc en relación con el reglamento de la comisión internacional del karting (CIK), estipula un peso mínimo de 175 kg para el vehículo y conductor sin límite de edad, en donde el peso del vehículo tiene un promedio de 100 kg. A continuación, se muestra la tabla de categorías de karting en la imagen 9.

COMISIÓN INTERNACIONAL DE KARTING			
CATEGORIA	EDAD	PESO MIN.	MOTOR
KF4	Es el reglamento base de todas las categorías KF.		
KF3	13 a 15	145 kg	2T - 125cc - 14.000rpm max.
KF2	15 o más	158 kg	2T - 125cc - 15.000rpm max.
KF1	15 o más	160 kg	2T - 125cc - 16.000rpm max.
KZ2	15 o más	175 kg	2T - 125cc - 6 velocidades
KZ1	15 o más	170-175 kg	2T - 125cc - 6 velocidades
SUPERKART	18 o más	205-215 kg	2T - 125cc - 6 velocidades

Imagen 9: Tabla de categorías según el peso. Fuente: (DMK, 2015).

Para nuestro go-kart eléctrico, se añade un peso en general de 180 kg, con el peso del go-kart con jaula antivuelco y el conductor. Colocando el vehículo con jaula antivuelco y los elementos eléctricos y el conductor como se muestra en la siguiente tabla 10.

Elementos	Peso (kg) Aproximado
Chasis y jaula	85.88
Conductor	60
Elementos externos	34.12
Total	180

Tabla 10: Peso de los diferentes elementos en el Go-kart

4.1.4 Tipos de diseños de estructuras de jaula antivuelco

Se diseñarán varias estructuras con el fin de buscar el mejor resultado de resistencia a la Tensión axial y de flexión en el límite de acuerdo con los valores de peso del auto go-kart más la del conductor que es de 60 kilogramos. Esta estructura tendrá unas medidas dependiendo el tamaño del vehículo (largo: 1.39 m, ancho: 1.25 m) y de una persona promedio en Colombia (alto: 1.719 m). (TIEMPO, 2021). Por lo tanto, la jaula antivuelco tendrá un ancho de 0.65115 m, un largo de 0.95299 m y un alto de 0.89663 m, por lo cual, el piloto quedará protegido.

4.1.5 Propiedades de las estructuras antivuelco

Propiedades	
Nombre	AISI 4130 Acero normalizado a 870C
Tipo de modelo	Isotrópico elástico lineal
Criterio de error	Tensión de Von Mises máx.
Límite elástico	4.6e+08 N/m ²
Límite de tracción	7.31e+08 N/m ²
Modulo elástico	2.05e+11 N/m ²
Coefficiente de Poisson	0.285
Densidad	7850 kg/m ³
Modulo cortante	8e+10 N/m ²

Tabla 11: Propiedades del material de la estructura. Fuente: (SolidWorks 2020).

4.1.6 Análisis de simulación estática de las estructuras

4.1.6.1 Tipo de diseño 1

En este ensayo se realizó con una carga de 180 Kilogramo-fuerza = 1765.2 Newton en donde sería el peso del vehículo y del conductor promedio, como se muestra en la imagen 10.

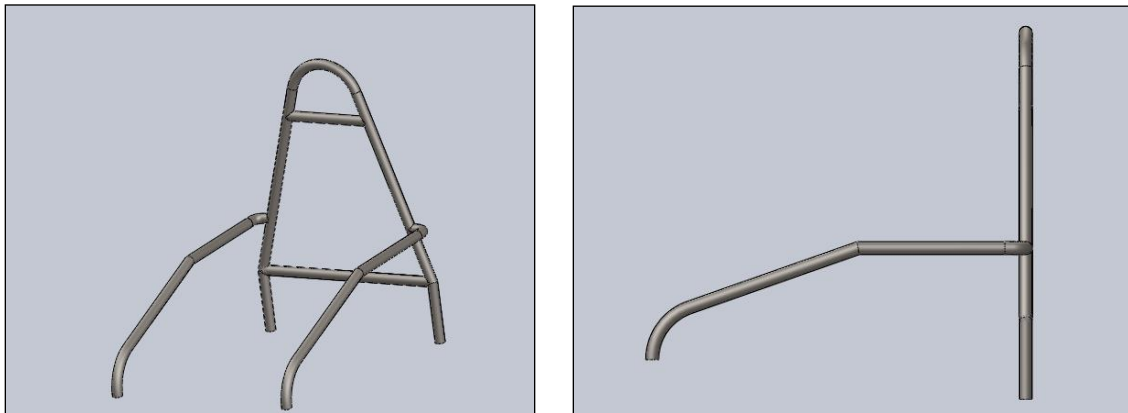
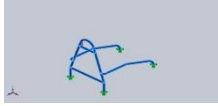


Imagen 10: Diseño 1 en 3D de la Jaula antivuelco (SolidWorks 2020). Fuente: (Elaboración propia).

4.1.6.1.1 Datos del material

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
	Sólido	Volumen:4.6238e-05 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Masa:0.362968 kg Peso:3.55709 N

4.1.6.1.2 Análisis de tensión

El análisis de tensión es aquel que puede ayudar a encontrar las mejores opciones de diseño para la estructura el cual se desea ensamblar. En este proceso el desarrollo del diseño de la estructura puede ser satisfactorio para el uso esperado sin que se parta o deforme el diseño. (AUTODESK, 2021).

Como se puede apreciar en la figura la Tensión axial y de flexión en el límite, se produce en la curvatura que tiene el arco principal como se puede apreciar en la imagen 11.

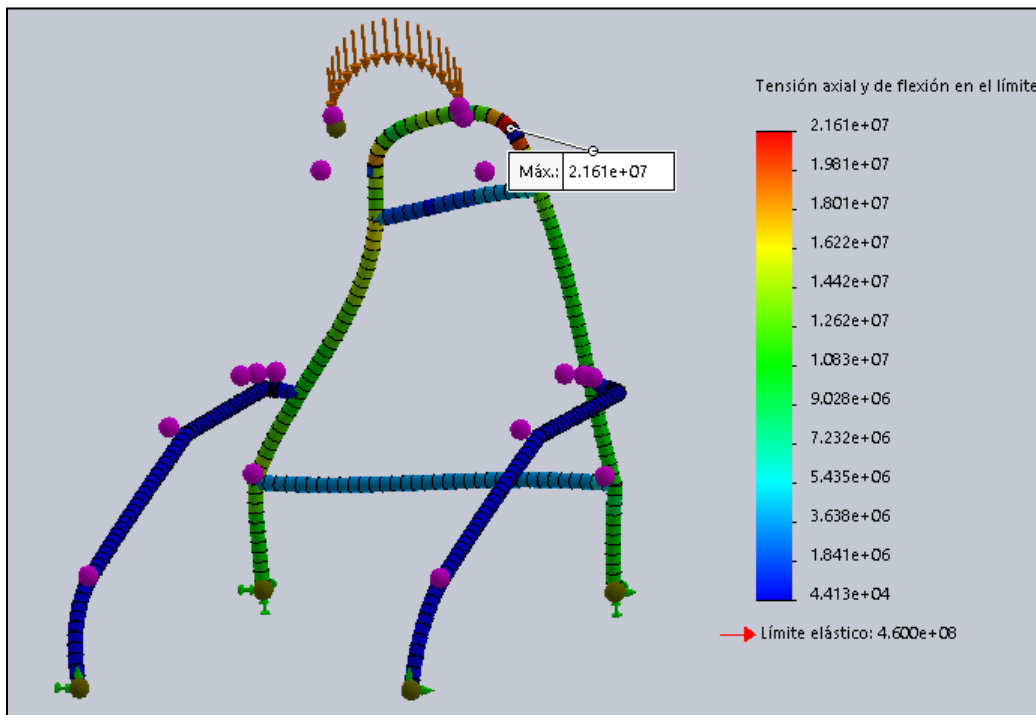


Imagen 11: Tensión axial y de flexión en el límite (SolidWorks 2020). Fuente: (Elaboración propia).

Como se muestra en la imagen 11, esta tensión tiene un valor de 21.61 MPa. No supera el valor de resistencia máxima a la tracción del material (731 MPa) y su límite

elástico de 460 MPa, por lo que se puede asegurar que no se producirán roturas en el arco principal o en ninguna otra parte de la estructura.

4.1.6.1.3 Análisis de desplazamiento

Cuando se aplican cargas a una estructura, esta estructura o elemento se va deformando, por lo cual, el resultado de las cargas se trasfiere a través de la estructura o el elemento. Por lo tanto, las fuerzas externas provocan fuerzas internas y reacciones para renderizar la estructura en estado de equilibrio. (SOLIDWORKS, 2021). Como se puede apreciar en la imagen 12, los desplazamientos máximos son de 0.0819500000000001 mm, en la estructura.

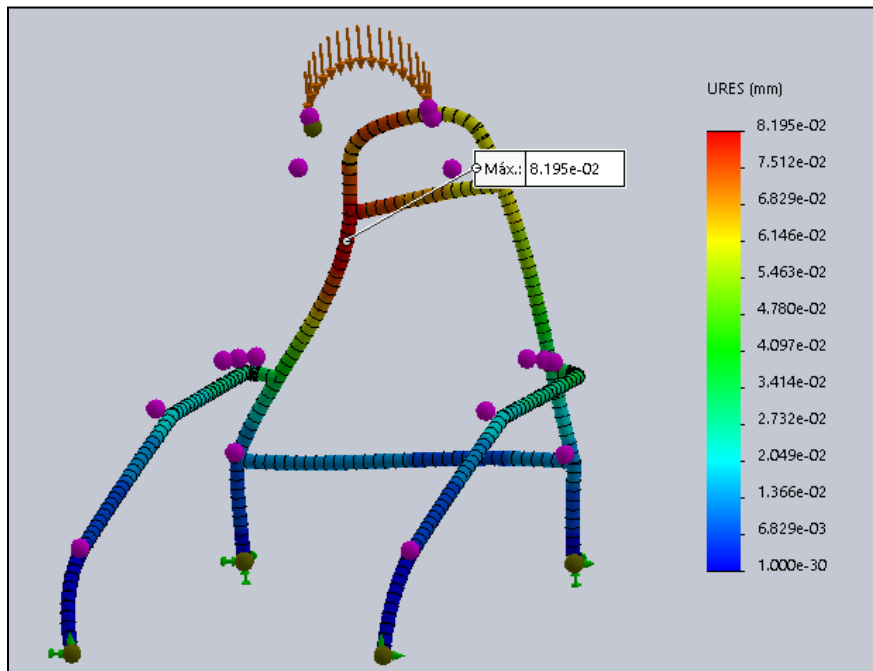


Imagen 12: Ensayo de desplazamiento (SolidWorks 2020). Fuente: (Elaboración propia).

Para estos ensayos se puede concluir que la estructura cumple con sostener el peso del chasis y del conductor, ya que no se muestra una excesiva deformación.

4.1.6.2 Tipo de diseño 2

En este ensayo se realizó con una carga de 180 Kilogramo-fuerza = 1765.2 Newton en donde sería el peso del vehículo y del conductor promedio, como se muestra en la imagen 13.

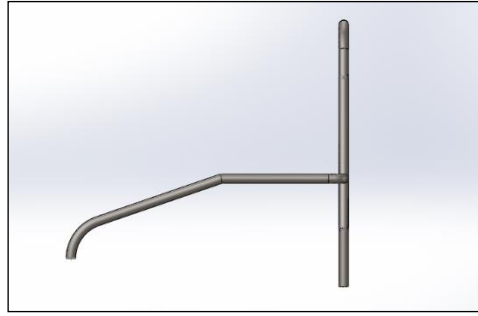
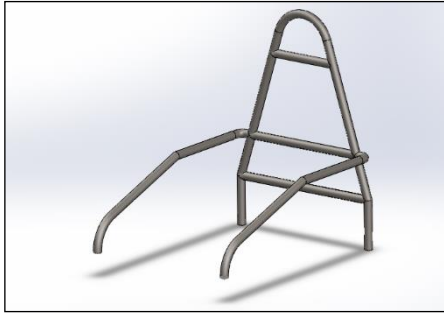
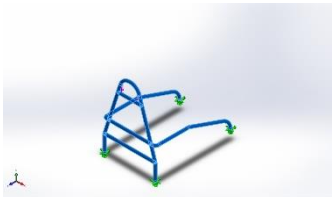


Imagen 13: Diseño 2 en 3D de la Jaula antivuelco (SolidWorks 2020). Fuente: (Elaboración propia).

4.1.6.2.1 Datos del material

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
	Sólido	Volumen: 1.68144e-05 m ³ Densidad: 7850 kg/m ³ Masa: 0.131993 kg Peso: 1.29353 N

4.1.6.2.2 Análisis de tensión

Como se puede ver, la tensión axial y de flexión en el límite se produce en la curvatura que tiene el arco principal, como se puede apreciar en la imagen 14. En esta imagen la tensión tiene un valor de 21.48 MPa. No supera el valor de resistencia máxima a la tracción del material (731 MPa) y su límite elástico de 460 MPa, por lo que se puede asegurar que no se producirán daños mecánicos por roturas en el arco principal.

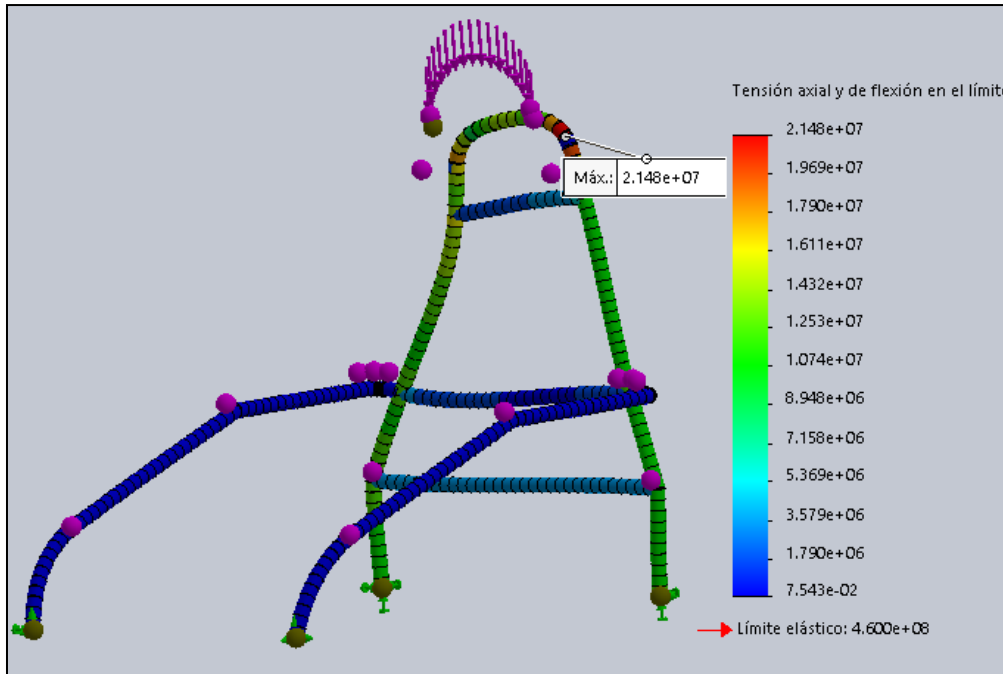


Imagen 14: Tensión axial y de flexión en el límite (SolidWorks 2020). Fuente: (Elaboración propia).

4.1.6.2.3 Análisis de desplazamiento

Como se puede apreciar en la siguiente imagen 15, los desplazamientos máximos son de 0.06785000000000001 mm, en la estructura.

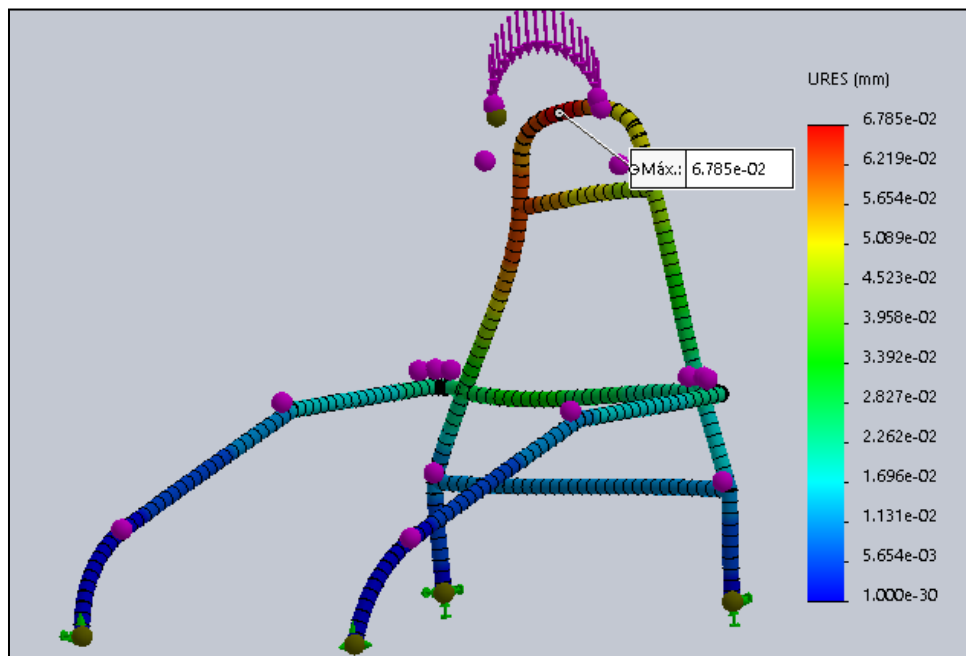


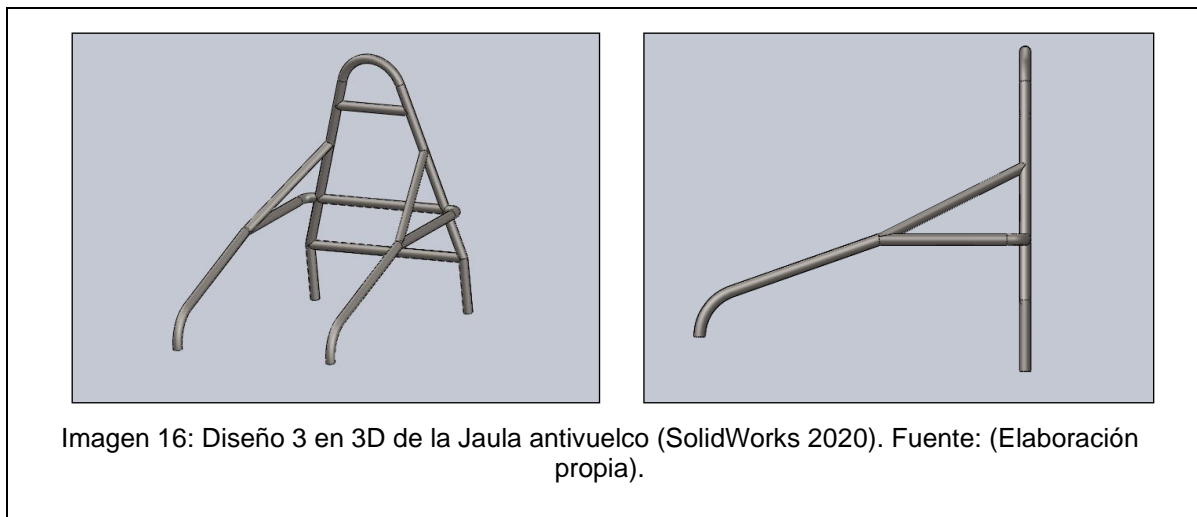
Imagen 15: Ensayo de desplazamiento (SolidWorks 2020). Fuente: (Elaboración propia).

Observación: Como se puede apreciar el primer y el segundo diseño cumplen con la resistencia máxima a la tensión del material, por lo cual, es una estructura

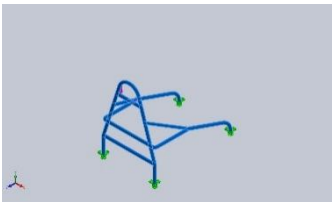
propuesta para el auto go-kart. Ahora el siguiente paso será construir otra estructura aún más resistente aplicando barras de fuerza a la estructura.

4.1.6.3 Tipo de diseño 3

En este ensayo se realizó con una carga de 180 Kilogramo-fuerza = 1765.2 Newton en donde sería el peso del vehículo y del conductor promedio, como se muestra en la imagen 16.



4.1.6.3.1 Datos del material

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
	Sólido	Volumen:2.94247e-05 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Masa:0.230984 kg Peso:2.26364 N

4.1.6.3.2 Análisis de tensión

Como se puede ver, la Tensión axial y de flexión en el límite se produce en la curvatura que tiene el arco principal, como se puede apreciar en la imagen 17.

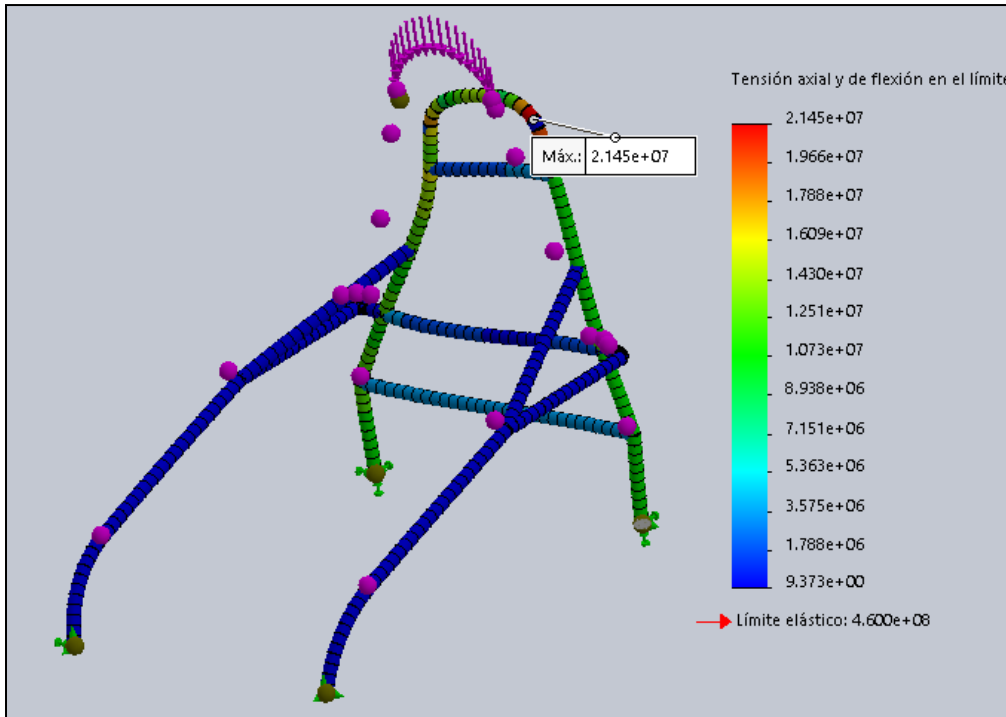


Imagen 17: Tensión axial y de flexión en el límite (SolidWorks 2020). Fuente: (Elaboración propia).

Esta tensión tiene un valor de 21.45 MPa. No supera el valor de resistencia máxima a la tracción del material (731 MPa) y su límite elástico de 460 MPa, por lo que se puede asegurar que no se producirán roturas en el arco principal.

4.1.6.3.3 Análisis de desplazamiento

Como se puede apreciar en las imágenes 18 y 19, los desplazamientos máximos son de 0.072738 mm en la estructura.

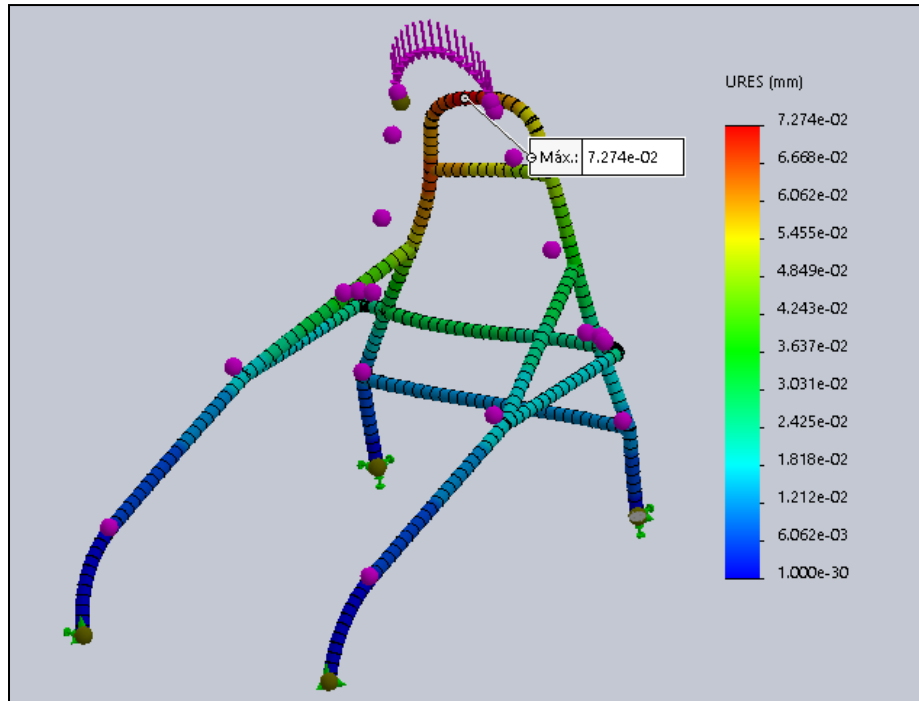


Imagen 18: Ensayo de desplazamiento (SolidWorks 2020). Fuente: (Elaboración propia).

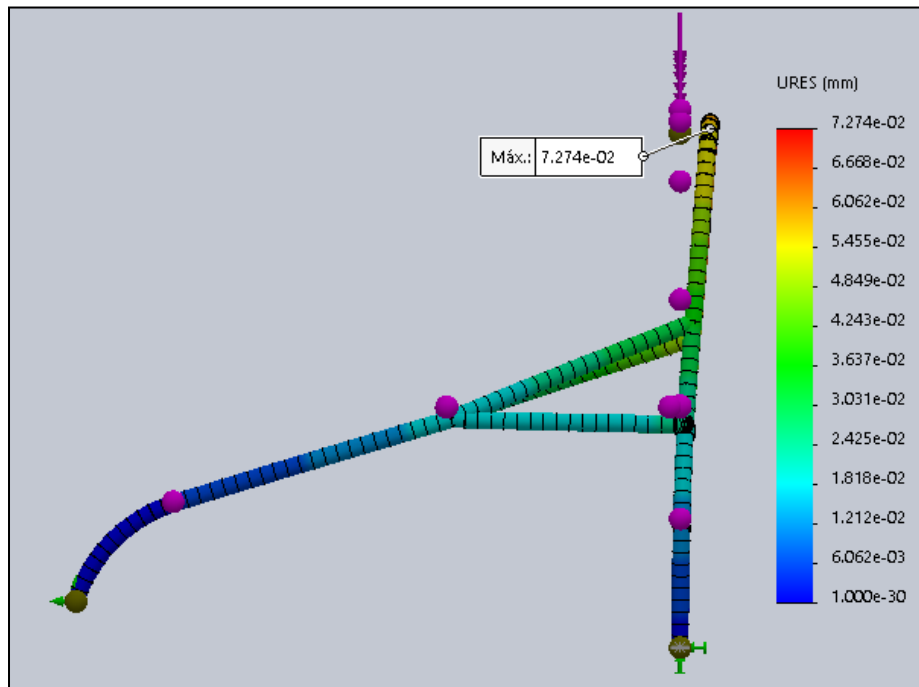


Imagen 19: Ensayo de desplazamiento (SolidWorks 2020). Fuente: (Elaboración propia).

4.1.6.4 Análisis de los tres tipos de jaula antivuelco diseñadas para el go-kart

Para estos ensayos se puede concluir que las estructuras anteriores cumplen con sostener el peso del chasis y del conductor, ya que, los valores presentados no superan el valor a la resistencia máxima a la tracción del material que es de 731

MPa y su límite elástico de 460 MPa, y el desplazamiento es de 0.08 mm, lo cual sería muy diminuto, por lo tanto, se puede asegurar que no se producirán roturas en el arco principal de la estructura del go-kart. A continuación, se muestra en la tabla 12, las comparaciones de los diferentes diseños mostrados anteriormente.

Tipo de estructura	Ensayo de Tensión	Ensayo de Desplazamiento
Diseño 1	21.61 MPa	0.081950 mm
Diseño 2	41.48 MPa	0.067850 mm
Diseño 3	21.45 MPa	0.072738 mm

Tabla 12: Comparaciones de los tres tipos de jaula antivuelco diseñadas para el go-kart.

4.1.6.4.1 Selección del diseño de jaula antivuelco

La estructura de jaula antivuelco para el go-kart debe ser rígida y capaz de soportar las cargas del vehículo y el conductor, por lo tanto, en las comparaciones de los tres diseños construidos y analizados anteriormente por medio de análisis de simulación estática, los resultados no varían tanto uno del otro, por lo tanto, se escogió el diseño 3, ya que, proporciona más rigidez y es la estructura más adecuada ya que posee brazos de reforzamiento hacia el arco principal de la jaula antivuelco para el go-kart.

4.2 Dimensionamiento y selección de los componentes eléctricos

4.2.1 Cálculo de potencia del motor aproximado para el go-kart

Con este cálculo de potencia aproximada se analiza la selección del motor que ofrece el mercado, por lo que se harán suposiciones en cuanto a la velocidad y aceleración deseada, por lo tanto, se realiza la siguiente hipótesis.

4.2.1.1 Hipótesis

- El peso del vehículo debe ser máximo de 180 kg con el peso del conductor.
- La velocidad deseada para el monoplaza debe de ser de 100 km/h (27.77 m/s).

Cálculo de aceleración:

Partiendo de la ecuación de velocidad final en un movimiento rectilíneo uniforme acelerado (MRUA), se procede hallar la aceleración.

$$\text{Velocidad Final} = (\text{Velocidad Inicial}) + (\text{Aceleración}) (\text{Tiempo Aproximado})$$

Despreciando el valor de velocidad inicial, se tiene:

$$\begin{aligned} \text{Aceleración} &= (\text{Velocidad Final}) / (\text{Tiempo Aproximado}) \\ &= (27.77 \text{ m/s}) / (5.5 \text{ s}) = 5.04 \text{ m/s}^2. \end{aligned}$$

- La aceleración que se tendrá en cuenta para este vehículo será de 5.04 m/s².

Partiendo de las anteriores suposiciones, se procede hacer los cálculos de la resistencia al rodamiento del vehículo con la siguiente ecuación.

Fuerza de rodamiento = Resistencia Aerodinámica + Resistencia de Rodamiento + Resistencia de la Gravedad

Donde:

- Resistencia Aerodinámica: es despreciable, por lo que, se trata de un automóvil pequeño, ya que no alcanza velocidades muy altas.
- Resistencia de la Gravedad: es despreciable, por lo que, los análisis se harán para superficies normalmente planas, lo cual, no supera las inclinaciones de 5 grados.

Así la ecuación queda que: La fuerza de Rodamiento = Resistencia de Rodamiento. Por lo tanto, el cálculo para la ecuación es el siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Resistencia de Rodamiento} &= (\text{Coeficiente de Rodamiento}) (\text{Peso}) \\ &= (0.020) (1716.16) = 34.3232 \text{ N} \end{aligned}$$

En donde el coeficiente de rodamiento esta dado por el rozamiento del neumático en el concreto. (MOTORGIGA, 2021).

4.2.1.2 Fuerza del motor

Con la siguiente ecuación de la segunda ley de Newton, se halla la fuerza del motor. Fuerza = (Masa)(Aceleración) + (Fuerza de Rodamiento) = (180) (5.04) + (34.3232) = 941.5232 N

Potencia Máxima Aproximada = (Fuerza) (Velocidad Final) = (941.5232) (27.77) = 26146.09 W = 26.14 kW.

4.2.1.3 Cálculos de transmisión del eje principal del motor eléctrico del go-kart

En la relación de transmisión, los engranajes conductores para la transmisión de potencia son relacionado con el piñón conductor (Z1) el cual tiene un numero de dientes de 16 y el piñón conducido (Z2), tiene un numero de dientes de 42 respectivamente.

4.2.1.4 Relación de transmisión

$$(\text{Relación de Transmisión}) = (Z2) / (Z1) = (42) / (16) = 2.625$$

4.2.1.5 Velocidad del eje del automóvil

Teniendo la potencia en RPM deseadas para el motor eléctrico, en este caso son 5000 RPM, se hace una conversión a revoluciones por segundos (RPS), que son 83.33 RPS.

$$\text{Velocidad del Eje} = (83.33 \text{ RPS}) / (2.625) = 31.7447 \text{ RPS}$$

4.2.1.6 Distancia recorrida al avanzar cada giro del eje del automóvil

Teniendo en cuenta el diámetro de llanta del go-kart, que es igual a 279.40 mm (27.94 cm), y dada la ecuación de perímetro de la llanta, se obtiene la distancia recorrida.

$$\text{Perímetro de la rueda} = (\pi)(\text{diámetro de la llanta}) = (\pi)(27.94) = 0.877 \text{ m}$$

4.2.1.7 Velocidad máxima teórica del go-kart eléctrico

En relación de las ecuaciones anteriores, se procede hallar la velocidad máxima teórica del automóvil.

$$\text{Velocidad Máxima Teórica} = (\text{Velocidad del eje del automóvil}) (\text{Perímetro de la llanta}) = (31.7447 \text{ RPS}) (0.877 \text{ m}) = 27.84 \text{ m/s} = 100.22 \text{ km/h}$$

4.2.2 Selección de componentes eléctricos del go kart

4.2.2.1 Motor eléctrico

Se hizo un barrido bibliográfico en donde se buscó el motor eléctrico utilizado en estos autos, se encontró un proyecto investigativo hecho en España, en donde se especializaron en varios prototipos a nivel nacional. (KARTELECTRICO, 2012). También se encontró una fábrica de go karts eléctricos en Italia donde están especializados en fabricar todo tipo de kart eléctrico. (OTL ELECTROKART, 2021). Dado lo anterior se hizo una comparativa de selección del motor eléctrico.

4.2.2.1.1 Comparativa de motores para el Go-Kart

En la siguiente tabla, se muestra la comparación de varios motores eléctricos para el go-kart eléctrico, el cual se tendrá en cuenta sus especificaciones para la selección de tipo motor.

Comparativa de motores para el go-kart - (Marca: Motenergy)								
Motores DC	Voltaje	A Mín. y Máx.	kW Min y Máx.	RPM	Eficiencia	kW Totales	Peso (kg)	Precio dólares
ME1115	24 - 96	125 - 420	12 - 30	5000	92 %	27.6	15.8757	\$675
ME1114	24 - 72	125 - 420	10 - 24	5000	92 %	22.08	15.8757	\$675
ME30-31001	48 - 120	180 - 650	12 - 37	6500	89 %	32.93	19.5045	\$750
ME1302	24 - 120	200 - 400	15 - 38	6500	92 %	34.96	15.8757	\$980

Tabla 13: Comparativa de motores de la marca: Motenergy. Fuente: (ELECTRICMOTORSPORT.COM, 2016).

4.2.2.1.2 Selección del motor eléctrico para el go-kart

De la anterior tabla, se puede apreciar los diferentes modelos de motores eléctricos proporcionados por la fuente (ELECTRICMOTORSPORT.COM, 2016), de la marca Motenergy. Las ventajas del motor síncrono de imanes permanentes frente a los otros motores en el mercado, es que tiene un mejor rendimiento, regulación de velocidad más precisa, mayor densidad de potencia y temperatura de trabajo reducida por lo que consigue mayor vida útil para los rodamientos y el aislamiento. (DYNA, 2014). Se escogieron cuatro motores el cual suministran información acerca de los voltajes, amperajes, potencia, eficiencia, peso y precio de cada uno. Se seleccionó el motor DC ME1115 de imán permanente el cual tiene excelentes especificaciones, buena eficiencia y es económico respecto a los otros motores.

4.2.2.1.3 Tipo de motor DC

Motor DC de imán permanente ME1115, 30 kW, 125 A, de 24 - 96V (Marca: Motenergy). Este es un motor síncrono de imán permanente trifásico conectado en Y con un espacio de aire axial y un sensor de velocidad seno / coseno. Tiene dos estatores con un rotor en el centro. Tiene un peso de 15.8 kg, es capaz de producir hasta 12 kW de potencia de forma continua y hasta 30 kW en un pico durante 1 minuto. (ELECTRICMOTORSPORT.COM, 2016).

Este motor opera en un rango de 24 a 96 V y soporta hasta 125 A de forma continua y hasta 400 A en pico y puede alcanzar las 5000 RPM en su máxima capacidad. A continuación, se muestra la ficha técnica en la tabla.


Ficha técnica del Motor DC ME1115, 24 - 96V (Marca: Motenergy).		 Imagen 20: Motor DC ME1115 , 24 - 96V (Marca: Motergy). Fuente: (ELECTRICMOTORSPORT.COM, 2016).
Altura (mm)	201	
Anchura (mm)	201	
Longitud (mm)	182.4	
Peso (kg)	15.8757	
Voltaje (V)	24 - 96	
Corriente (A)	125	
Corriente MAX (A)	400 (1 min)	
Potencia (kW)	12	
MAX potencia (kW)	30	
Velocidad MAX (RPM)	5000	

Tabla 14: Ficha técnica del motor. Fuente: (ELECTRICMOTORSPORT.COM, 2016).

Teniendo en cuentas las referencias de motor eléctrico encontradas y por la falta de información acerca de los motores por medio de las empresas o fábricas, se

seleccionó el Motor DC de imán permanente ME1115, 30 kW, 125 A, 24 - 96V (Marca: Motenergy), para este proyecto, con un precio de \$18.31 USD (2021).

4.2.2.2 Controlador del motor

TDPRO-Caja del controlador. (TDPRO, 2021).

Ficha técnica del controlador	
Tensión nominal	48V
Potencia nominal	1000W
corriente máxima	45A
Eficiencia	≥ 83%
consumo	<1,5 W

Tabla 15: Ficha técnica del controlador. Fuente: (TDPRO, 2021).



Imagen 21: Controlador del motor. Fuente: (TDPRO, 2021).

Este controlador de velocidad cuenta con terminales de conexión para:

- Batería
- Motor
- Cargador
- Interruptor de bloqueo/encendido-apagado
- Freno (apagará el motor)
- Indicador de carga de la batería
- Lámpara trasera
- Acelerador

4.2.2.3 Pedal de acelerador del go-kart eléctrico

El funcionamiento del pedal es regular la potencia del motor, por lo cual se seleccionó el modelo de pedal Kelly 0-5K Throttle Pedal. (KELLY, 2019).

Consta con una resistencia de 0-5kΩ, en donde, 0 Ω es el valor cuando no se ejerce ninguna fuerza sobre el pedal y 5kΩ cuando el pedal está completamente presionando. En la siguiente tabla se muestran las especificaciones del pedal del acelerador, con un precio de \$79 USD (2021).

Especificaciones del pedal		
Puerto	Disposición	<p>Imagen 22: Pedal del acelerador. Fuente: (KELLY, 2019).</p>
Cable Rojo	5 V	
Cable Negro	GND	
Cable Blanco	Señal	
Cable Amarillo y Azul	Interruptor	

4.2.2.4 Selección de la batería

La selección de batería es opcional ya que existen muchos tipos, en este caso se escogió una batería de litio que son las más utilizadas para los motores eléctricos de este tipo. Por lo tanto, en la siguiente tabla, se hacen comparaciones de diferentes baterías para el go-kart.



Imagen 23. Batería eléctrica.
Fuente: (MAGAZINE, 2020).

4.2.2.4.1 Comparativa de baterías eléctricas para el Go-Kart

En la siguiente tabla, se muestra la comparación de varias baterías eléctricas para el go-kart eléctrico, el cual se tendrá en cuenta sus especificaciones para la selección del elemento.

Comparativa de baterías eléctricas				
Nombre	Voltaje	Capacidad	Peso	Precio (dólares)
Lithium cell (K.E.S, 2021).	3.2 V	180 Ah	5.6 kg	\$4176
CATL (sources, 2021).	3.2 V	125 Ah	2.23 kg	\$49.2
Batería de iones de litio – Jungla (Dolidada, 2021).	48 V	30 Ah	1.9 kg	\$62.97
LiFePO4 Power EB – 4830 (Golden Motor Technology Co., 2021).	48 V	30 Ah	16 kg	\$880

Tabla 16: Comparativa de baterías eléctricas.

Ahora, se hace una comparativa de las mismas baterías eléctricas con el voltaje requerido por el motor, en este caso, las baterías son conectadas en serie o en paralelo para poder alcanzar el voltaje máximo establecido para el motor de 48 voltios y un amperaje mínimo de 125 Ah, por lo cual, cada batería es multiplicada por el numero restante que falta para completar dicho voltaje requerido o amperaje, como se muestra en la tabla.

Comparativa de baterías eléctricas con el requerimiento del voltaje del motor					
Nombre	Conexión	Voltaje	Capacidad	Peso	Precio (dólares)
Lithium cell	Serie	3.2 x 15 = 48 V	180 Ah	48 kg	\$2640
CATL	Serie	3.2 x 15 = 48 V	125 Ah	33.45 kg	\$738
Batería de iones de litio – Jungla	Paralelo	48 V	30 x 5 = 150 Ah	9.5 kg	\$314.85
LiFePO4 Power EB – 4830	Paralelo	48 V	30 x 5 = 150 Ah	80 kg	\$4400

Tabla 17: Comparativa de baterías eléctricas con el requerimiento del voltaje del motor.

4.2.2.4.2 Selección de la batería eléctrica para el go-kart

De la anterior tabla, se puede apreciar los diferentes modelos de baterías eléctricas proporcionados por tiendas virtuales. Se escogieron cuatro baterías el cual suministran información acerca de los voltajes, amperajes, peso y precio de cada una. Se seleccionó la Batería de iones de litio – Jungla, el cual tiene buenas especificaciones y una autonomía respecto a la capacidad, en tanto al peso es extremadamente bueno, y en la parte económica es de menor precio.

4.2.2.4.3 Especificaciones de la batería seleccionada

Batería de iones de litio de 48 V, 30 Ah, 1000 W, 13S3P. (Dolidada, 2021).

- Alta capacidad 48V 30000 mAh 1000 W 13S3P.
- Marca de la batería: KEDANONE
- Voltaje de celda única: 3,7 V
- Voltaje Nominal: 48V. Voltaje de entrada: 48V. Voltaje de salida: 48V.
- Embalaje exterior: PVC azul



Imagen 24: Batería de iones de litio de 48v, 30Ah. Fuente: (Dolidada, 2021).

4.2.2.4.4 Ficha de datos de la batería

En la siguiente tabla se muestra las especificaciones de la batería.

Altura (mm):	66
Anchura (mm):	60
Longitud (mm):	238
Peso (kg):	1.9
Voltaje (V):	48
Corriente MAX (A):	40
Capacidad (Ah):	30

Tabla 18: Especificaciones de la batería. Fuente: (Dolidada, 2021).

4.2.2.5 BMS (Battery Management System)

El BMS es un elemento electrónico que usan las baterías de litio para evitar accidentes procedentes del comportamiento del litio en sus fases de carga y descarga. Este elemento de seguridad evita chispazos, explosiones, incendios, emisiones de gases tóxicos entre otros, por lo cual, este módulo prolonga la vida útil de las baterías. (Sol, 2021).

4.2.2.5.1 BMS Seleccionado

DALY BMS 14S 48 V 100 A Li-ion batería protección, de la Marca: (Dongguan Daly Electronics Co., Ltd.). Proporciona el voltaje esperado con la cantidad de amperes superiores que protegen las baterías de litios, con un precio de \$55 USD (2021). A continuación, se muestra la siguiente ficha técnica del módulo. (DALY, 2021).

Ficha de datos del Módulo BMS	
Parámetros	
Corriente de carga de la batería	66 A
Corriente de descarga de la batería	300 A.
Tensión de carga de la batería	4.25 V.
Tensión de descarga de la batería	2.7 V.
Corriente de carga continua	50 A.
Voltaje de equilibrio	4,2 V.



Imagen 25: Módulo BMS DALY. Fuente: (DALY, 2021).

Tabla 19: Ficha de datos del Módulo BMS. Fuente: (DALY, 2021).

4.2.3 Componentes y equipos seleccionados en el go-kart

A continuación, se muestra el chasis de la marca Tony Kart hecho en el programa SolidWorks que fue escogido anteriormente, por lo tanto, se añaden los componentes y equipos seleccionados anteriormente y colocados en el chasis.

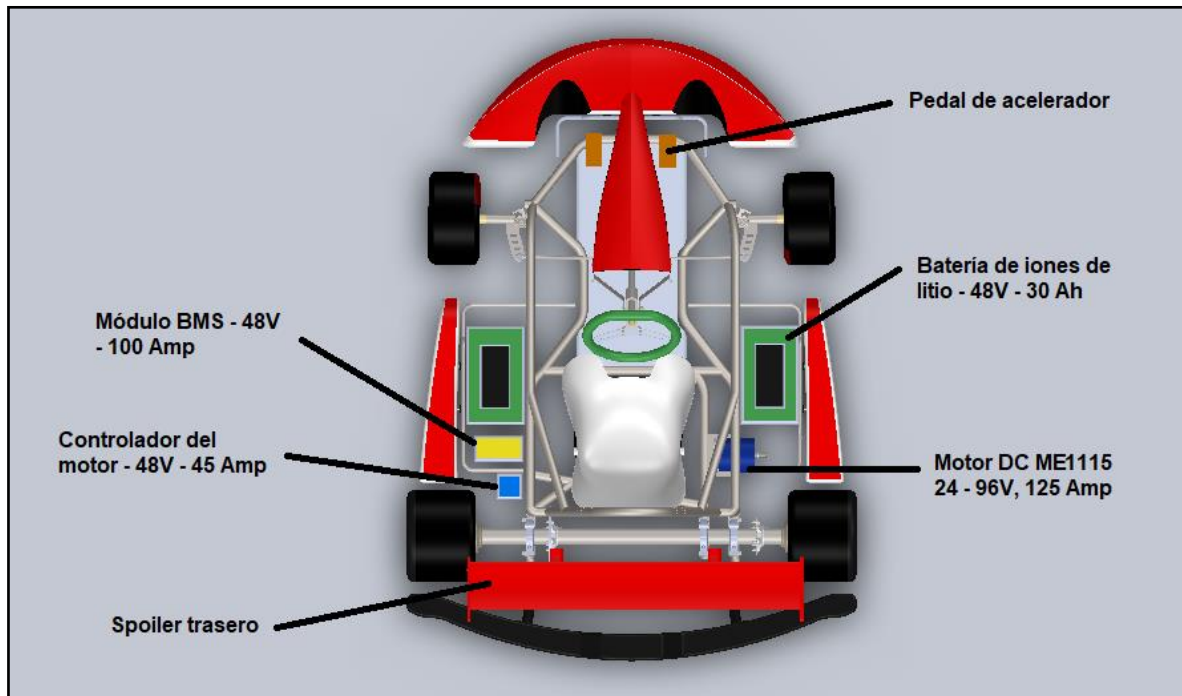


Imagen 26: Componentes y equipos seleccionados. Fuente: (Elaboración propia). Importado. Fuente: (ALVAREZ, 2014).

4.2.4 Análisis de la eficiencia del go-kart eléctrico

En este apartado se muestra el proceso de análisis del go-kart eléctrico, en donde se demuestra la potencia del motor y la autonomía del automóvil, por lo tanto, en la presente tabla se muestra las especificaciones del peso del go-kart.

Elementos	Peso (kg)
Chasis y componentes	81.72
Jaula antivuelco	4.16
Cables y elementos externos	6.40373
Conductor	60
Motor	15.8757
Baterías	9.5
Módulo BMS	0.503
Pedal de acelerador	1.58757
Controlador del motor	0.25
Total	180

Tabla 20: Tabla de pesos de elementos del go-kart.

Partiendo de la tabla de pesos de los elementos del go-kart, se busca las propiedades de los elementos eléctricos en la siguiente tabla.

Elementos	Voltaje	Amperios
Motor	48 V	125 A
Baterías	48 V	150 Ah
Módulo BMS	48 V	100 A
Controlador del motor	48 V	45 A
Pedal de acelerador	5 V	

Tabla 21: Tabla de propiedades eléctricas de los elementos.

4.2.5 Cálculos de la autonomía de la batería del go-kart

Para hallar la autonomía de la batería del automóvil se aplican las siguientes ecuaciones:

$$(\text{Voltaje de la Batería})(\text{Corriente de la Batería}) = \text{Potencia de la Batería}$$

$$(48 \text{ V})(150 \text{ Ah}) = 7200 \text{ W}$$

$$(\text{Voltaje de la Batería})(\text{Corriente del Circuito}) = \text{Potencia Consumida de la Batería}$$

$$(48 \text{ V})(270 \text{ A}) = 12960 \text{ W}$$

Donde, los 270 Amperios es la suma de los elementos eléctricos como: el motor, el módulo BMS y el controlador.

Por lo tanto, la duración de la batería es dada por la siguiente ecuación:

$$(\text{Potencia de la Batería}) / (\text{Potencia Consumida de la Batería}) = \text{Duración de la Batería}$$

$$(7200 \text{ W}) / (12960 \text{ W}) = 0.55 \text{ Horas} = 33 \text{ minutos}$$

4.2.5.1 Análisis de la autonomía del go-kart

La duración de una carrera de karting varía del circuito y la competición, normalmente se corre por tiempos, que son de 10 a 15 minutos aproximadamente. (RACING V. , 2021). De los anteriores cálculos de la batería para el go kart, se obtuvo que el automóvil con el sistema eléctrico y sus 5 baterías tiene una duración de 33 minutos, lo que hace al go-kart eficiente para una carrera de competición de karting.

4.3 Diseño del chasis del go-kart con jaula antivuelco

Teniendo en cuenta el chasis seleccionado anteriormente, el cual es el chasis de la marca Tony Kart, construido con el Acero SAE-AISI 4130, el cromo y el molibdeno, el cual es una aleación y de buenas propiedades mecánicas. Posteriormente se hará el diseño del vehículo con las especificaciones del fabricante, y sumado la estructura de jaula antivuelco ya diseñada y analizada estáticamente con parámetros establecidos anteriormente.

El diseño del chasis y la jaula antivuelco se hicieron por medio del programa SolidWorks 2020, el cual fue destinado para este proyecto, en las siguientes imágenes se muestra el chasis y la jaula antivuelco ya incrustada.

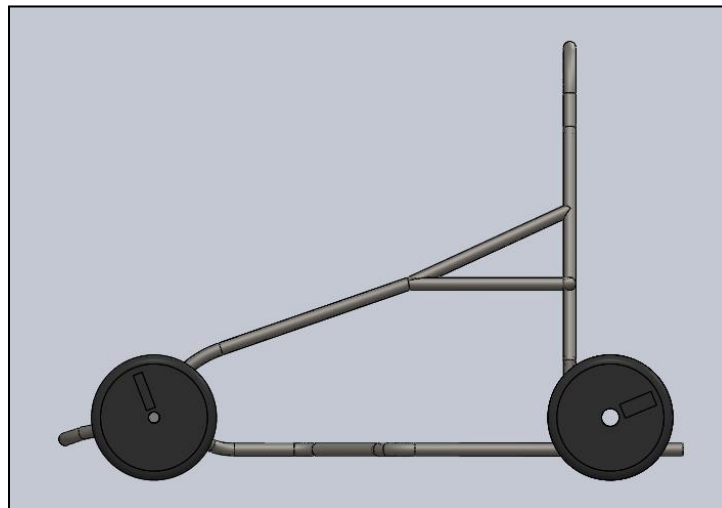


Imagen 27: Diseño del chasis con jaula antivuelco incrustada. Fuente: (Elaboración propia).

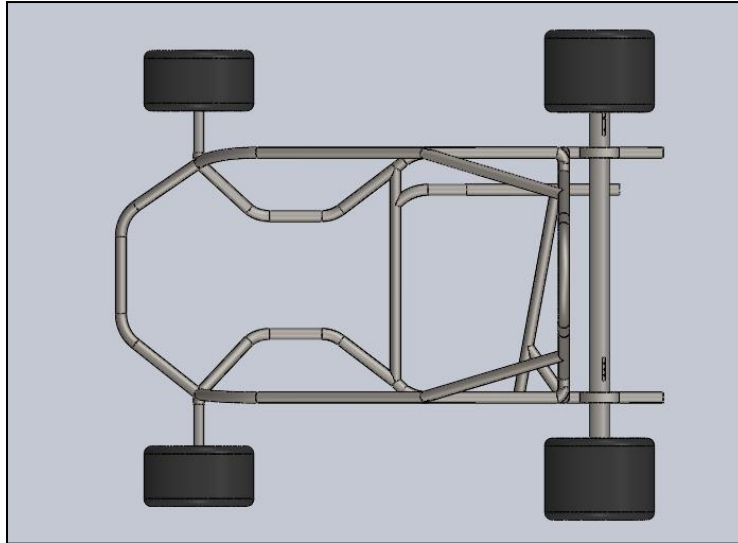


Imagen 28: Diseño del chasis con jaula antivuelco incrustada. Fuente: (Elaboración propia).

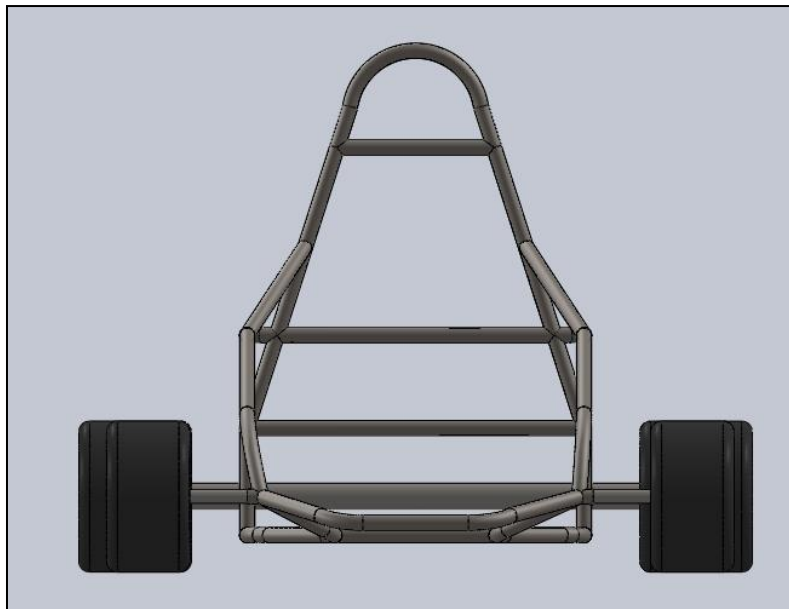


Imagen 29: Diseño del chasis con jaula antivuelco incrustada. Fuente: (Elaboración propia).

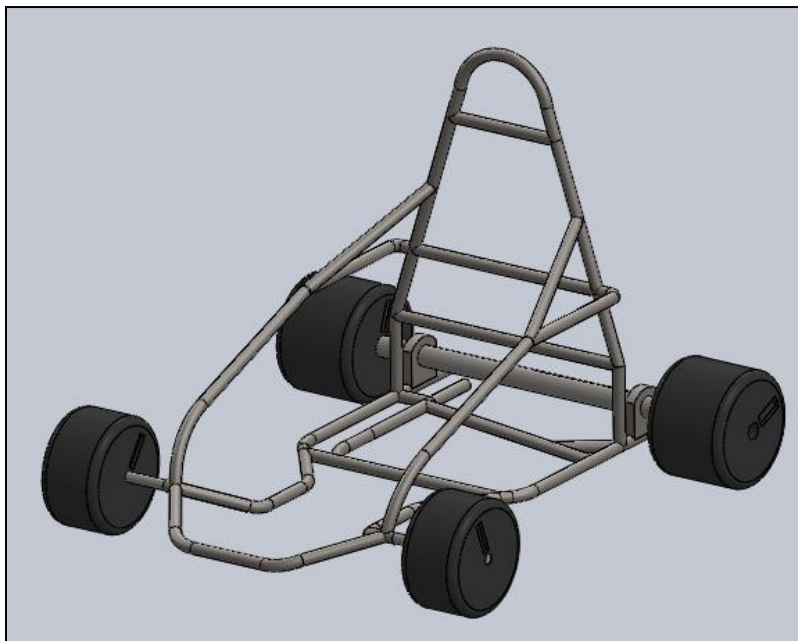


Imagen 30: Diseño del chasis con jaula antivuelco incrustada. Fuente: (Elaboración propia).

4.4 Análisis de simulación dinámica para el chasis y la estructura antivuelco seleccionada

4.4.3 Análisis Dinámico

El análisis dinámico es una rama de la mecánica que se centra en las fuerzas y su relación principalmente con el movimiento de los cuerpos y equilibrio. Es una forma de estudiar la relación entre las fuerzas que actúan sobre un cuerpo determinado.

En este caso, se procede hacer un análisis dinámico, en donde se coloca el automóvil en un piso de prueba. El cual contiene una rampa, este con el objetivo de voltear el vehículo haciendo caer de cabeza, por lo tanto, el impacto lo recibirá la jaula antivuelco, este impacto se puede medir por medio de una fuerza aplicada, el cual se analizará posteriormente para mirar la resistencia del material de la jaula antivuelco, todo este análisis se plantea con una velocidad de 100 km/h, el cual será la velocidad límite del go-kart planteada para este proyecto.

4.4.4 Elementos del proceso de análisis de movimiento

En este apartado se muestran las características de los elementos para el proceso de análisis de movimiento.

4.4.4.1 Pista de prueba para el go-kart con jaula antivuelco

La pista está construida de un largo de 61,92 metros de largo con 15,50 metros de ancho, tiene un pequeño peralte de 1,5 metros de alto para que el vehículo pueda subirse y voltearse respectivamente, como se muestra en las siguientes imágenes.

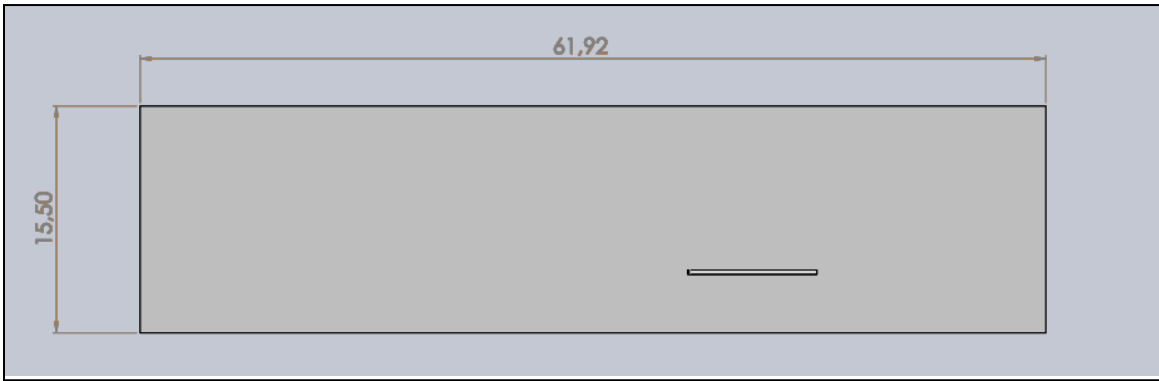


Imagen 31: Pista de prueba para el go-kart. Fuente: (Elaboración propia).

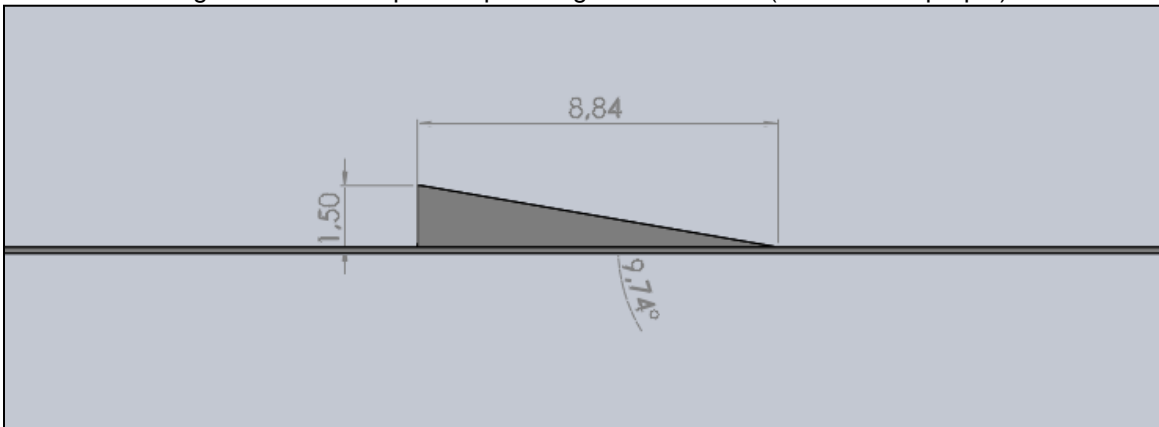


Imagen 32: Pista de prueba para el go-kart. Fuente: (Elaboración propia).

4.4.4.2 Vehículo propuesto para la prueba de análisis de movimiento

A continuación, se muestra el go-kart con la jaula antivuelco respectivamente, con medidas de un largo de 1,39 m, ancho de 1,25 metros y un alto de 0.8963 metros.

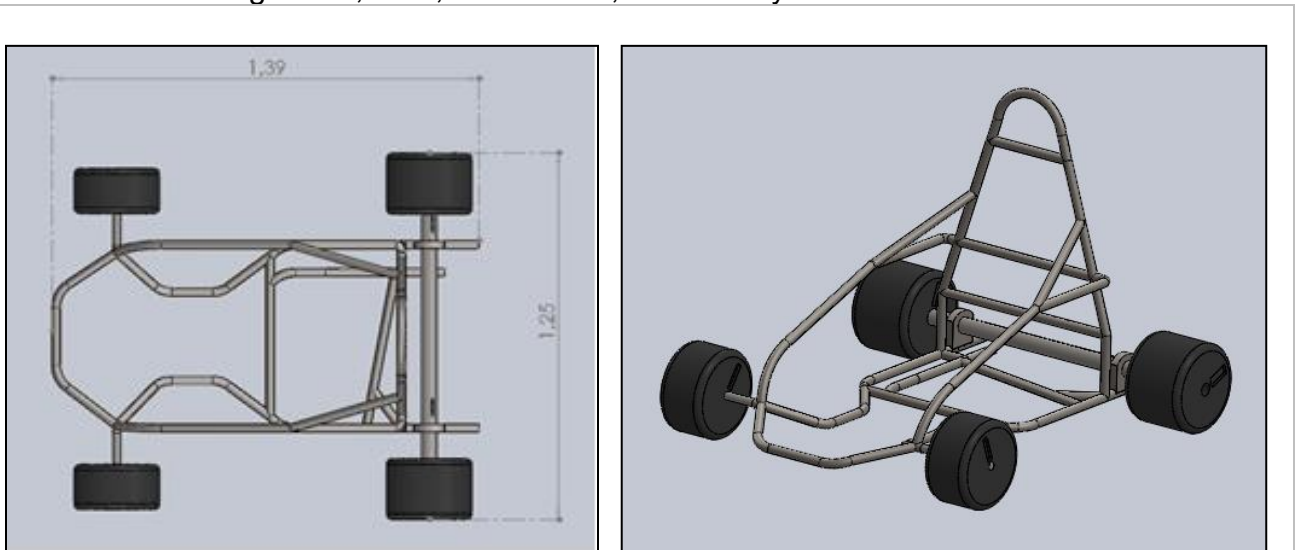


Imagen 33: Go-kart con jaula antivuelco. Fuente: (Elaboración propia).

4.4.5 Análisis de movimiento en SolidWorks

Se procede hacer los diferentes ajustes al programa, en donde se colocan las especificaciones de la gravedad, coeficientes de fricción, velocidad, entre otros.

- Ajuste de propiedades de estudio del movimiento:
Resolución de contacto = 30
Precisión = 0.1000000000
- Parámetros de Gravedad
Gravedad = 9.80665 m/s^2
- Ajustes de contactos de elementos:
Tipo de contactos = Todos los elementos del chasis y el piso de prueba

Fricción Dinámica del neumático (caucho) con el piso (concreto) = 0.8
Fricción Estática del neumático (caucho) con el piso (concreto) = 1
- Velocidad del automóvil:
Chasis respecto al piso = 27.7 m/s (100 km/h)

4.4.5.1 Recorrido del go-kart por la pista de prueba

Con los ajustes establecidos anteriormente, se procede a ejecutar el análisis de movimiento, como se muestra en los siguientes pasos:

- Se coloca el vehículo en posición, frente a la rampa, en donde las llantas izquierdas subirán por inclinación respectivamente como se muestra en la imagen 34.

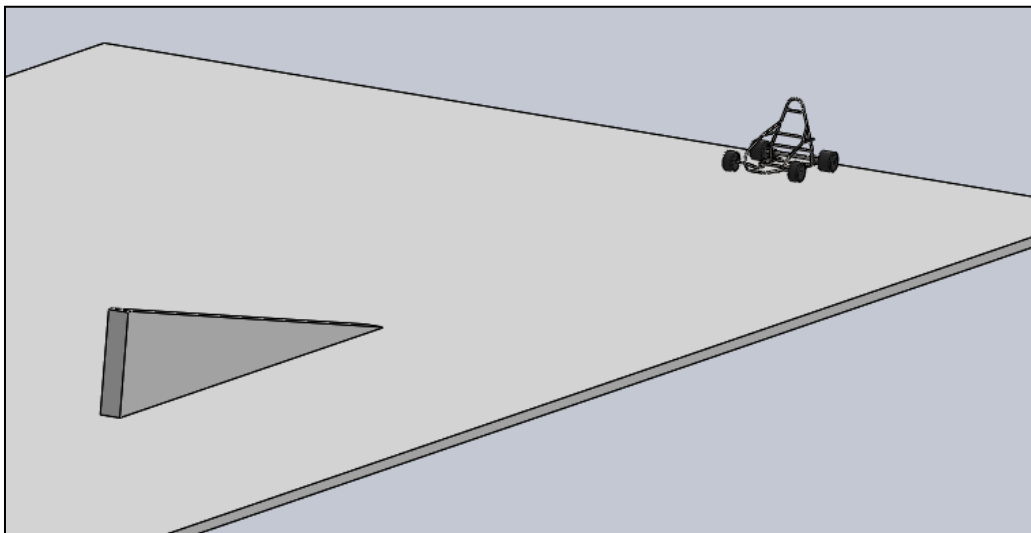


Imagen 34: Posición establecida del go-kart en el piso de prueba. Fuente: (Elaboración propia).

- Se procede a ejecutar el análisis, por lo cual, el vehículo recorre piso, y sube respectivamente por la rampa, como se muestra en la imagen 35.

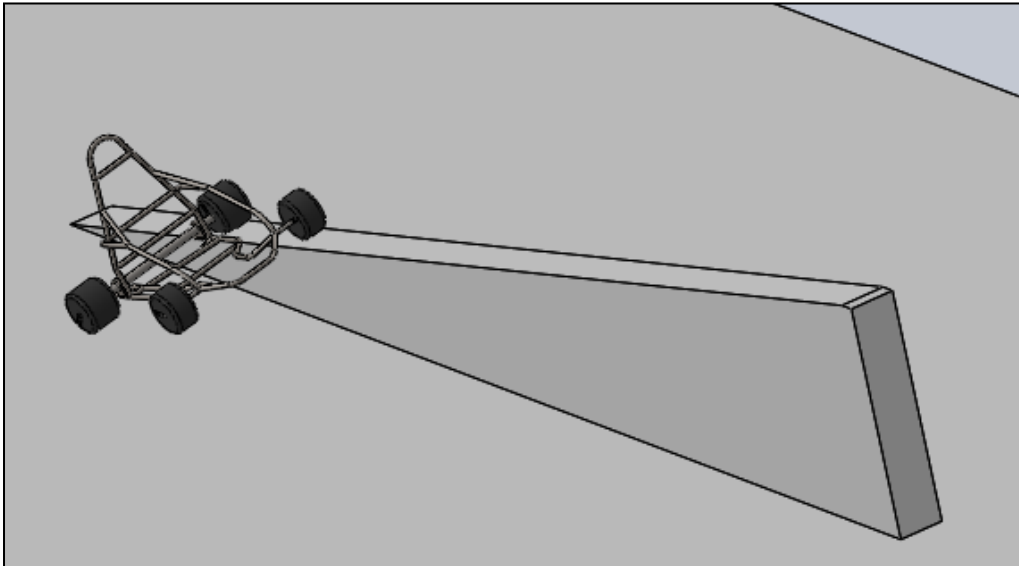


Imagen 35. Vehículo subiendo por la rampa. Fuente: (Elaboración propia)

- El vehículo se voltea completamente, cumpliendo el objetivo de la rampa, como se muestra en la imagen 36.

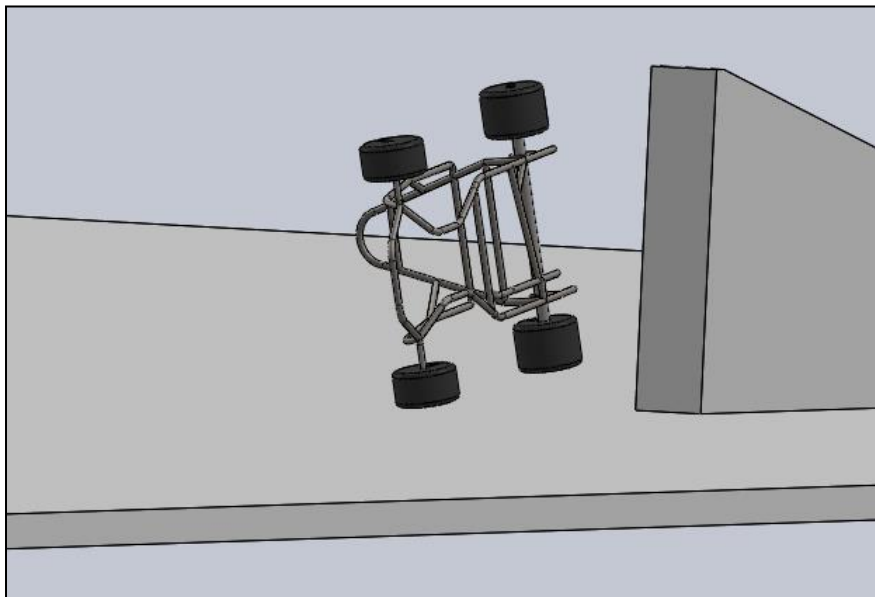


Imagen 36: Vehículo girando por medio de la rampa. Fuente: (Elaboración propia).

- El vehículo golpea con la llanta delantera derecha el piso, provocando así otra posición del go-kart, como se muestra en la imagen 37.

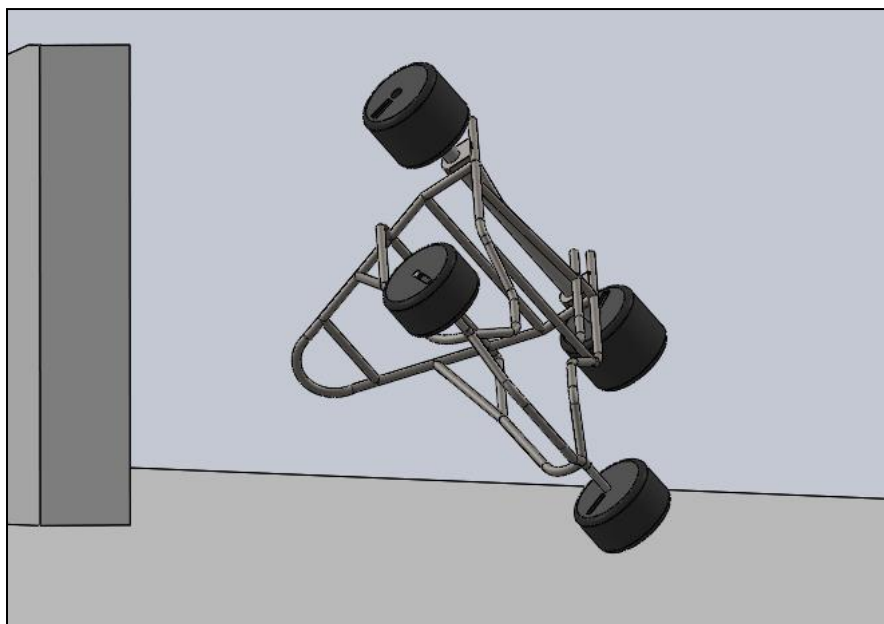


Imagen 37: Vehículo golpea el piso con la llanta delantera derecha. Fuente: (Elaboración propia).

- La jaula antivuelco golpea el suelo de concreto a una velocidad de 100 km/h, como se muestra en la imagen 38.

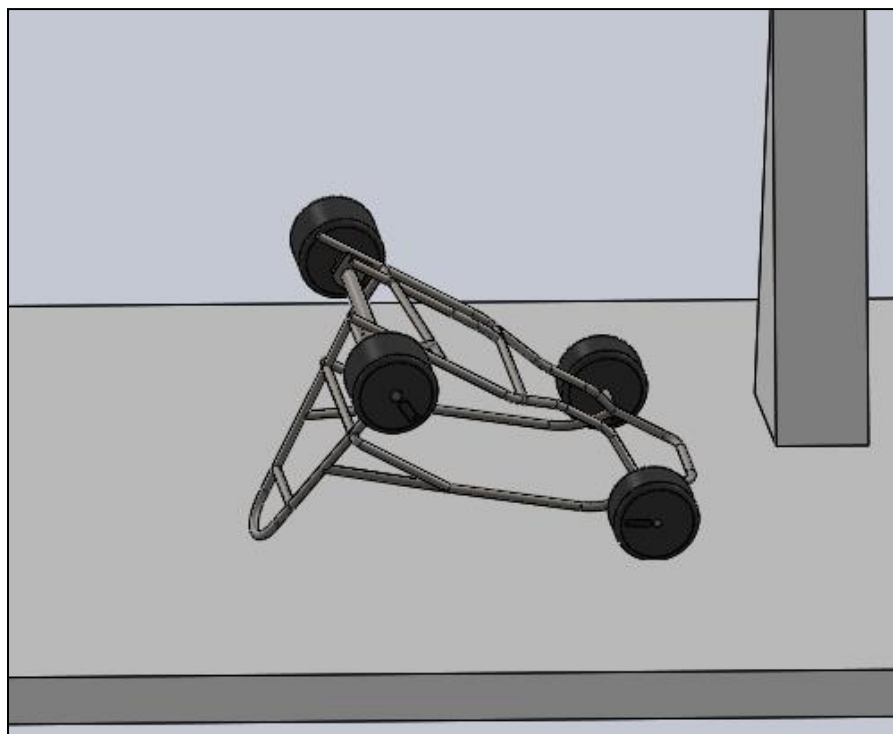


Imagen 38: Jaula antivuelco golpeado el piso de concreto. Fuente: (Elaboración propia).

- Finalmente, el vehículo finaliza su actuación cayendo sobre la jaula antivuelco, como se muestra en la imagen 39.

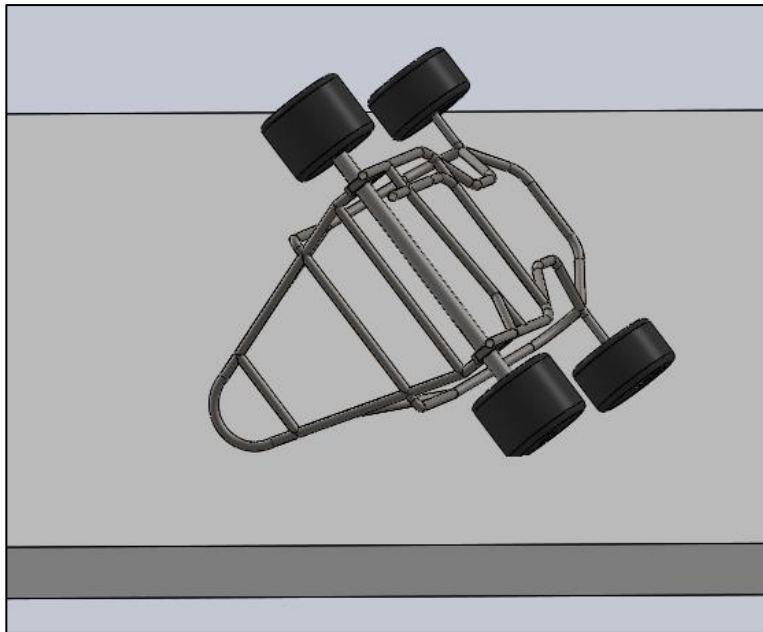


Imagen 39: Vehículo cayendo sobre la jaula antivuelco. Fuente: (Elaboración propia).

4.4.6 Análisis de datos registrados por medio de la simulación dinámica del programa

Partiendo de la anterior simulación, se obtienen los datos por medio de graficas de fuerza respecto al tiempo, en este caso, se busca la fuerza de reacción en varias magnitudes, en tres tipos de relaciones de posición que registra el programa respecto al chasis, las cuales son los puntos de agarre de la jaula antivuelco con el chasis y las suspensiones, en las siguientes imágenes 40,41 y 42, se muestra los puntos al hacer analizados.

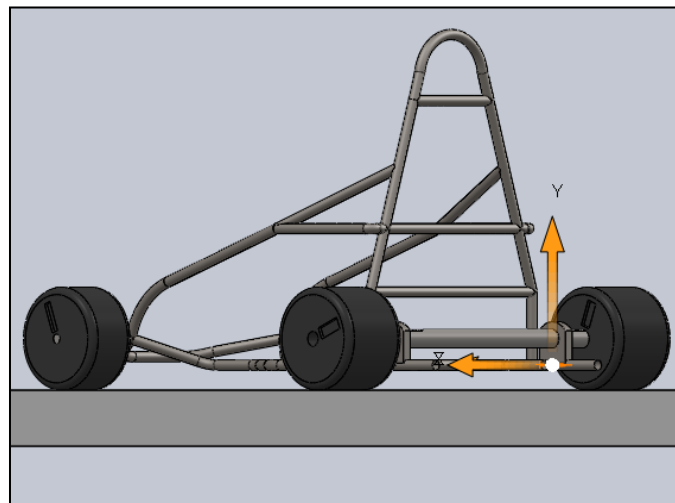


Imagen 40: Primer punto de análisis de fuerza de reacción. Fuente: (Elaboración propia).

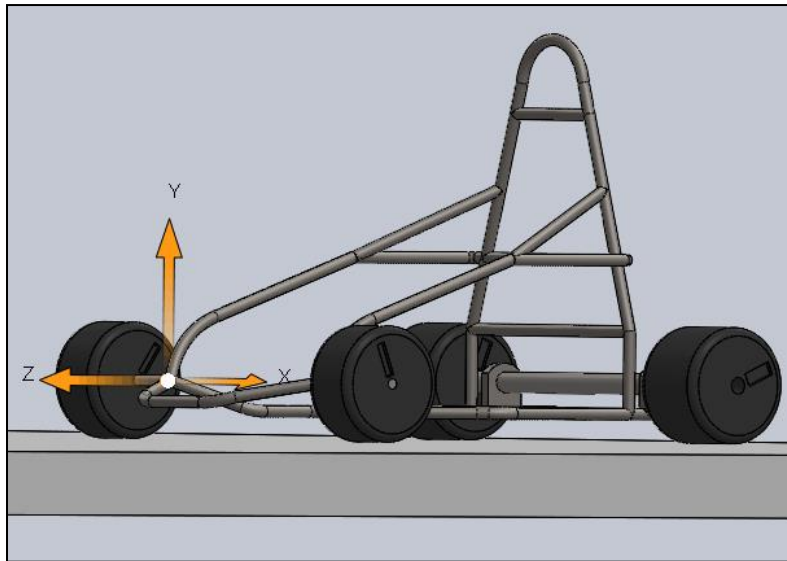


Imagen 41. Segundo punto de análisis de fuerza de reacción. Fuente: (Elaboración propia).

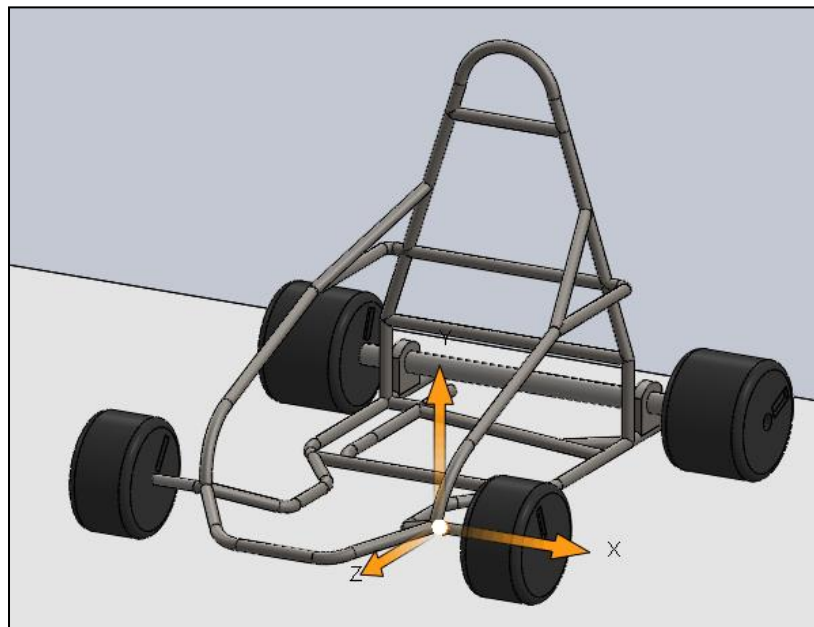


Imagen 42. Tercer punto de análisis de fuerza de reacción. Fuente: (Elaboración propia).

Teniendo los tres puntos localizados, se procede a crear las tres gráficas respectivamente, esto es necesario para poder hallar la fuerza máxima registrada en la gráfica por la jaula antivuelco, esa fuerza máxima es el impacto del material (Acero SAE-AISI 4130) contra el piso (concreto), la cual será comparada con la fuerza soportada por el material teóricamente.

4.4.6.1 Gráfica del primer punto de análisis seleccionado

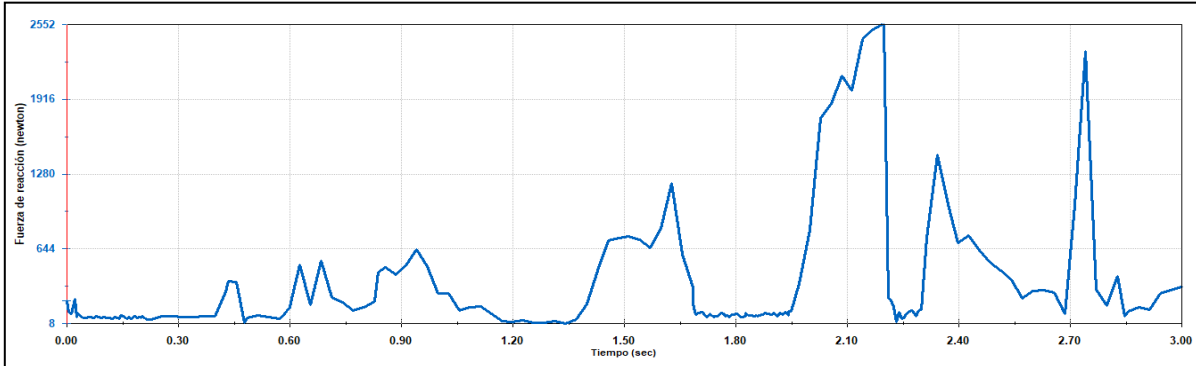


Imagen 43. Gráfica del primer punto de análisis seleccionado. Fuente: (Elaboración propia).

Se tiene la siguiente gráfica de fuerza de reacción respecto al tiempo, en donde se muestran varios impactos del vehículo con el piso. Según la simulación el impacto mayor registrada en la gráfica es la de la jaula antivuelco golpeando el piso, como se muestra en la imagen 43.

De la anterior gráfica, se muestra dos picos de fuerza de reacción con un máximo de 2552 y 2340 Newton recibidos por el arco de la jaula antivuelco, ya que el vehículo cayó finalizando a boca abajo deslizándose por el piso hasta detenerse completamente según la simulación.

4.4.6.2 Gráfica del segundo punto de análisis seleccionado

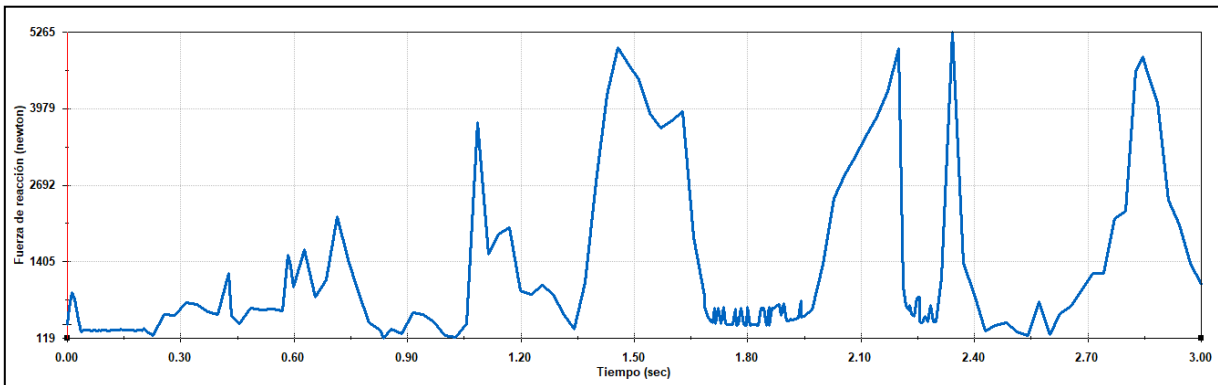


Imagen 44. Gráfica del segundo punto de análisis seleccionado. Fuente: (Elaboración propia).

En esta gráfica de fuerza de reacción respecto al tiempo, se muestran varios impactos del vehículo con el piso. Según la simulación el impacto mayor registrada en la gráfica es la de la jaula antivuelco golpeando el piso, como se muestra en la imagen 44.

De la anterior gráfica, se registran varios picos altos de fuerza de reacción, el primer pico registrado en la gráfica con un valor de 3790 Newton equivale al primer impacto del vehículo, el cual fue con la llanta delantera izquierda contra el piso a una velocidad aproximada de 27,7 m/s (100 km/h), por lo tanto, teniendo el segundo

punto de análisis tan cerca, es clave para asumir el impacto en la suspensión delantera izquierda. El segundo pico más alto en la gráfica con una fuerza de reacción de 5040 Newton fue registrado en la llanta delantera derecha, ya que el vehículo impacta por segunda vez contra el piso según la simulación. El tercer pico registrado con un valor de 5000 Newton, posteriormente del cuarto pico con un valor de 5265 Newton y el quinto ultimo pico con una fuerza de reacción de 4864 Newton fueron aplicados al arco de la jaula antivuelco cuando la estructura terminó de caer al piso y detenerse deslizando por varios metros.

4.4.6.3 Gráfica del tercer punto de análisis seleccionado

En esta gráfica de fuerza de reacción respecto al tiempo, se muestran varios impactos del vehículo con el piso. Según la simulación el impacto mayor registrada en la gráfica es la de la jaula antivuelco golpeando el piso y deslizando por el piso de prueba, como se muestra en la imagen 45.

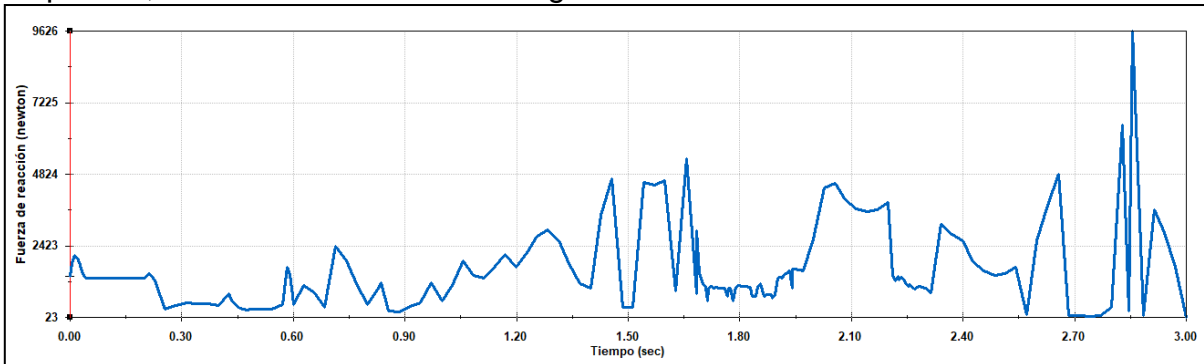


Imagen 45. Gráfica del tercer punto de análisis seleccionado. Fuente: (Elaboración propia).

De la anterior gráfica, se registran varios picos altos de fuerza de reacción, los primeros picos registrados en la gráfica son de valores de 4476, 4750, 4856 y 5405 Newton, los cuales equivalen a los primeros impactos del vehículo con las llantas delanteras y finalmente impactando con el arco de la jaula antivuelco con una fuerza de reacción de 9626 Newton.

4.4.7 Cálculos de fuerza soportada por la jaula antivuelco del go-kart

Para hallar la fuerza de choque que resiste el acero de la jaula antivuelco, se necesita encontrar el área de la sección transversal de tubo de acero de cuya jaula antivuelco.

por lo tanto, se desea hallar el área:

Donde:

El círculo exterior = 28 mm

El círculo interior = 26 mm

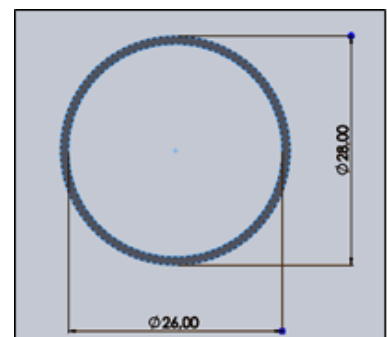


Imagen 46: Área del tubo de acero. Fuente: (Elaboración propia).

Entonces, se halla el área del círculo exterior e interior respectivamente, y después se resta el área del círculo interior con el área del círculo exterior para poder hallar el área de la cara del tubo de acero de la jaula antivuelco.

$$\begin{aligned} \text{Área del círculo exterior} &= (\pi)(\text{Radio})^2 \\ &= (\pi)(14)^2 = 615,7521601 \text{ mm}^2 \\ \text{Área del círculo interior} &= (\pi)(\text{Radio})^2 \\ &= (\pi)(13)^2 = 530,9291585 \text{ mm}^2 \\ \text{Área total} &= \text{área exterior} - \text{área interior} \\ &= (615,7521601) - (530,9291585) \\ &= 84.8230016 \text{ mm}^2 = 0.0848230016 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Ahora, para hallar la fuerza soportada por el tubo de acero de la jaula antivuelco, se implementa la ecuación de esfuerzo el cual es la razón de una fuerza aplicada entre el área sobre la que actúa y viene dada por:

$$\text{Esfuerzo del material} = (\text{Fuerza}) / (\text{Área})$$

Teniendo en cuenta lo anterior, se despeja la fuerza que es capaz de soportar el material. Se tiene el esfuerzo del material y el área calculada anteriormente, se procede a hallar la fuerza soportada por el tubo de acero SAE 4130:

$$\begin{aligned} \text{Fuerza soportada} &= (\text{Esfuerzo del material}) (\text{Área}) \\ &= (460 \text{ MPa})(0.0848230016 \text{ m}^2) \\ &= 39018 \text{ kN} \end{aligned}$$

Se tiene que la fuerza que es capaz de soportar por tubo de acero de la jaula antivuelco del go-kart es de 39018 KN, esta fuerza debe ser comparada con la fuerza pico registrada en la gráfica de análisis dinámico.

4.4.8 Comparaciones de fuerzas de reacción de la simulación respecto a la fuerza límite soportada por el material (Acero SAE-AISI 4130)

La fuerza de reacción es aquella fuerza aplicada por el impacto del automóvil contra el piso, la cual es medida de Newton. La fuerza límite soportada por el material es aquella fuerza que aguanta el material (acero) hasta pasar el límite elástico. Por lo tanto, al tener ya la fuerza límite del material, que fue calculada anteriormente, y teniendo las fuerzas máximas de las anteriores gráficas, se hace la siguiente tabla de comparaciones.

Comparaciones de Fuerzas		
Fuerza de reacción de la gráfica		Fuerza límite Acero SAE AISI 4130
Punto 1	2552 N (2.552 kN)	39018 x 10 ³ N (39018 kN)
Punto 2	5265 N (5.265 kN)	
Punto 3	9626 N (9.626 kN)	

Tabla 22: Comparaciones de Fuerzas.

Partiendo de la tabla anterior de comparaciones de fuerzas, se puede analizar que las fuerzas aplicadas por el impacto mayor a la jaula antivuelco y posteriormente a la estructura según el cálculo de factor de seguridad que es igual:

$$\text{Factor de Seguridad} = (\text{Carga que soporta el material}) / (\text{Carga de impacto}) \\ = (39018 \text{ kN}) / (9626 \text{ kN}) = 40.0533$$

Por lo tanto, el factor de seguridad es de cuatro veces, por lo cual, la jaula antivuelco puede soportar un impacto satisfactoriamente a una velocidad de 27,7 m/s (100 km/h), la jaula antivuelco puede proteger al piloto de un accidente el cual provoque un volcamiento del vehículo.

4.5 Elementos añadidos al go-kart eléctrico

4.5.1 Sistema de transmisión

El sistema de transmisión es por cadena, el cual es el más utilizado para transmitir potencia para este tipo de autos. Ya que el motor va en un costado del auto al lado derecho del asiento por lo general.

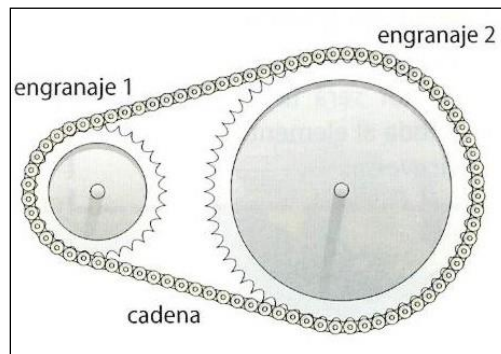


Imagen 47: Sistema de transmisión por cadena. Fuente: (JARA, 2021).

4.5.2 Sistema de dirección y componentes

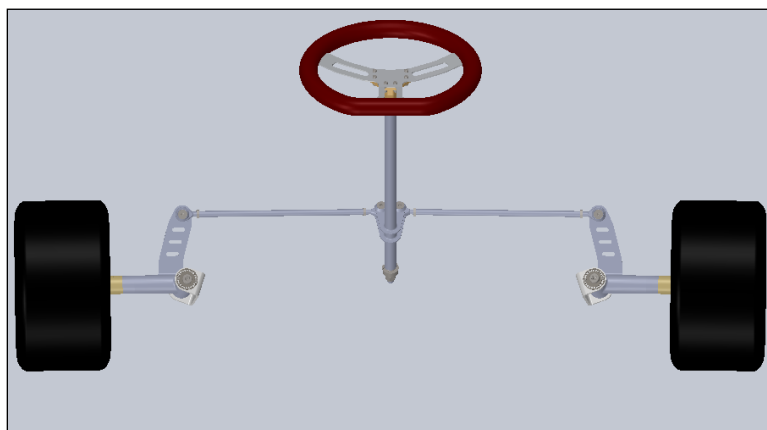


Imagen 48: Sistema de dirección del go-kart (SolidWorks 2014). fuente: (ALVAREZ, 2014).

4.5.2.1 Volante

El volante o cabrilla es un elemento particular de un auto que permite manipular la dirección que va a tomar el vehículo. Su posición es perpendicular al lado opuesto del piloto.

Hay diferentes tamaños que dependen de la maniobrabilidad del conductor, teniendo en cuenta que es la parte fundamental en el manejo de la dirección de un Kart. (RACING D. , 2015).



Imagen 49: Volante del Go-kart. Fuente: (RACING D. , 2015).

4.5.2.2 Columna de dirección

La columna de dirección es de acero al carbono SAE 1045, o aceros SAE 4340 o de cementación SAE 3115. Aleaciones como el cromo, el níquel y molibdeno. Son materiales de alta resistencia, por lo tanto, la columna de dirección es fuerte para los movimientos bruscos del conductor. (RACING D. , 2015).



Imagen 50: Columna de dirección del Go-kart. Fuente: (RACING D. , 2015).

4.5.2.3 Varillas de dirección

Las varillas de dirección van conectadas a la columna de dirección mediante un elemento separador dando así movimiento a las llantas delanteras. Modificando su longitud puede cambiar el ángulo para cerrar o abrir estas llantas delanteras.

Cuando se forma un ángulo agudo, las llantas se cierran hacia adelante y existe convergencia, y si las llantas se abren, por lo tanto, se llama divergencia. (RACING D. , 2015).



Imagen 51: Varilla de dirección del Go-kart. Fuente: (RACING D. , 2015).

4.5.2.4 Manguetas

Las manguetas de las llantas encajan en los soportes y de allí a las varillas de dirección, junto a ellas se conectan las llantas delanteras.

En las manguetas, se colocan una serie de separadores que sirven para ajustar la amplitud de la posición de las llantas delanteras, el cual se complementa con anillos de seguridad que evitan que la columna de dirección se salga del soporte de dirección en el caso de algún fallo. (RACING D. , 2015).



Imagen 52: Manguetas del Go-kart. Fuente: (RACING D. , 2015).

4.5.3 Ruedas

La rueda o más conocida como llanta, goma u otro nombre, sirve para el movimiento del vehículo y también para la dirección de este mismo. Las llantas de los go-karts son pequeñas, y portan neumático. Dependiendo la pista se puede usar llantas de texturas blandas, duras o especiales para lluvia. Su tamaño ya está definido por el reglamento técnico. Entre los principales distribuidores de neumáticos se tiene: Bridgestone, MGtires, entre otro. Los rines están hechos de aleaciones de magnesio o aluminio y son específicamente para go-karts.



Imagen 53: Ruedas del Go-kart. Marca: MGtires. Fuente: (MGtires, 2021).

4.5.4 Alerón trasero

El go-kart tendrá un alerón (Spoiler) pequeño en la parte superior trasera, esto para reducir el deslizamiento de las ruedas traseras en el momento en el que el vehículo arranca o se desplaza por las curvas disminuya el derrape debido al torque que proporciona el motor eléctrico.

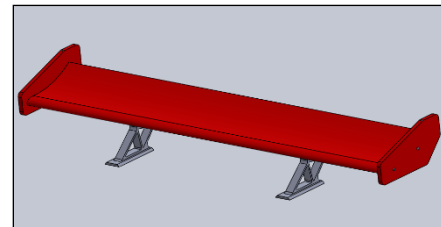


Imagen 54: Alerón trasero del Go-kart. Fuente: (PABBA, 2018).

4.6 Diseño final del go-kart eléctrico con jaula antivuelco

A continuación, se muestran las imágenes del go-kart diseñado en el software (SolidWorks 2021), con todos sus elementos como: jaula antivuelco, motor eléctrico, baterías, controladores, pedal y spoiler trasero.

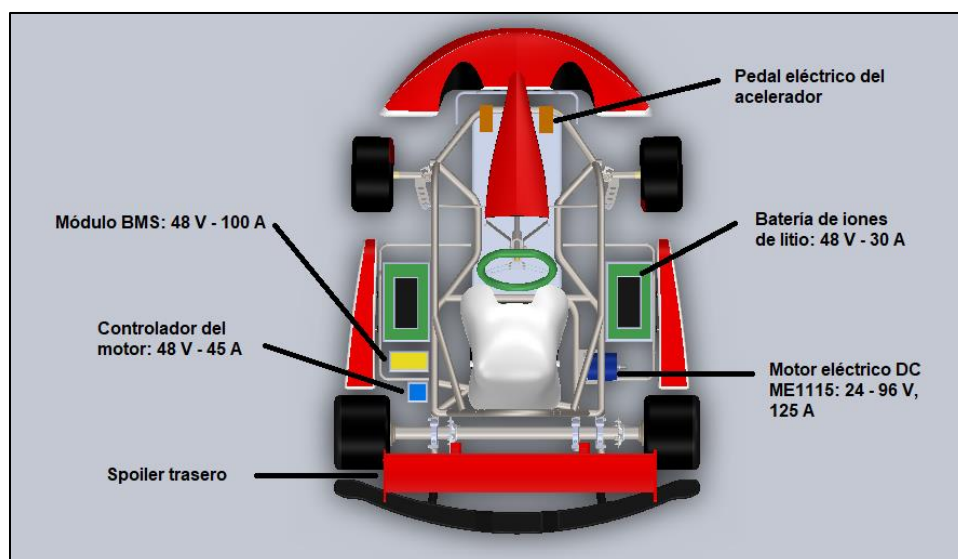


Imagen 55: Diseño del go-kart con sus elementos. Fuente: (Elaboración propia). Importado. Fuente: (ALVAREZ, 2014).

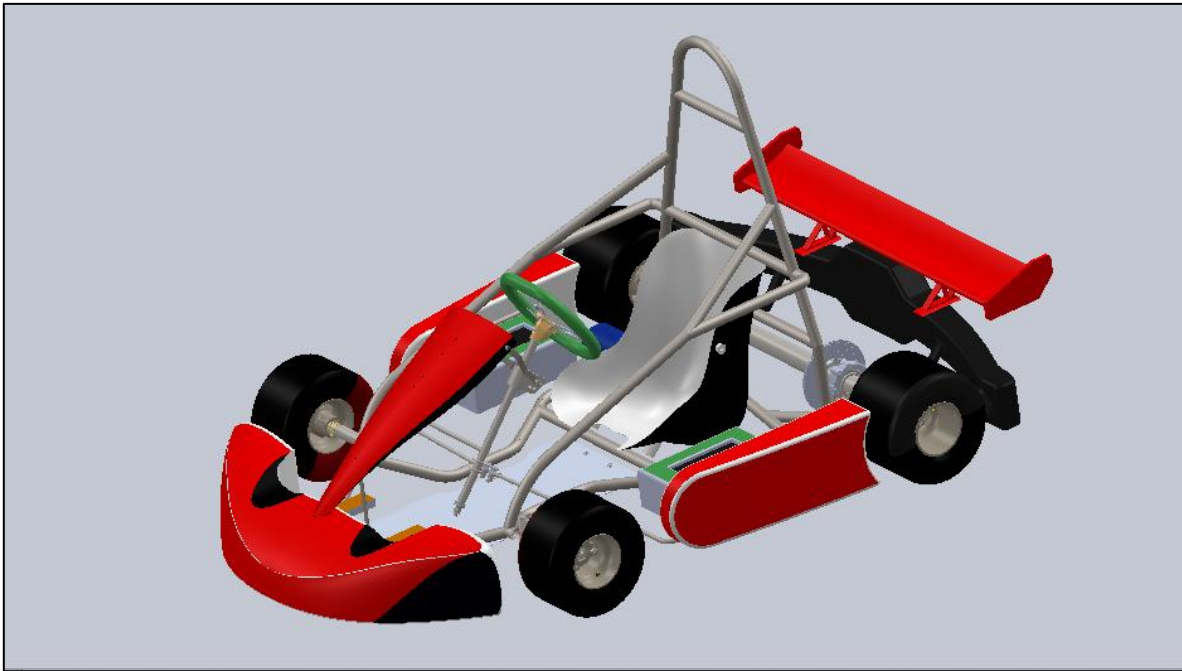


Imagen 56: Diseño del go-kart con sus elementos. Fuente: (Elaboración propia). Importado.
Fuente: (ALVAREZ, 2014).

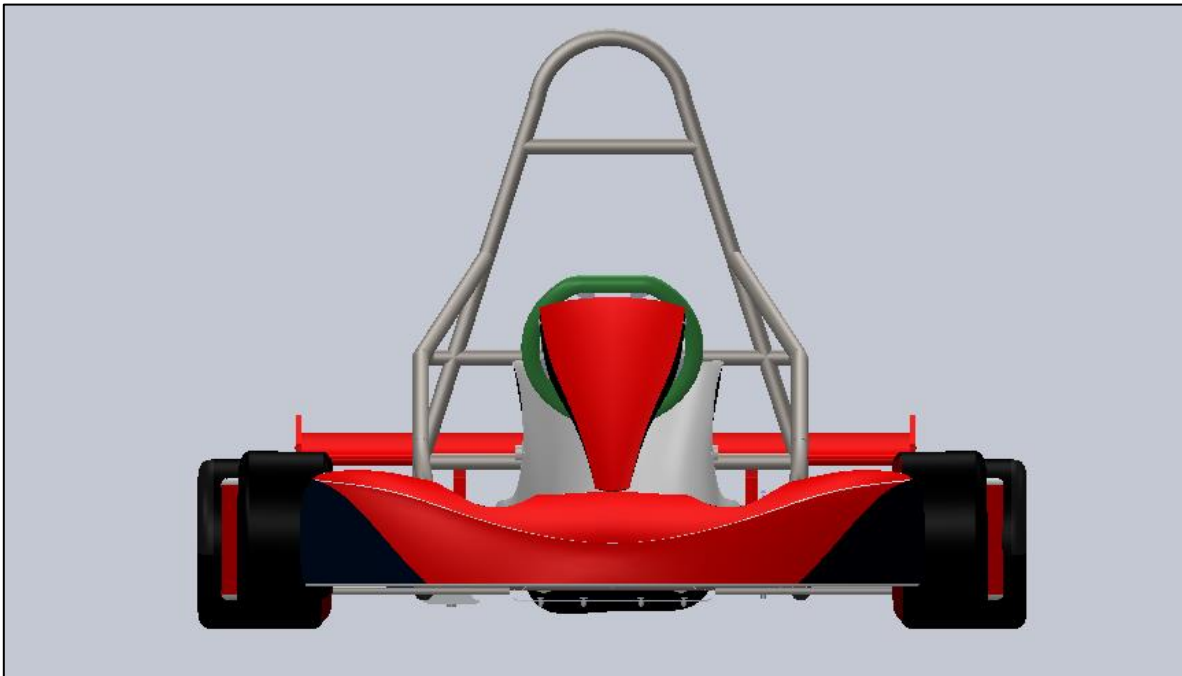


Imagen 57: Diseño del go-kart con sus elementos. Fuente: (Elaboración propia). Importado.
Fuente: (ALVAREZ, 2014).

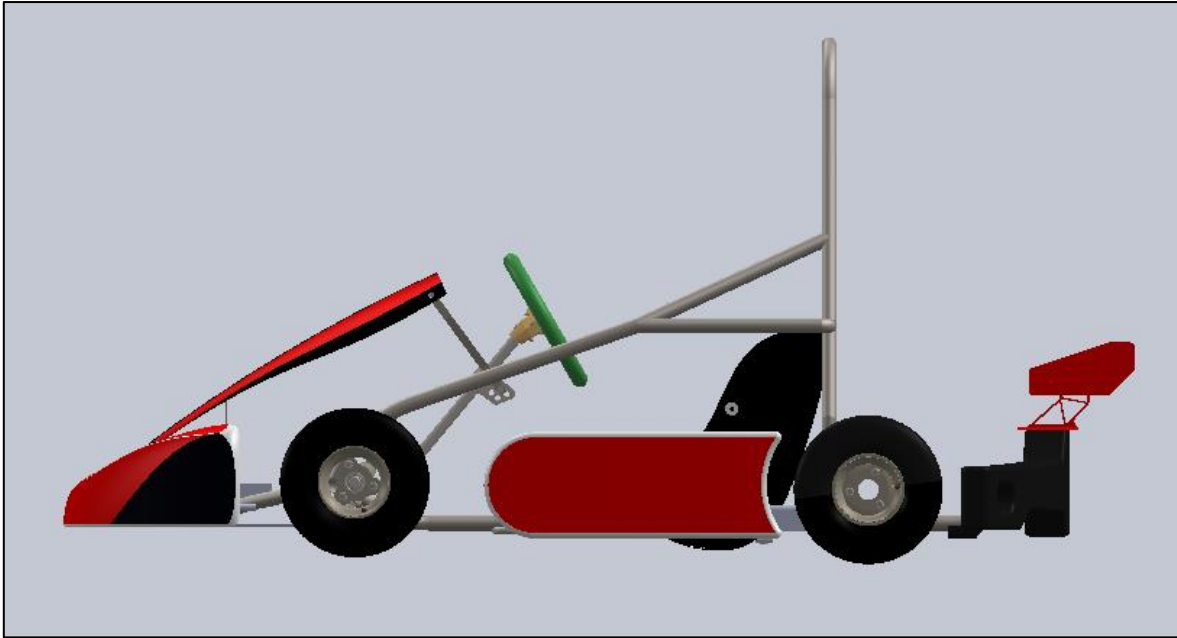


Imagen 58: Diseño del go-kart con sus elementos. Fuente: (Elaboración propia). Importado. Fuente: (ALVAREZ, 2014).

4.7 Presupuesto para la conversión de un go-kart convencional al nuevo go-kart eléctrico.

De acuerdo con las partes comerciales anteriormente mencionadas y todos los elementos añadidos al vehículo, se estimó un costo de cada elemento en la siguiente tabla:

Elementos	Precio (Dólares)
Jaula antivuelco (tubo de acero SAE 4130): 5 kg	\$170.77
Motor eléctrico	\$675
Batería	\$314.85
Controlador del motor	\$18.31
Módulo BMS	\$55
Pedal del acelerador	\$79
Alerón trasero (Spoiler)	\$31.59
Total	\$1344.52

Tabla 23: Tabla de precios de cada elemento para el go-kart.

De acuerdo como se muestra en la tabla 23, el costo preliminar aproximado del go-kart es de \$1344.52 dólares (\$5.107.831,48 pesos colombianos), en el año 2021. En el anexo N°4 se encuentra plano de ensamble de partes de componen el diseño del go-kart y plano de detalle de fabricación de estructura antivuelco.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

5.1 Conclusiones

Para el diseño de un go-kart de competencia de karting, se tuvo en cuenta las diferentes marcas de chasis comerciales, se seleccionó el chasis Sodi Furia 950, ya que es el más viable en cuanto a dimensiones y peso de acuerdo con los componentes añadidos (Motor eléctrico, estructura de seguridad, batería), y en los parámetros de diseño según el reglamento técnico de la Comisión internacional del karting (Homologation Regulations).

Uno de los parámetros de diseño más relevante es la seguridad, por lo cual, se hace necesario que el vehículo sea capaz de resistir impactos que se puedan generar en cualquier choque o accidente y posteriormente sea liviano para la eficiencia de la carrera. Por lo tanto, se hizo una evaluación de diferentes diseños de jaula antivuelco disponibles para un go-kart, en donde se obtuvieron dos estructuras las cuales fueron calificadas con una escala de puntaje del 1 al 5 así dando al 1 una mala calificación y al 5 una buena calificación respecto a los parámetros escogidos en donde la seguridad tuvo un 50% de importancia sin dejar de lado la resistencia/peso y la economía. Por consiguiente, se diseñó una estructura antivuelco con una resistencia de 21.45 MPa, por lo cual no supera el valor de resistencia máxima a la tracción del material acero SAE – AISI 4130 de 731 MPa y su límite elástico de 460 MPa.

El go-kart diseñado tiene un peso aproximado de 85.88 kg, se escogió un motor eléctrico de 45 V a 125 A, de 27,6 kW a 5000 rpm con una eficiencia del 92%, por lo cual, se escogió unas baterías de iones de litio de 48 V y 30 Ah, con su modulo BMS y controlador del motor, por lo que da al vehículo una autonomía de 0.55 horas (33 minutos) teniendo de base una velocidad establecida de 100 km/h.

5.2 Recomendaciones

Para mejorar la distribución de espacio, se recomienda adaptar las 5 baterías de iones de litio para que no exista modificación externa al chasis.

La ubicación del motor puede cambiarse dependiendo la ubicación de las baterías, por lo cual, es favorable que sea más cerca del centro de gravedad del vehículo.

Es importante la ubicación del cableado y la distribución, ya que es primordial para no interrumpir la entrada y salida del conductor.

6. BIBLIOGRAFÍA:

- ALVAREZ, D. (13 de Febrero de 2014). *Electric/125cc Kart KF*. Obtenido de GRABCAD COMMUNITY: <https://grabcad.com/library/electric-125cc-kart-kf-1>
- APPK OLAVARRÍA. (11 de mayo de 2016). *Jaula y cinturones: Anexo reglamentario*. Obtenido de APPK OLAVARRÍA: <http://appkolavarria.com.ar/articulos/individual/338/jaula-y-cinturones-anexo-reglamentario>
- AUTODESK. (19 de Abril de 2021). *Acerca del análisis de tensión*. Obtenido de AUTODESK: <https://knowledge.autodesk.com/es/support/inventor/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ESP/Inventor-Help/files/GUID-61F01A5D-7E54-45A1-9698-7BB11F0AEE94-htm.html>
- CIKFIA. (2021). *COMMISSION INTERNATIONALE DE KARTING*. Obtenido de CIKFIA: <https://www.fiakarting.com/page/home>
- COMERCIAL, I. (3 de ENERO de 2019). *La velocidad llegó para subir la adrenalina en Unicentro Cali*. Obtenido de EL PAÍS: <https://www.elpais.com.co/valle-con-sentido/la-velocidad-llego-para-subir-la-adrenalina-en-unicentro-cali.html>
- DALY. (2021). *DALY BMS 14S 48V 100A Li-ion batería protección Junta con equilibrio común puerto DIY BMS para 18650 batería Pack*. Obtenido de AMAZON: <https://www.amazon.com/-/es/Li-ion-bater%C3%ADa-protecci%C3%B3n-equilibrio-puerto/dp/B087CG1X63>
- DMK. (2015). *Cuales son las categorías de competición en el karting*. Obtenido de DMK RACING: <https://dmkracing.com/noticias/categorias-competicion-karting/>
- Dolidada. (2021). *Batería de iones de litio de 48v, 30Ah, 1000w, 13S3P, batería de litio para bicicleta eléctrica de 54,6 v, Scooter con BMS + cargador*. Obtenido de AliExpress: https://es.aliexpress.com/item/1005002279225323.html?spm=a2g0o.search0304.0.0.1e1c113fpyBuXB&algo_pvid=08043dd9-3403-4abe-a9a7-38e896583486&aem_p4p_detail=202109210752286814292356622910020848050&algo_exp_id=08043dd9-3403-4abe-a9a7-38e896583486-1
- DYNA, R. (18 de Noviembre de 2014). *La tecnología de los motores de imanes permanentes*. Obtenido de REVISTA DYNA: <https://www.revistadyna.com/noticias-de-ingenieria/la-tecnologia-de-motores-de-iman-permanentes>
- EL UNIVERSAL. (18 de febrero de 2019). *Diesel y vehículos viejos tienen en jaque la calidad del aire en Colombia*. Obtenido de EL UNIVERSAL: <https://www.eluniversal.com.co/colombia/diesel-y-vehiculos-viejos-tienen-en-jaque-la-calidad-del-aire-en-colombia-CN780026>
- ELECTRATÓN. (2019). *Historia del Electrátón en México*. Obtenido de ELECTRATÓN: <https://www.electraton.com/index.php/historia/>
- ELECTRICMOTORSPORT.COM. (2016). *ELECTRICO DRIVE SYSTEMS*. Obtenido de electricmotorsport.com: <https://www.electricmotorsport.com/>
- Energy EV. (2021). Obtenido de Partes y Refacciones para Vehículos Eléctricos: <https://energyev.com/tienda/motores/motores-dc-de-iman->

- permanente/motor-dc-de-iman-permanente-16-2kw-300amp-48v-motenergy/
- FEDEKART. (2016). *Reglamento Deportivo Nacional*. Obtenido de FEDEKART: <https://www.fedekart.net/>
- FM, L. (2017). *LA FM*. Obtenido de <https://www.lafm.com.co/deportes/piloto-antioqueno-sebastian-mesa-sufrio-grave-accidente-en-valida-nacional-de-kartismo>
- Golden Motor Technology Co., L. (2021). *48V 30Ah/50AH recargable LiFePO4 Power Pack de batería de litio, ampliar la capacidad de la batería*. Obtenido de Made-in-China: https://es.made-in-china.com/co_goldenmotorcz/product_48V-30Ah-50AH-Rechargeable-LiFePO4-Power-Lithium-Battery-Pack-Expand-Your-Battery-Pack-Capacity_ehuuyohgy.html
- HERNÁNDEZ, L. (5 de mayo de 2016). *Bosch desarrolla un Go Kart eléctrico*. Obtenido de AUTO COSMOS: <https://noticias.autocosmos.com.mx/2016/05/27/bosch-desarrolla-un-go-kart-electrico>
- HOSPITALECHE, C. (18 de Noviembre de 2012). *COMPETICION RADIO CIUDAD*. Obtenido de <http://motoresradioazul1320.blogspot.com/2012/11/josefina-covatti-quedo-11-en-la.html>
- JARA, P. (2021). *Engranajes con cadena*. Obtenido de Mecanismos y Circuitos: <https://sites.google.com/site/mecanismoscircuitos/mecanismos/mecanismos-de-transmision-del-movimiento/transmision-por-engranajes/engranajes-con-cadena>
- K.E.S. (2021). *LITHIUM CELL 3.2V 180AH CALB SE LIFEPO4*. Obtenido de Kit Elec Shop: <https://www.kit-elec-shop.com/gb/lithium-cells/2413-lithium-cell-3-2v-180ah-calb-se-lifepo4.html>
- K1 SPEED. (2021). *APRENDA ACERCA DE NUESTROS GO KARTS ELÉCTRICOS*. Obtenido de K1 SPEED: <http://www.k1speed.mx/>
- KARTELECTRICO. (2012). Obtenido de KARTELECTRICO: <http://www.kartelectrico.com/Inicio.html>
- KARTS, C. D. (2014). *APOYEMOS EL KARTING FEMENINO!* Obtenido de APONTOQUE: <http://www.apontoque.com/es/proyecto/3341/apoyemos-el-karting-femenino/>
- KELLY. (2019). *Kelly 0-5K Throttle Pedal*. Obtenido de Kelly: <https://kellycontroller.com/shop/kelly-0-5k-throttle-pedal/>
- MAGAZINE, P. (15 de Febrero de 2020). *El funcionamiento interno de una batería de litio*. Obtenido de WORLD ENERGY TRADE: <https://www.worldenergytrade.com/energias-alternativas/electricidad/el-funcionamiento-interno-de-una-bateria-de-litio>
- MENDOZA, I. (24 de Septiembre de 2015). *Auto 10*. Recuperado el 4 de Febrero de 2019, de <https://www.auto10.com/reportajes/todo-sobre-karting-consejos-normas-y-equipacion-necesaria/6442>
- MGTires. (2021). *NEUMÁTICOS DE KART PARA CATEGORIA INFANTIL*. Obtenido de MGTires: <http://mgtires.com/es/pneus-de-kart/cadete>
- MOTORGIGA. (2021). *RESISTENCIA A LA RODADURA - Definición - Significado*. Obtenido de MOTORGIGA:

- <https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/resistencia-a-la-rodadura-definicion-significado/gmx-niv15-con195385.htm>
- OTL ELECTROKART. (2021). Obtenido de OTL ELECTROKART: <https://otlkart.com/es/>
- PABBA, S. K. (16 de Diciembre de 2018). *Rear Spoiler for Automobiles*. Obtenido de GRABCAD: <https://grabcad.com/library/rear-spoiler-for-automobiles-1>
- Partes y Refacciones para Vehículos Eléctricos*. (2021). Obtenido de Motor DC de imán permanente ME0708, 16.2Kw, 300amp, 48V Motenergy: <https://energyev.com/tienda/motores/motores-dc-de-iman-permanente/motor-dc-de-iman-permanente-16-2kw-300amp-48v-motenergy/>
- PÉREZ, C. (14 de OCTUBRE de 2018). *Conoce cómo puedes practicar el kartismo*. Obtenido de Conoce cómo puedes practicar el kartismo: <https://www.atraccion360.com/conoce-como-puedes-practicar-el-kartismo>
- RACERS, F. (2021). *Karting Dangers: Is It A Safe Family Sport?* Obtenido de FLOW RACERS: <https://flowracers.com/blog/go-kart-dangers/>
- RACING, D. (2015). *Sistema de Dirección de un kart*. Obtenido de DMK RACING: <https://dmkracing.com/noticias/sistema-de-direccion-de-un-kart/>
- RACING, V. (2021). *PREGUNTAS FRECUENTES*. Obtenido de VOLTA RACING: <https://www.voltaracing.mx/preguntas-frecuentes>
- ROLÓN, M. (22 de MARZO de 2017). *¿Quiénes fabrican los carros solares en Colombia?*. Obtenido de EL ESPECTADOR: <https://www.elespectador.com/noticias/ciencia/quienes-fabrican-los-carros-solares-en-colombia-articulo-685235>
- SODIKART. (2019). SODIKART. Obtenido de SODIKART: <https://www.sodikart.com/es-es/>
- SODIKART. (2021). Obtenido de SODIKART: <https://www.sodikart.com/es-es/>
- Sol, S. d. (2021). *¿Qué Es El BMS De Las Baterías De Litio?* Obtenido de Suministros del Sol: <https://suministrosdelsol.com/es/Blog/que-es-el-bms-de-las-baterias-de-litio-b16.html>
- SOLIDWORKS. (2021). *Ayuda de SOLIDWORKS*. Obtenido de http://help.solidworks.com/2018/spanish/solidworks/cworks/c_Linear_Static_Analysis.htm
- sources, g. (2021). *CATL 3.2v 125ah lithium ion lfp lifepo4 battery cell*. Obtenido de global sources: <https://www.globalsources.com/LiFePO4-battery/CATL-battery-1183054778p.htm#1183054778>
- TDPRO. (2021). *TDPRO-Caja del controlador de velocidad para patinete eléctrico, 48V, 1000W, para Go Kart, ATV, bicicleta eléctrica*. Obtenido de AliExpress: <https://es.aliexpress.com/item/4000460459476.html>
- TIEMPO, E. (2 de Octubre de 2021). *¿Cuál es la estatura promedio de los colombianos?* Obtenido de EL TIEMPO: <https://www.eltiempo.com/vida/tendencias/estatura-en-colombia-los-paises-con-las-personas-mas-altas-del-mundo-622320>
- TKART. (2020). Obtenido de TKART: <https://tkart.it/es/magazine/a-examen/nuevo-chasis-birel-art-ry32/#1>

Trauma Mechanisms and Injuries Associated with Go-Karting. (2010). Obtenido de The open orthopaedics journal: <https://openorthopaedicsjournal.com/VOLUME/4/PAGE/107/>

UTS. (2018). *CARRERA GO KARTS*. Obtenido de UTS: <http://www.uts.edu.co/sitio/>

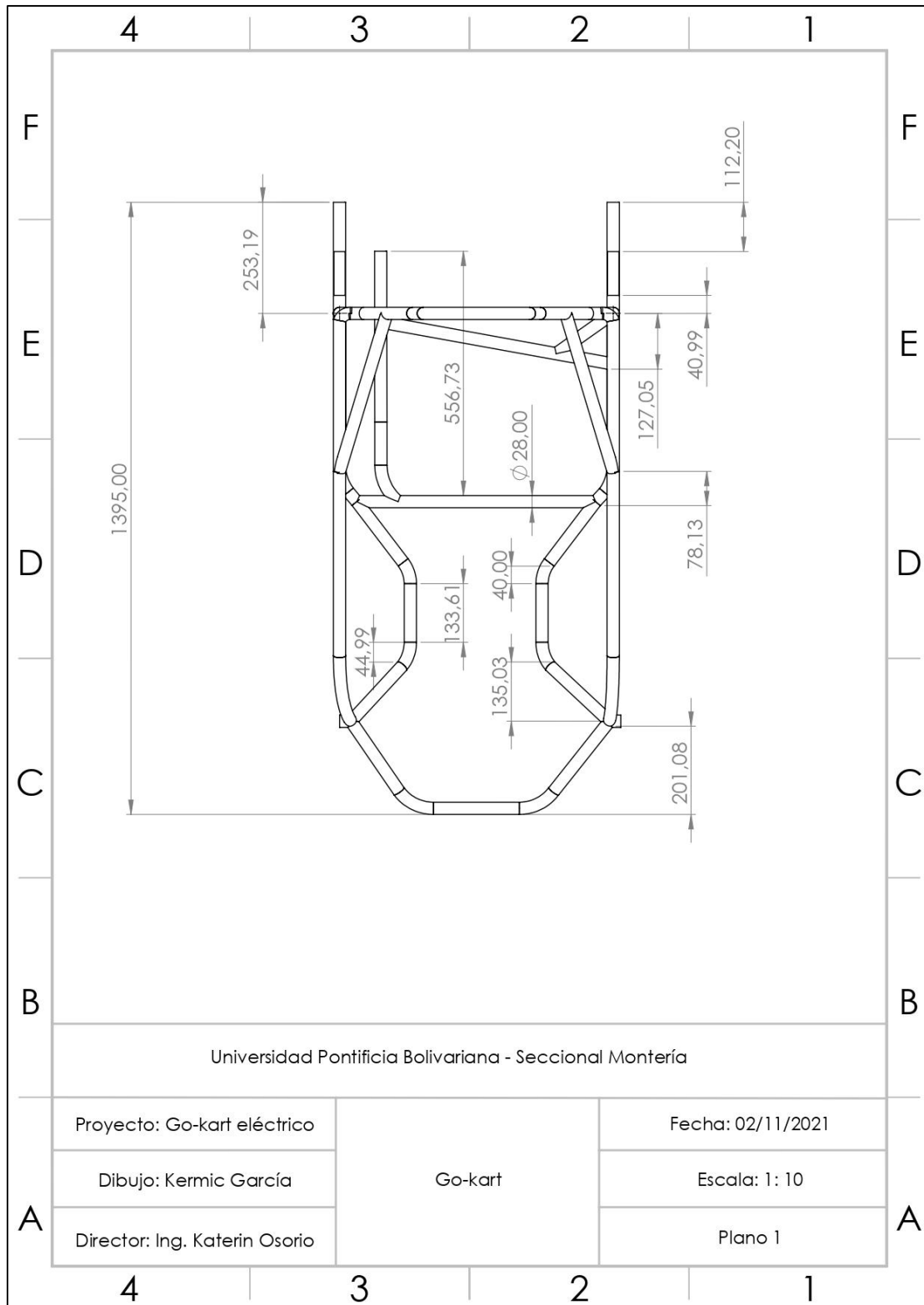
VILLARINO, Á. (2 de junio de 2017). “*Alonso presiona para que nuestros hijos corran en el circuito donde murió un niño*”. Obtenido de El Confidencial: https://www.elconfidencial.com/deportes/formula-1/2017-05-05/fernando-alonso-ha-presionado-para-que-nuestros-hijos-corran-en-el-circuito-donde-murio-un-nino_1377851/

Wikipedia®. (11 de Diciembre de 2020). *Resistencia a la rodadura*. Obtenido de Wikipedia®: https://es.wikipedia.org/wiki/Resistencia_a_la_rodadura

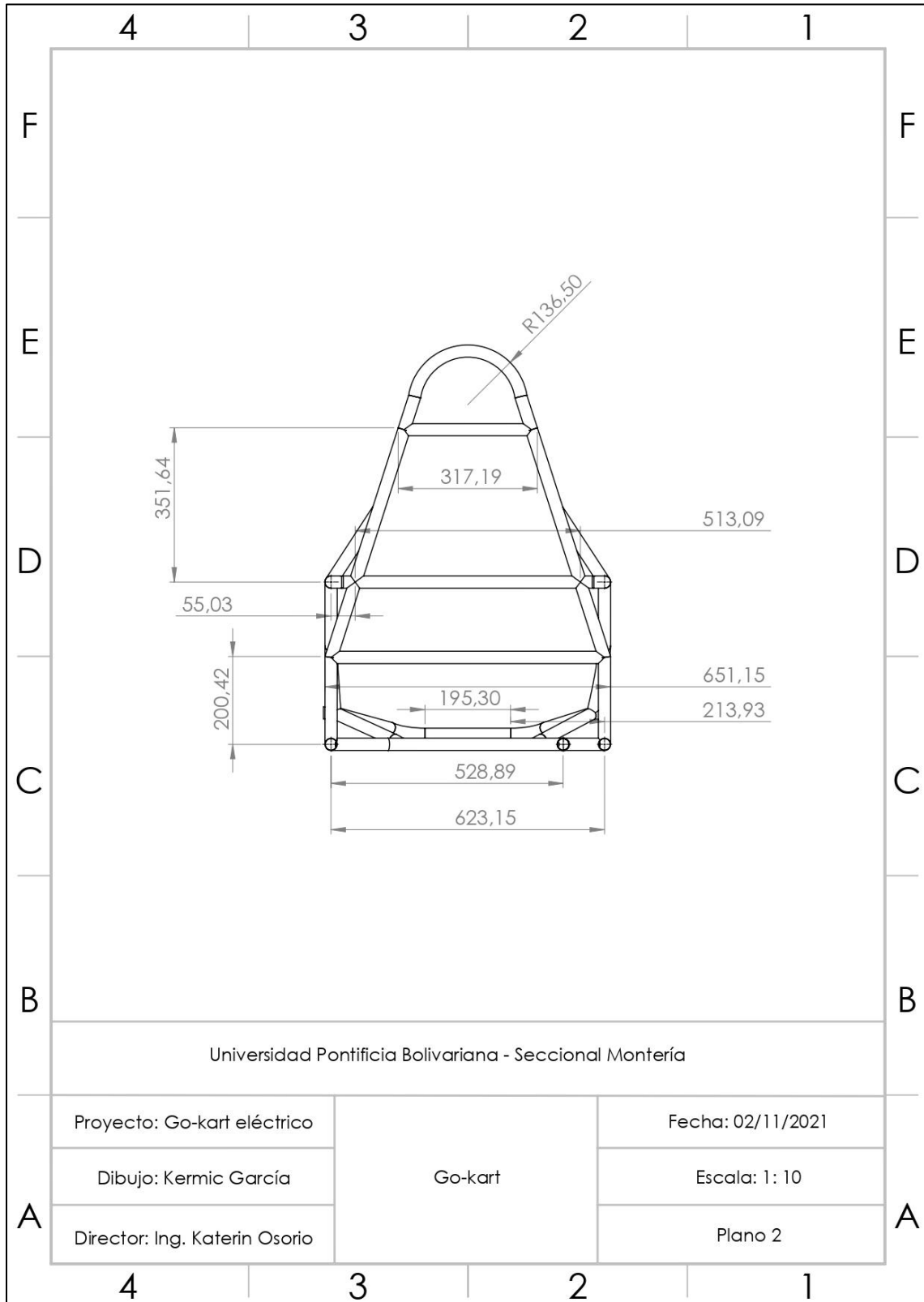
Yuasa. (2021). *Batería Yuasa SWL750 12V 24.4Ah*. Obtenido de Auto Solar: <https://autosolar.es/baterias-agm-12v/bateria-yuasa-sw1750-12v-244ah>

7. ANEXOS:

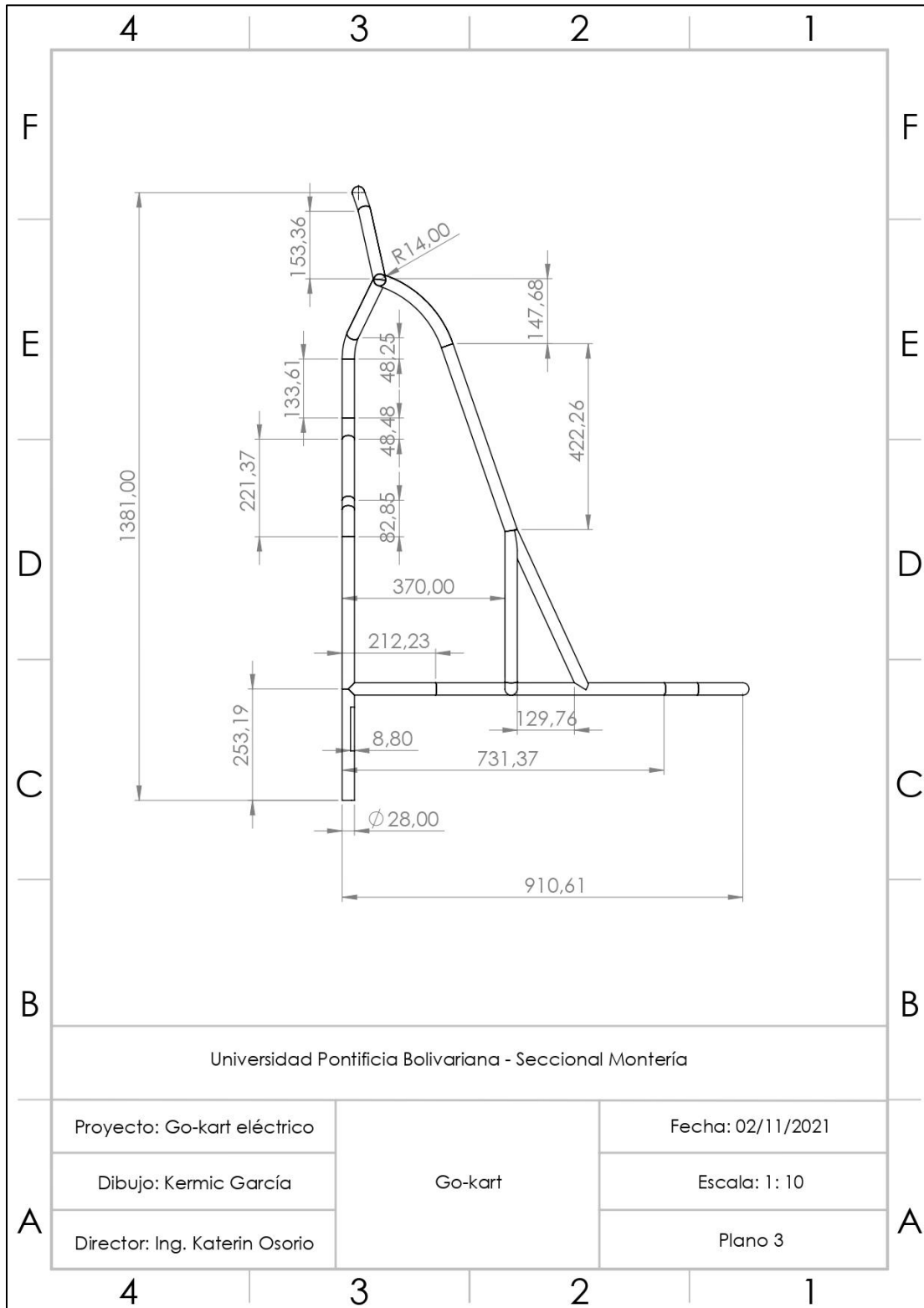
7.1 Anexo 1 : Plano - Vista superior del chasis con jaula antivuelco.



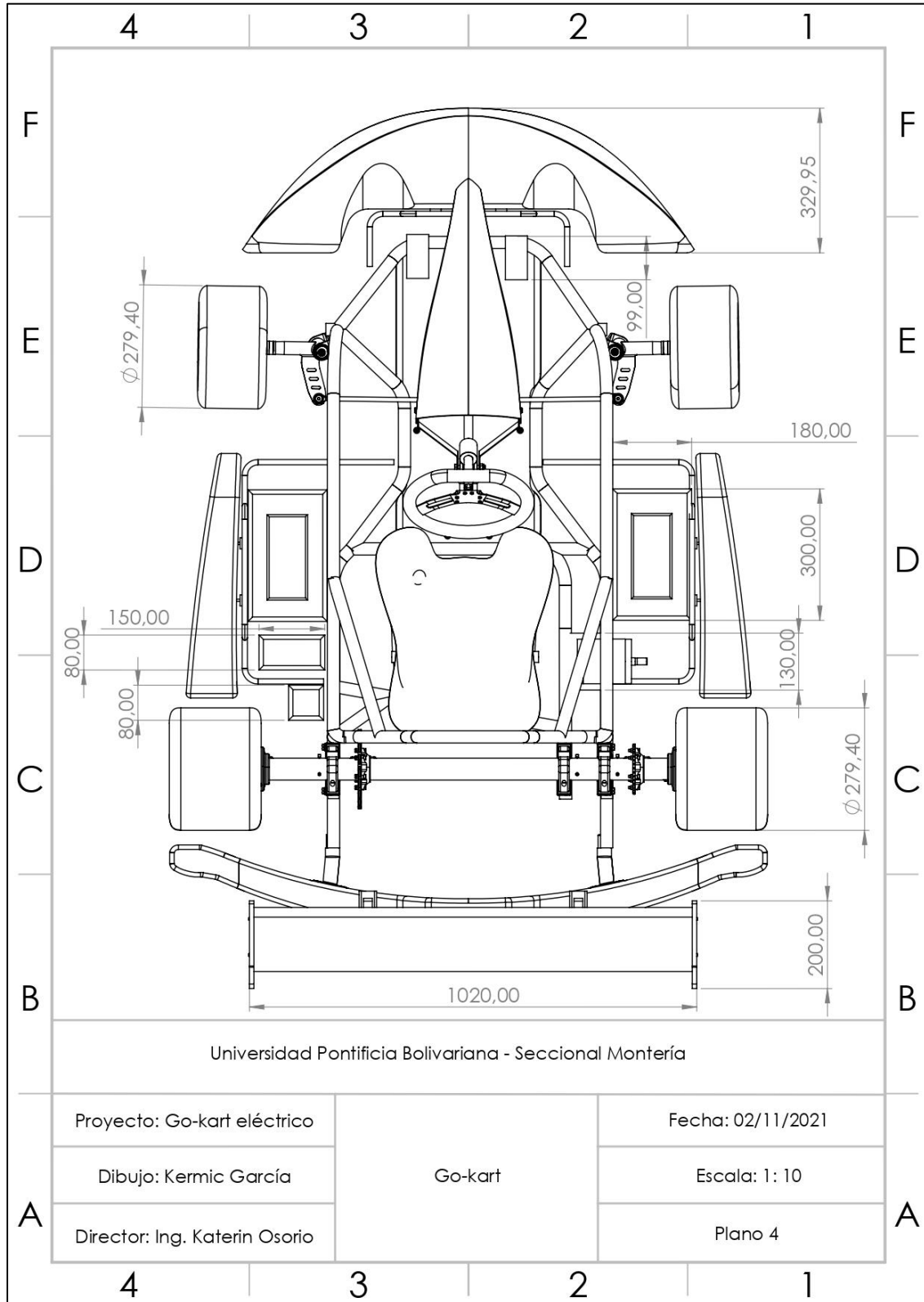
7.2 Anexo 2 : Plano - Vista posterior del chasis con jaula antivuelco.



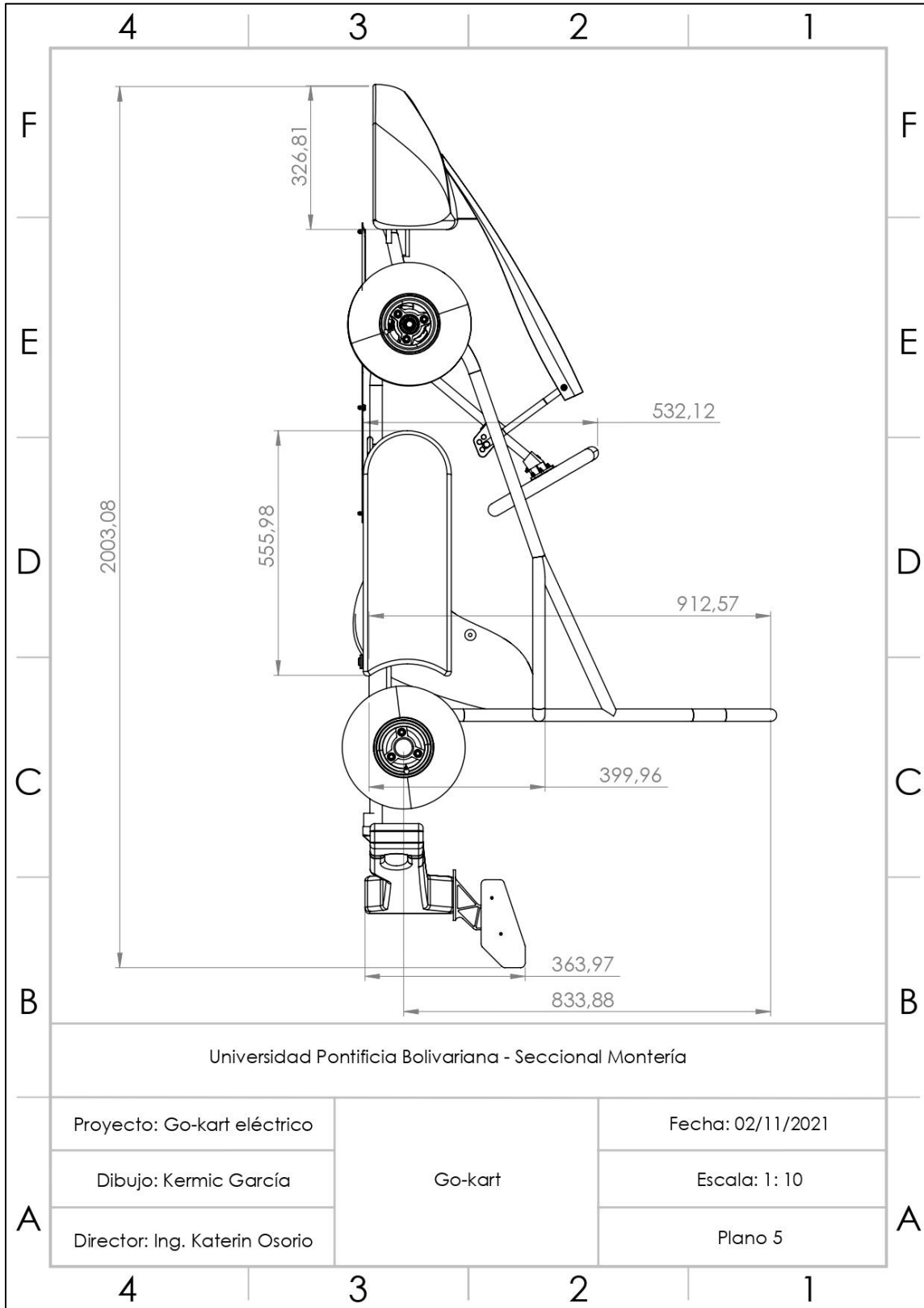
7.3 Anexo 3 : Plano - Vista lateral del chasis con jaula antivuelco.



7.4 Anexo 4 : Plano - Vista superior del go-kart eléctrico terminado.



7.5 Anexo 5 : Plano - Vista lateral del go-kart eléctrico terminado.



7.6 Anexo 6 : Plano - Vista frontal del go-kart eléctrico terminado.

