



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ

TEMA: “INVESTIGACIÓN DEL SISTEMA DE TRACCIÓN DE MOTOCICLETA CON SIDECAR BEV,
MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO VEHÍCULO CATEGORÍA L4 MTOS
ELÉCTRICO ”

AUTORES:
GAVILANES CÓRDOVA, ALEX DANIEL
LÓPEZ ALOMOTO, KEVIN OMAR

DIRECTOR:
ING. QUIROZ ERAZO, LEONIDAS ANTONIO

LATACUNGA
ENERO, 2022



“Cuando el dinero se convierte en tu principal motivación inmediatamente te vuelves menos que aquel que está estimulado por la pasión y el bien”

Sebastián Vettel



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CONTENIDO

- Resumen
- Antecedentes investigativos
- Planteamiento del problema
- Justificación
- Objetivo general
- Objetivos específicos
- Hipótesis
- Selección de materiales de la motocicleta
- Selección de elementos mecánicos de la motocicleta
- Simulación de modelado 3D de la motocicleta
- Selección de materiales del sidecar
- Selección de elementos mecánicos del sidecar
- Simulación de modelado 3D del sidecar
- Selección de componentes eléctricos – electrónicos
- Construcción de la motocicleta con sidecar eléctrico
- Pruebas de autonomía
- Conclusiones
- Recomendaciones



RESUMEN

En el presente proyecto de titulación, se investigó el sistema de tracción de motocicleta con sidecar BEV mediante la construcción de un prototipo vehículo categoría L4 MTOS eléctrico, a través de la selección de materiales, componentes y sistemas de tipo mecánico, eléctrico y electrónico, para lo cual se consideró la geometría isométrica, representados gráficamente en 2D y 3D como base de simulación mediante el análisis estructural estático del bastidor para establecer desplazamiento, esfuerzos máximos y el factor de seguridad de la estructura de la motocicleta y sidecar en condiciones de carga frecuente a través de herramientas computacionales para la fabricación del carenado en fibra de vidrio, acorde a las medidas establecidas en el modelado. El diseño eléctrico – electrónico especificado mediante nomenclatura estandarizada consideró los parámetros de funcionamiento característicos del prototipo BEV de tal manera de seleccionar el sistema de tracción eléctrica compuesto por motores, controlador, sistema de aceleración, sistemas de protección, baterías y panel de instrumentos. Se realizó las pruebas de la moto y sidecar eléctrico aplicando protocolos de pruebas fundamentada en la norma UNE-EN 61851 para distancia, consumo de energía, torque, potencia, arranque en pendiente, velocidad y aceleración máxima aplicados en la ruta de prueba para el análisis del modelo L4 MTOS eléctrico a través de las interacciones de tránsito en las vías de la ciudad de Latacunga. Es importante destacar que el vehículo de tres ruedas con tracción eléctrica posee una eficiencia óptima al momento de generar el trabajo necesario, lo que resultó un parámetro de eficiencia energética del prototipo acorde al dimensionamiento de sus sistemas y fines propuestos.

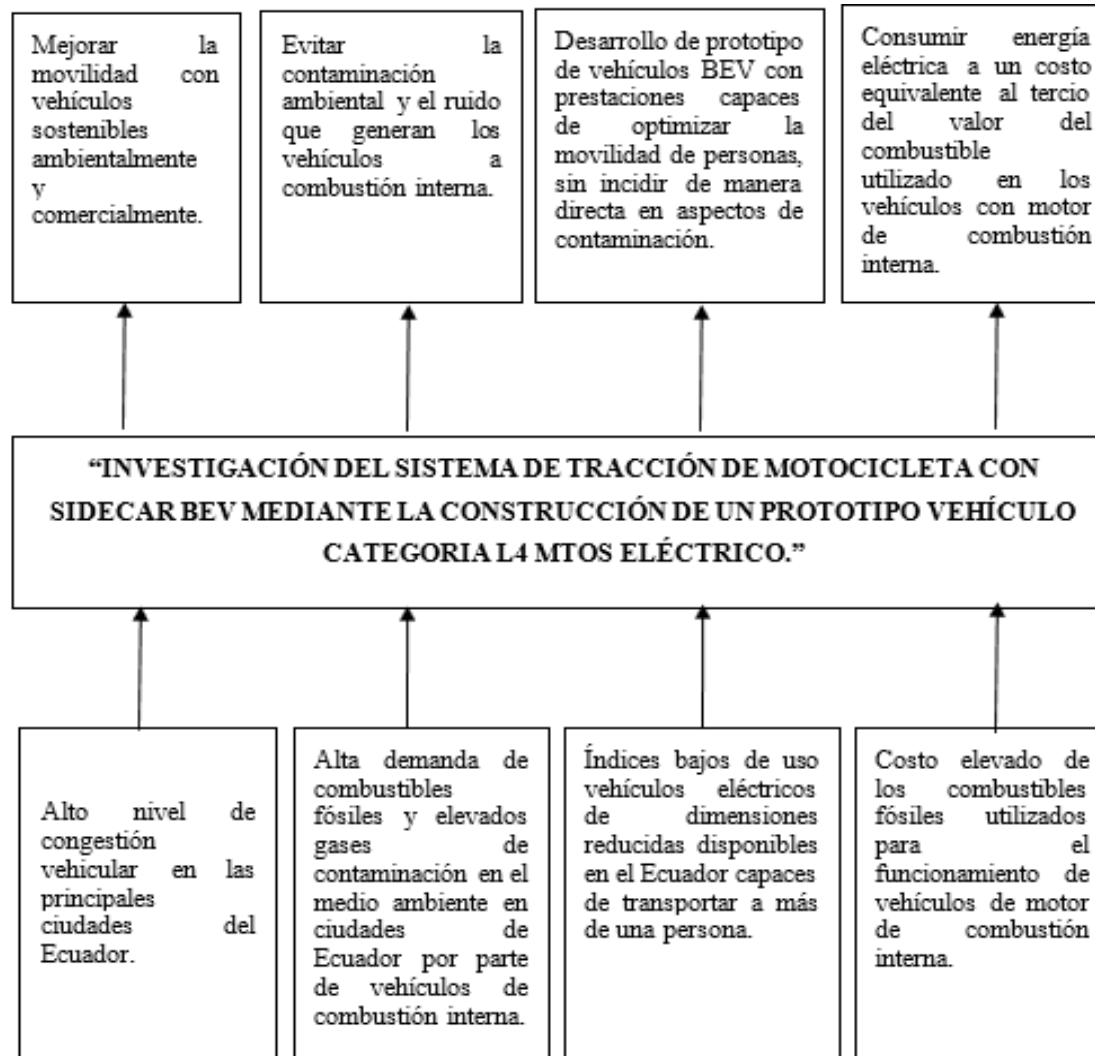


ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

- Respecto a Movilidad Eléctrica: Avances en América Latina y El Caribe y oportunidades para la colaboración regional: En 2018, se aprobó una Ley de Promoción de la Producción, otorgando un 0% de impuesto al valor agregado a los vehículos eléctricos e híbridos y un 0% de "impuesto especial sobre consumos" a los vehículos eléctricos de pasajeros. Esta ley será válida por cinco años.
- La ventaja de las motos eléctricas es que no emiten gases contaminantes, como son los óxidos de nitrógeno (NOx) o partículas finas PM10, siendo los causantes de la contaminación atmosférica de las ciudades. Su sistema de escape tampoco expulsa dióxido de carbono (CO2), uno de los gases responsables del efecto invernadero.
- De acuerdo al Anuario 2019 publicado por la AEADE, en Ecuador Existen los siguientes de incentivos regulatorios para los vehículos eléctricos: Exención de aranceles a la importación, Exención del impuesto a los consumos especiales, Exención de IVA para vehículos eléctricos particulares de transporte público y de carga, 0% de IVA para el servicio de carga eléctrica de todo tipo de vehículos 100% eléctrico, Exoneración de la restricción vehicular Hoy no circula.
- Respecto a Infografías sobre Tipos de vehículos eléctricos BEV, PHEV, FCEV, Los avances en tecnología de baterías están haciendo factible la operación interurbana (autonomías y tiempos de carga) por mejoras en las baterías, permitiendo mayor velocidad de carga y por mayores potencias de los cargadores.



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



JUSTIFICACIÓN

- El desarrollo de este proyecto se enfocó en presentar una alternativa de movilidad eléctrica para afrontar las dificultades de transporte de personas, brindando un transporte eficiente, sustentable y amigable con el medio ambiente y capaz de trasladar hasta tres personas en un vehículo BEV de menor dimensión. Se logró la movilidad requerida ya que se contó con el sistema de tracción totalmente eléctrico siendo capaz de impulsar el prototipo con un sidecar y todos sus ocupantes a bordo.
- Debido al costo de los vehículos BEV en Ecuador, es factible económicamente la adquisición de un vehículo BEV relativamente a un vehículo de combustión interna debido a que estos vehículos funcionan con combustibles fósiles mismos que en Ecuador se encuentran en incremento debido al retiro de subsidios del combustible por tal motivo haciendo una comparación entre el consumo de combustible fósiles y el consumo de energía eléctrica resultó más económico cargar las baterías de los vehículos eléctricos pagando directamente en la planilla de luz, logrando la conservación del ambiente, al reducir la utilización de combustible y no emitir gases contaminantes.
- Para el desarrollo del prototipo de vehículo BEV fue necesario realizar la geometría y la simulación en 2D y 3D del prototipo con todos los componentes ensamblados realizando el análisis de manufactura asistida por computador empleando este método se observó las posibles fallas estructurales en el bastidor las cuales se evitó en la fabricación del prototipo con todos los materiales eléctricos y los componentes estructurales, realizando las pruebas de campo al prototipo.



OBJETIVO GENERAL

- Investigar el sistema de tracción de la motocicleta con sidecar BEV mediante la construcción de un prototipo vehículo categoría L4 MTOS eléctrico.



OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Fundamentar teórica y científicamente el diseño mecánico, eléctrico y electrónico de vehículos BEV y proceso de manufactura aplicado.
- Realizar el modelado en 2D del prototipo mediante sistemas computacionales basados en el Código de Dibujo Técnico-Mecánico para los sistemas mecánicos y automotrices del prototipo de vehículo BEV con sidecar desmontable.
- Realizar el modelado en 3D del prototipo de vehículo BEV con sidecar desmontable de categoría L, subcategoría L4 con el código MTOS para vehículos de dos ruedas o tres ruedas con sidecar.
- Realizar el análisis estructural y análisis estadístico mediante la ingeniería y manufactura del prototipo a partir de sistemas computacionales basados en una guía de simulación para obtener datos específicos de esfuerzos máximos, deformación máxima, designación de cargas muertas, cargas vivas, peso, propiedades de los materiales obteniendo un factor de seguridad Von Mises adecuado.



- Construir el prototipo con sidecar BEV considerando la aplicación de la normativa ecuatoriana vigente a cumplir de acuerdo a su uso para circulación terrestre a nivel nacional que se importen, ensamblan y se comercializan en Ecuador.
- Dimensionar el sistema de tracción eléctrica fundamentado en la normativa ISO para el sistema energía del prototipo de vehículo BEV sobre la propulsión eléctrica.
- Realizar el protocolo de pruebas fundamentado en la norma UNE-EN para el desarrollo de ensayos de autonomía que considere distancia recorrida, consumo de energía, torque, potencia, arranque en pendiente, velocidad máxima, aceleración máxima en la ruta de prueba considerando aspectos del estado de carga de su pack de baterías.



HIPÓTESIS

El prototipo de vehículo eléctrico alcanzará una velocidad de 45 *km/h* con una carga no superior a 400 kg para el desplazamiento de 3 personas con una autonomía de 80 km a una descarga de batería en función de la aceleración con una eficiencia del 80%.



SELECCIÓN DE MATERIALES

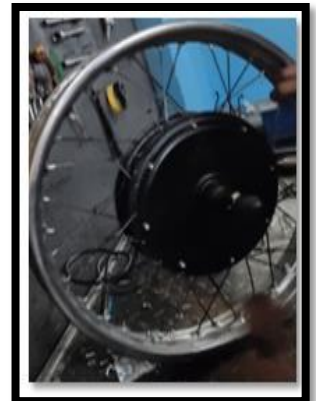
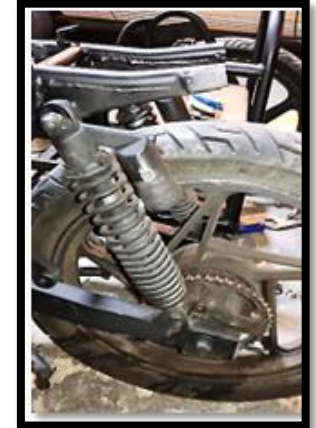
MOTOCICLETA

Componentes	Factor de selección	Factor de ponderación				Total
		Costo	Peso	Material	Dimensiones	
		0.1	0.2	0.4	0.3	
Bastidor	Simple cuna abierto	x	x	-	-	0.3
	Doble cuna cerrado	x	-	x	x	0.8
Platinas	Acero negro	x	x	-	x	0.6
	Acero inoxidable	x	-	x	-	0.5
Varillas	Galvanizada	-	x	x	x	0.9
Roscadas	Acero negro	x	-	x	x	0.8



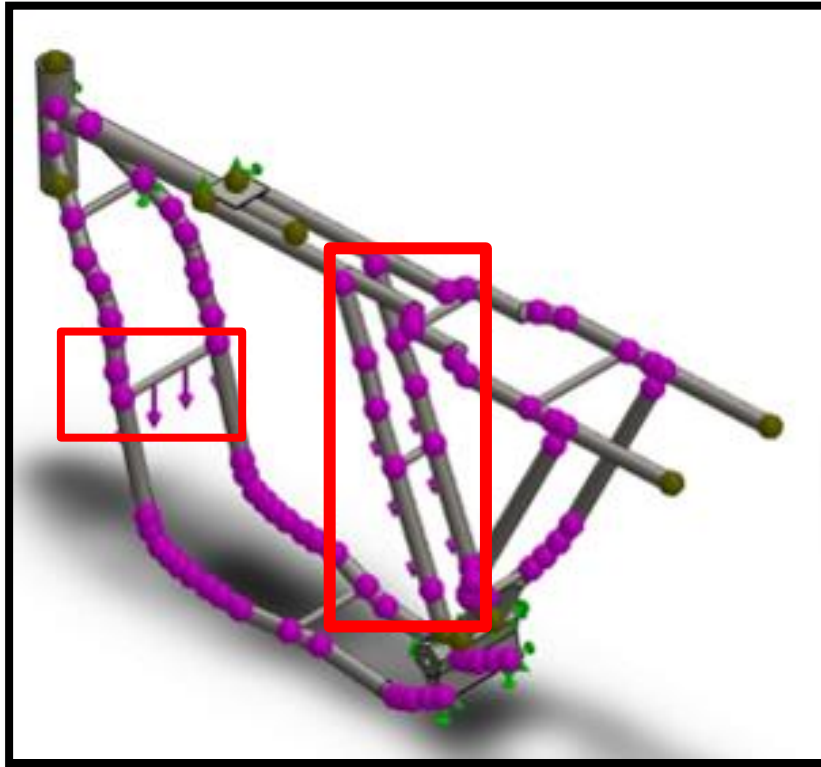
SELECCIÓN DE ELEMENTOS MECÁNICOS

Componentes	Factor de selección	Factor de ponderación				Total
		Costo	Peso	Material	Dimensiones	
		0.1	0.2	0.4	0.3	
Amortiguadores Delanteros	Telescópica vertical	x	-	x	x	0.8
	Horquillas invertidas	x	x	x	-	0.7
Amortiguadores Posteriores	Gas	x	x	x	-	0.7
	Hidráulico	-	x	x	-	0.6
Basculante	Mono brazo	-	-	x	x	0.7
	Doble brazo	-	x	x	x	0.9
Aro posterior	Aspas	-	x	-	x	0.5
	Radios	x	x	x	-	0.7



SIMULACIÓN DE MODELADO 3D DE LA MOTOCICLETA

CARGAS MUERTAS

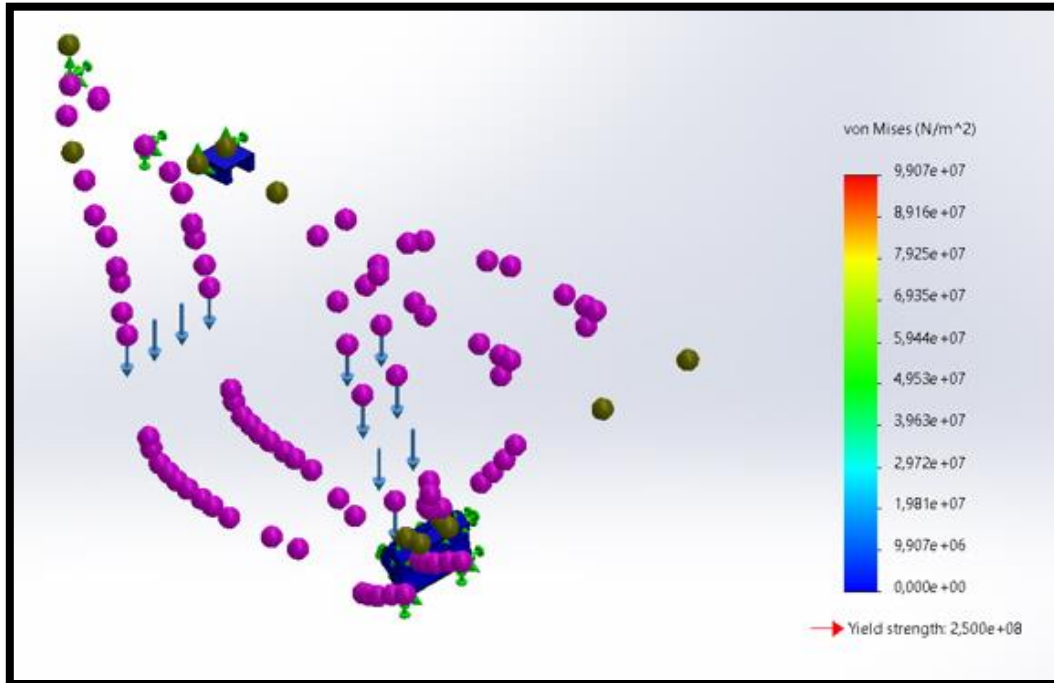


$$F = 343,35 \text{ N}$$



CARGAS MUERTAS

Esfuerzo

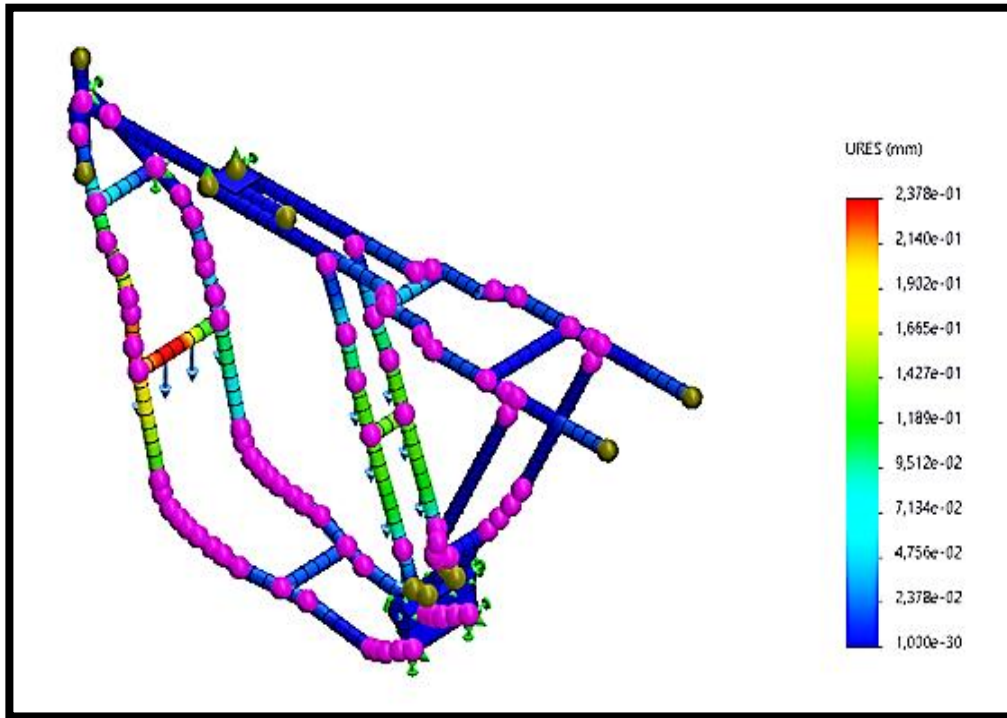


$$9.907 * 10^7 \frac{N}{m^2}$$



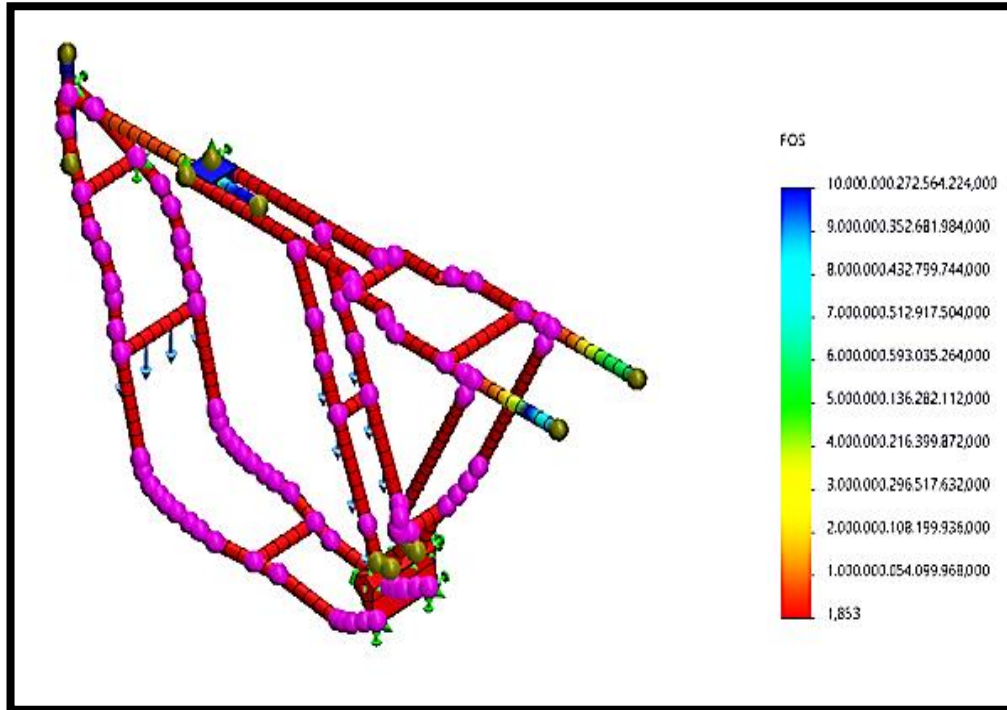
CARGAS MUERTAS

Desplazamiento



CARGAS MUERTAS

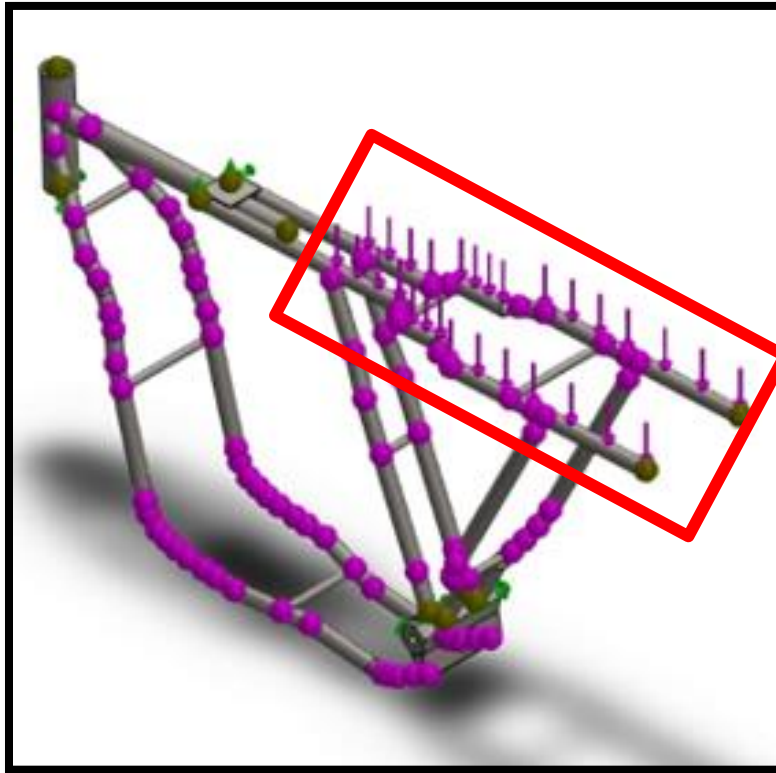
Factor de seguridad



1,853



CARGAS VIVAS

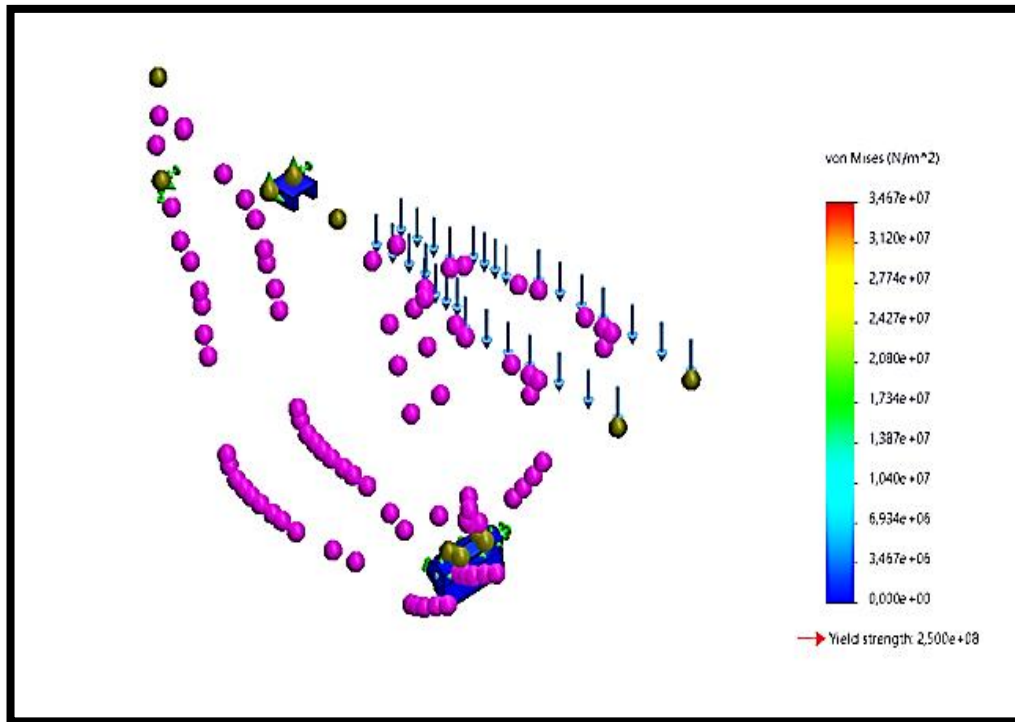


$$F = 588,6 N$$



CARGAS VIVAS

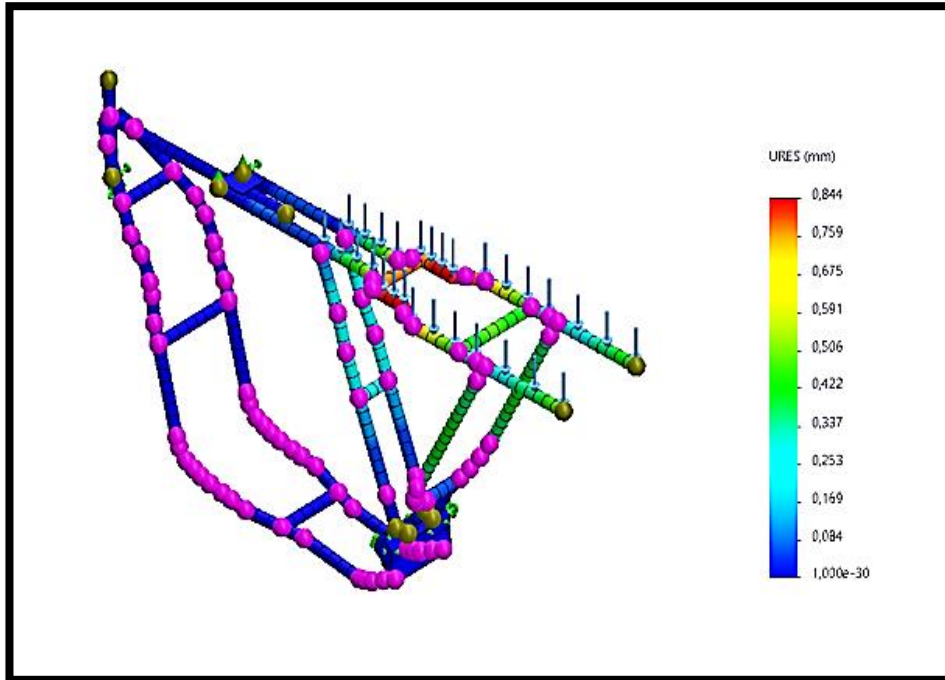
Esfuerzo



$$3.467 * 10^7 \frac{N}{m^2}$$

CARGAS VIVAS

Desplazamiento



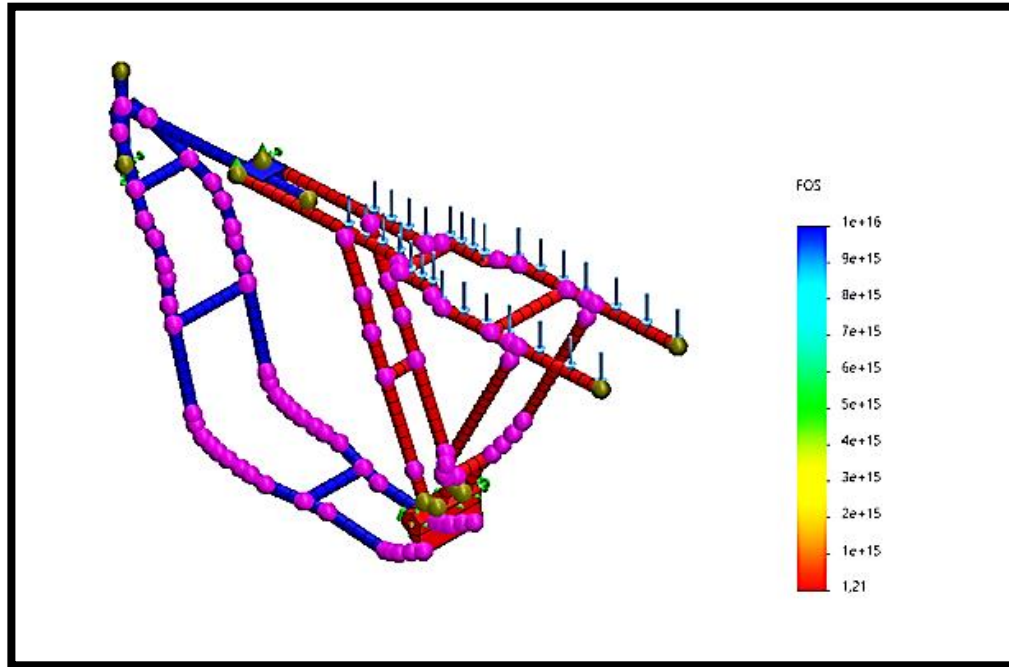
0.844 mm



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CARGAS VIVAS

Factor de seguridad



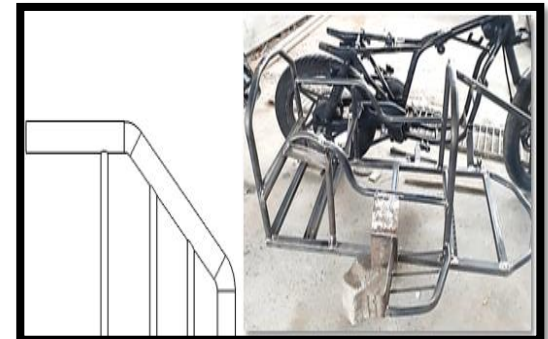
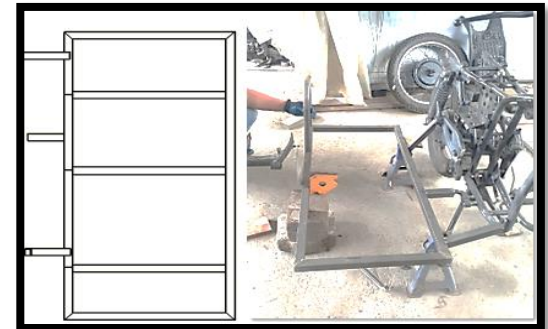
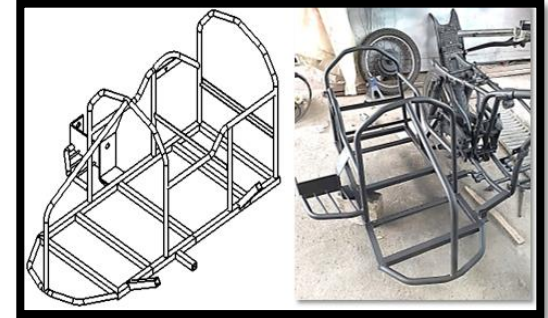
1,21



SELECCIÓN DE MATERIALES

SIDECAR

Componentes	Factor de selección	Factor de ponderación				
		Costo	Peso	Material	Dimensiones	Total
		0.1	0.2	0.4	0.3	1
Tubería estructural redonda	Ø 22.20 mm espesor 2 mm	-	x	x	x	0.9
	Ø 21.30 mm espesor 2.65 mm	x	-	x	-	0.5
Tubería estructural cuadrada	30 mm espesor 1.5 mm	-	x	-	x	0.5
	30 mm espesor 2 mm	-	-	x	x	0.7
Varilla redonda lisa	Ø 8 mm ASTM A36M	-	-	x	x	0.7
	Ø 8 mm ASTM A36	x	-	x	x	0.8



SELECCIÓN DE COMPONENTES MECÁNICOS

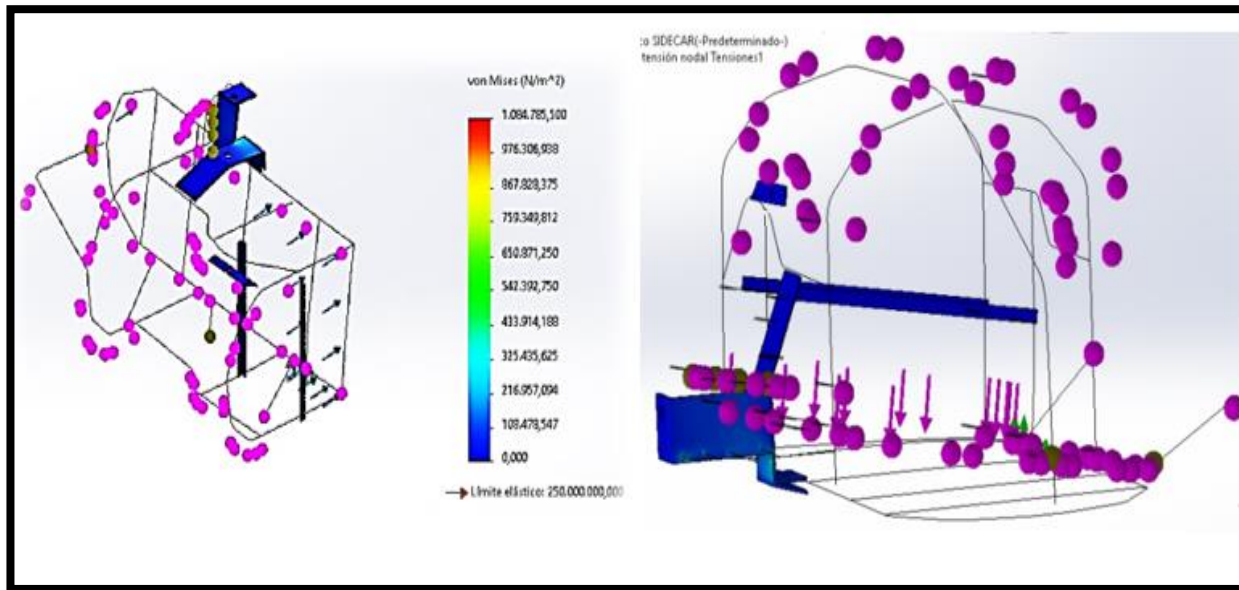
Componentes	Factor de selección	Factor de ponderación				Total
		Costo	Peso	Material	Dimensiones	
		0.1	0.2	0.4	0.3	
Basculante	Mono brazo	-	-	x	-	0.4
	Doble brazo	x	x	-	x	0.6
Amortiguador	Hidráulico	x	-	x	x	0.8
	Gas	-	x	x	-	0.6
Aro	Radios	x	-	x	x	0.8
	Aspas	-	-	x	x	0.7
Neumático	Trail	x	-	x	-	0.5
	Carretera	-	x	x	x	0.9
Freno	Disco	x	x	x	-	0.7
	Tambor	x	-	-	x	0.4



SIMULACIÓN DEL MODELADO 3D

CARGAS MUERTAS

Esfuerzo

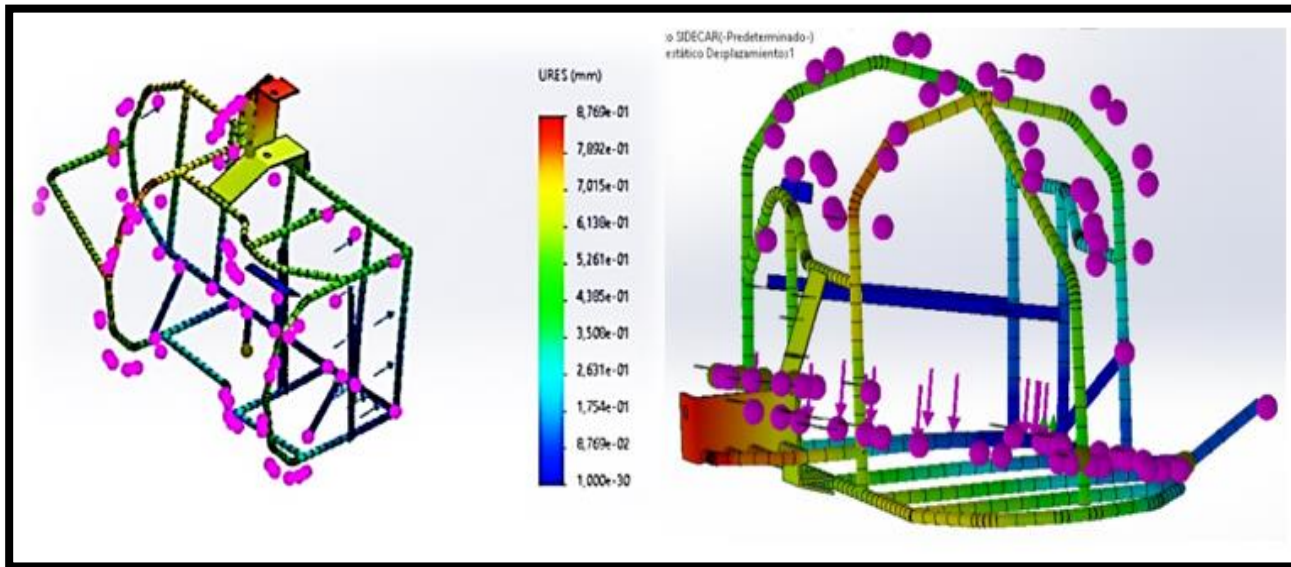


166 MPa



CARGAS MUERTAS

Desplazamiento

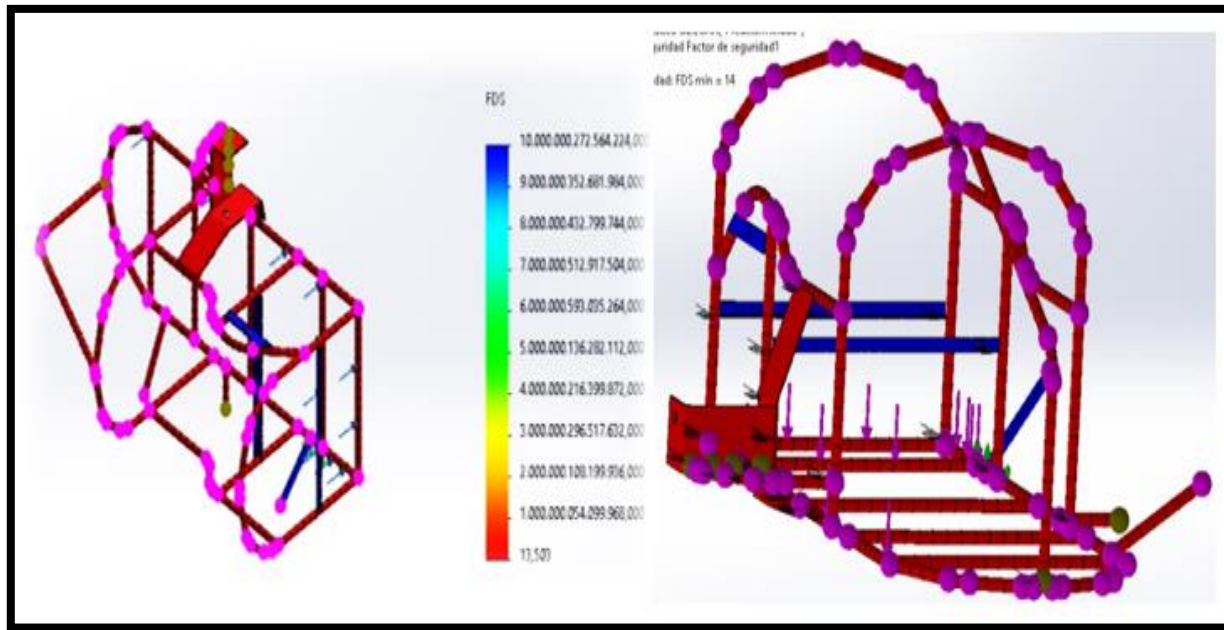


11,72 mm



CARGAS MUERTAS

Factor de seguridad

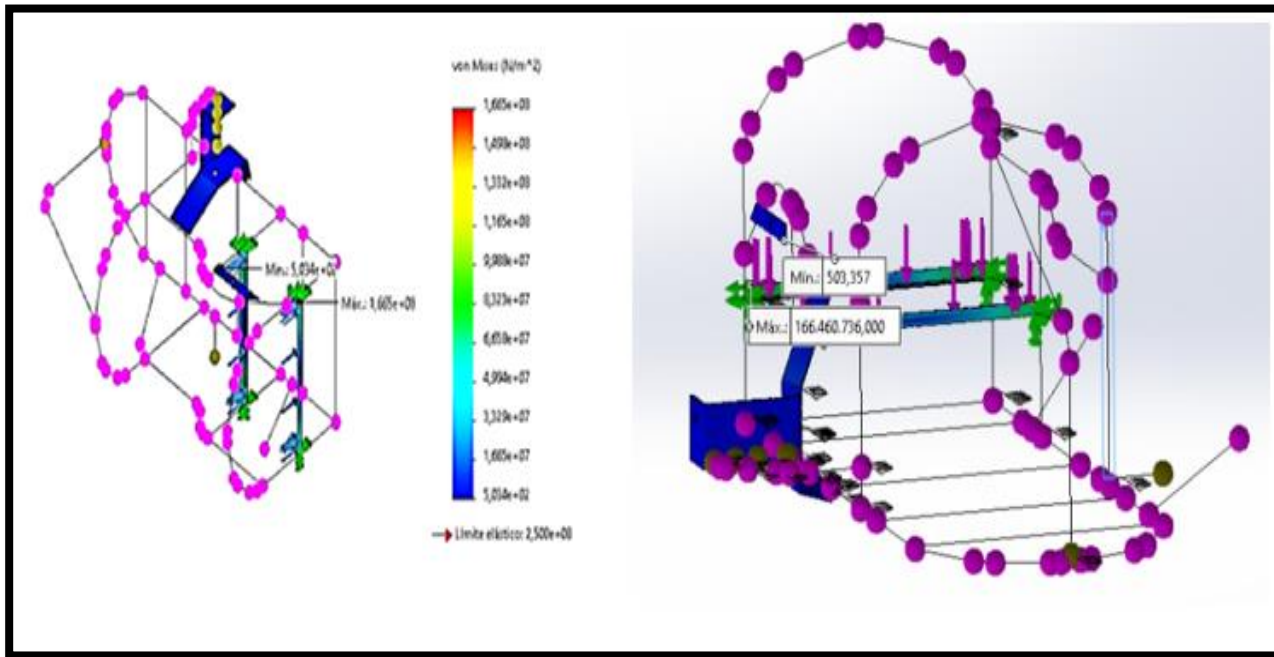


1,5



CARGAS VIVAS

Esfuerzo

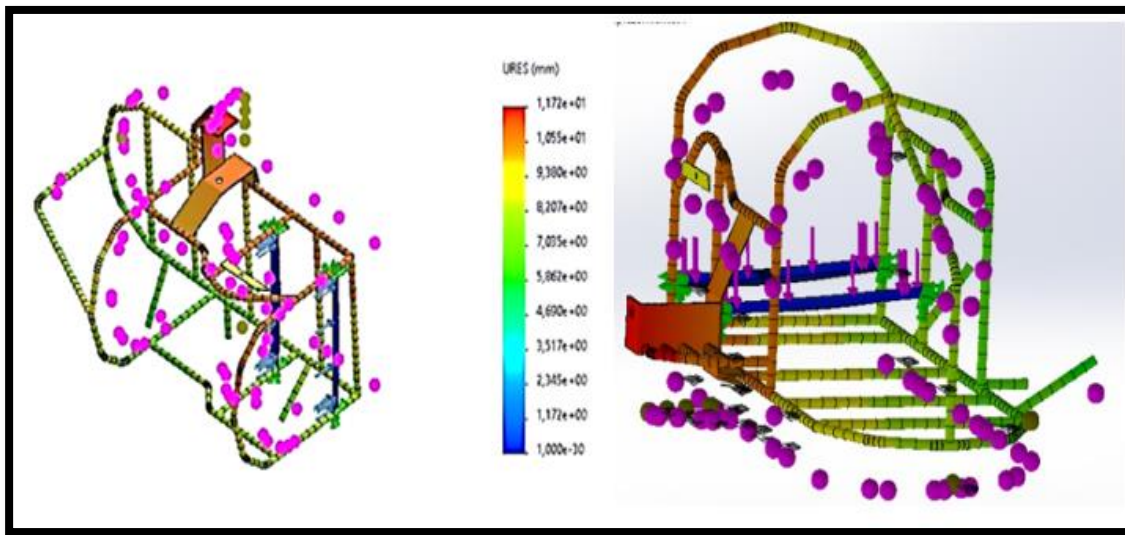


1.085 MPa



CARGAS VIVAS

Desplazamiento



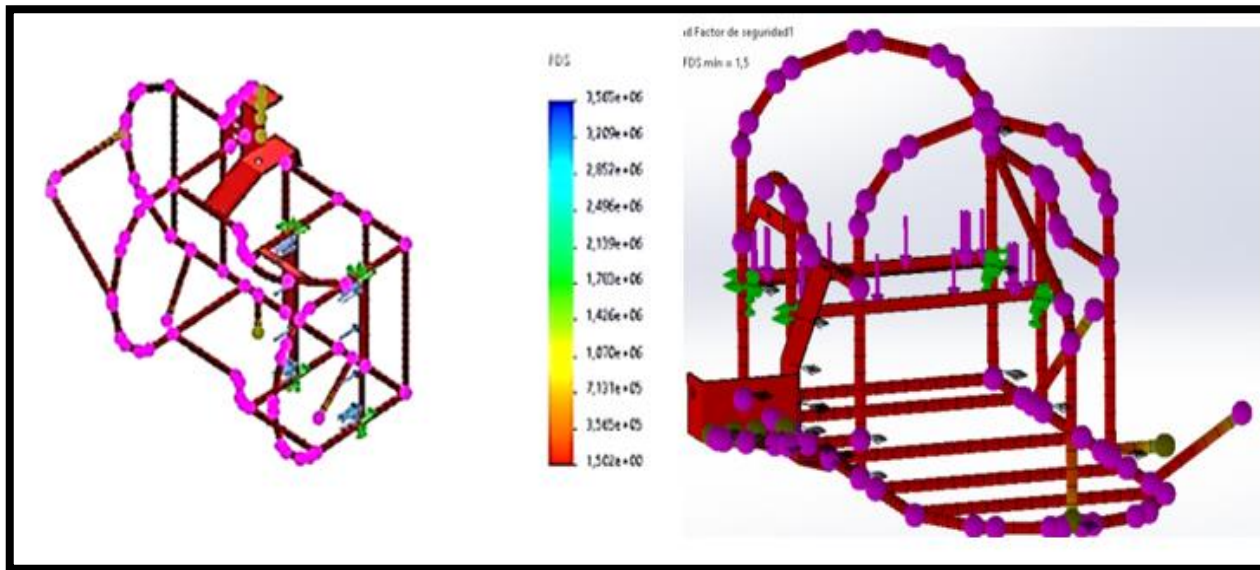
0,87 mm



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CARGAS VIVAS

Factor de seguridad



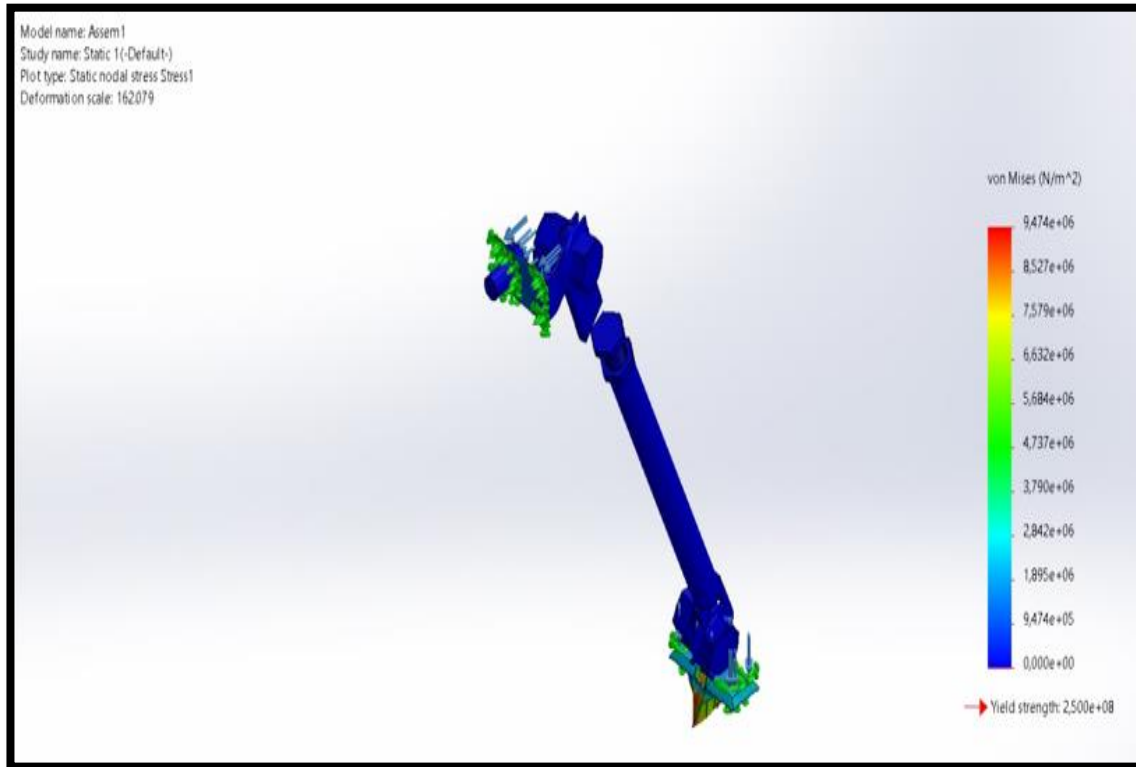
13,5



SIMULACIÓN DE MODELADO 3D

MECANISMO DE SUJECCIÓN

Esfuerzo

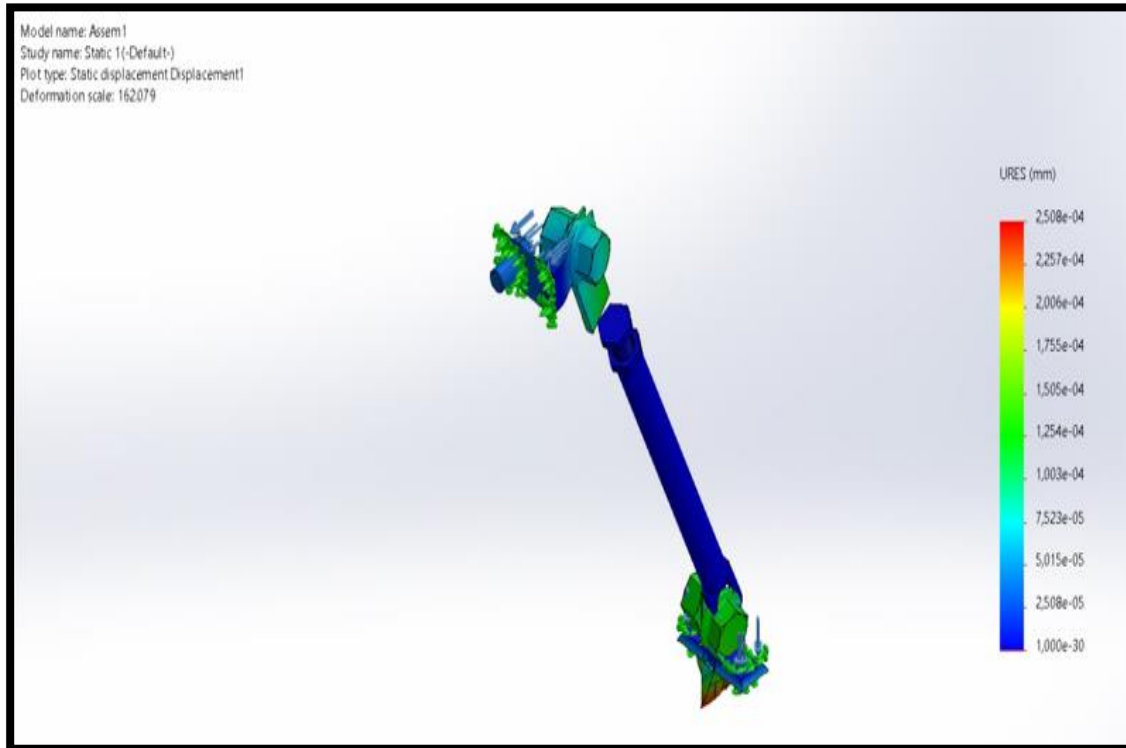


Cargas vivas de 1177.2 N, y Cargas muertas de 686.7 N

$$9.47 * 10^6 \frac{N}{m^2}$$



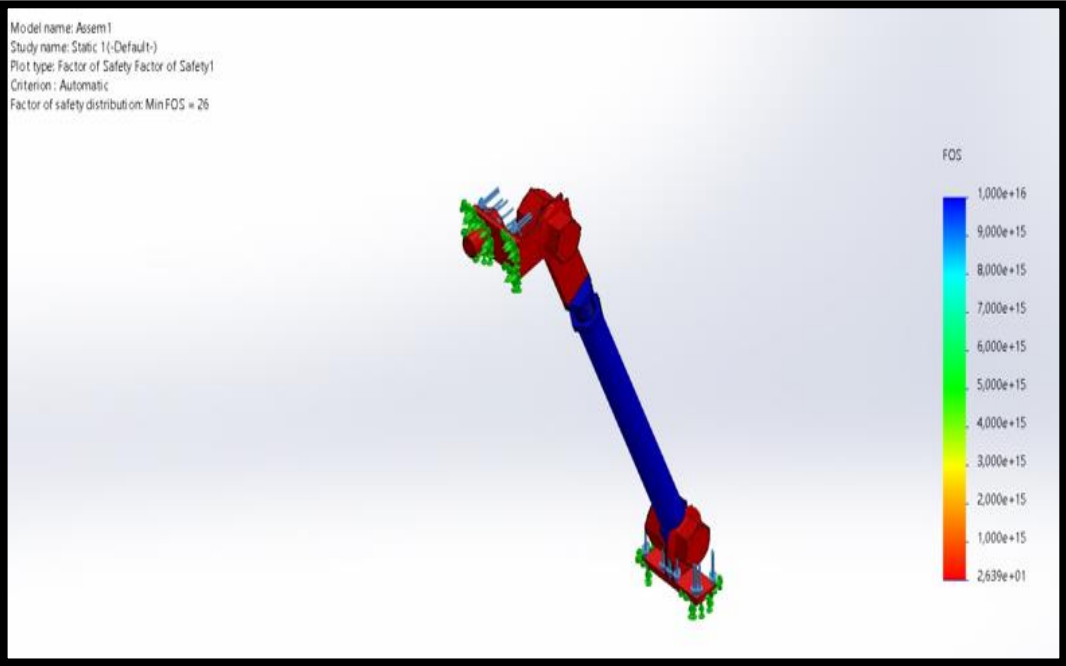
Desplazamiento



$$2.508 * 10^{-4} mm$$



Factor de seguridad



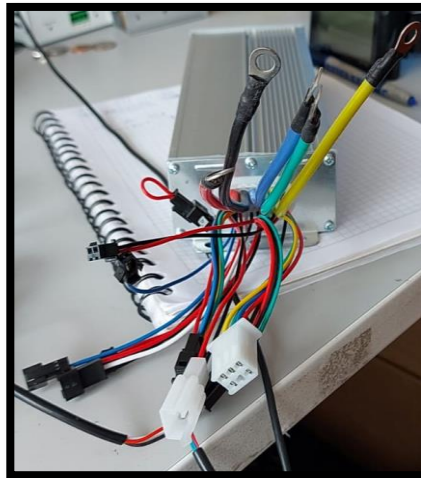
26,93



SELECCIÓN DE COMPONENTES

CONTROLADORES

Factor de selección	Controlador 1	Controlador 2	Controlador 3
Nº de funciones	23	22	25
Potencia (w)	800 – 1600	450 – 1200	800 – 2000
Corriente (A)	30	25	26 – 35
Tensión (v)	48	36 – 60	36 – 48



MOTORES ELÉCTRICOS

Factor de selección	Motor eléctrico 1	Motor eléctrico 2	Motor eléctrico 3
Tamaño de rueda mm (in)	177.8 (7)	152.4 (6)	127 (5)
Peso (kg)	11.95	13	5.87
Potencia (w)	1500	2000	500
Velocidad ($\frac{Km}{h}$)	45 – 50	45 – 65	35 – 45

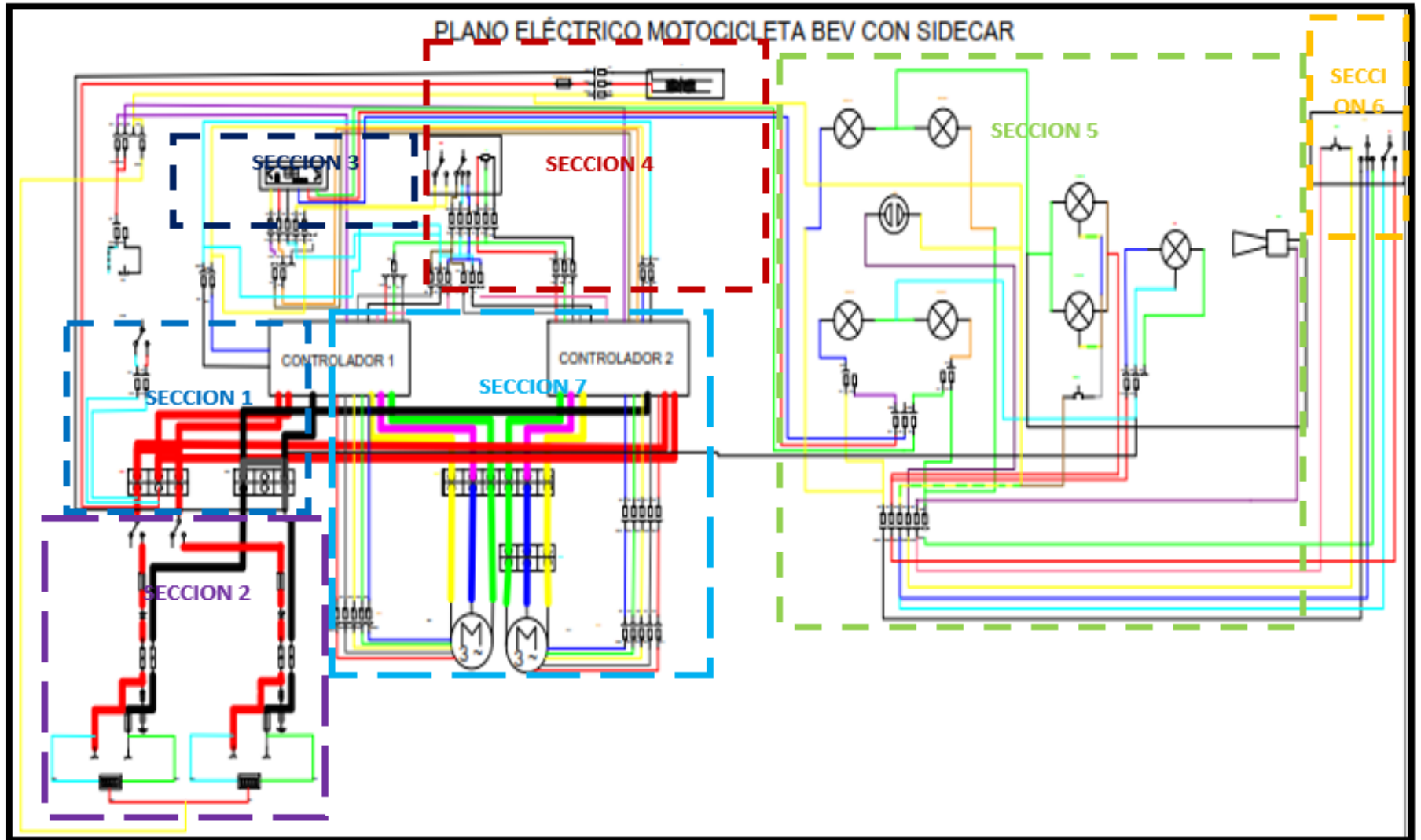


BATERÍAS

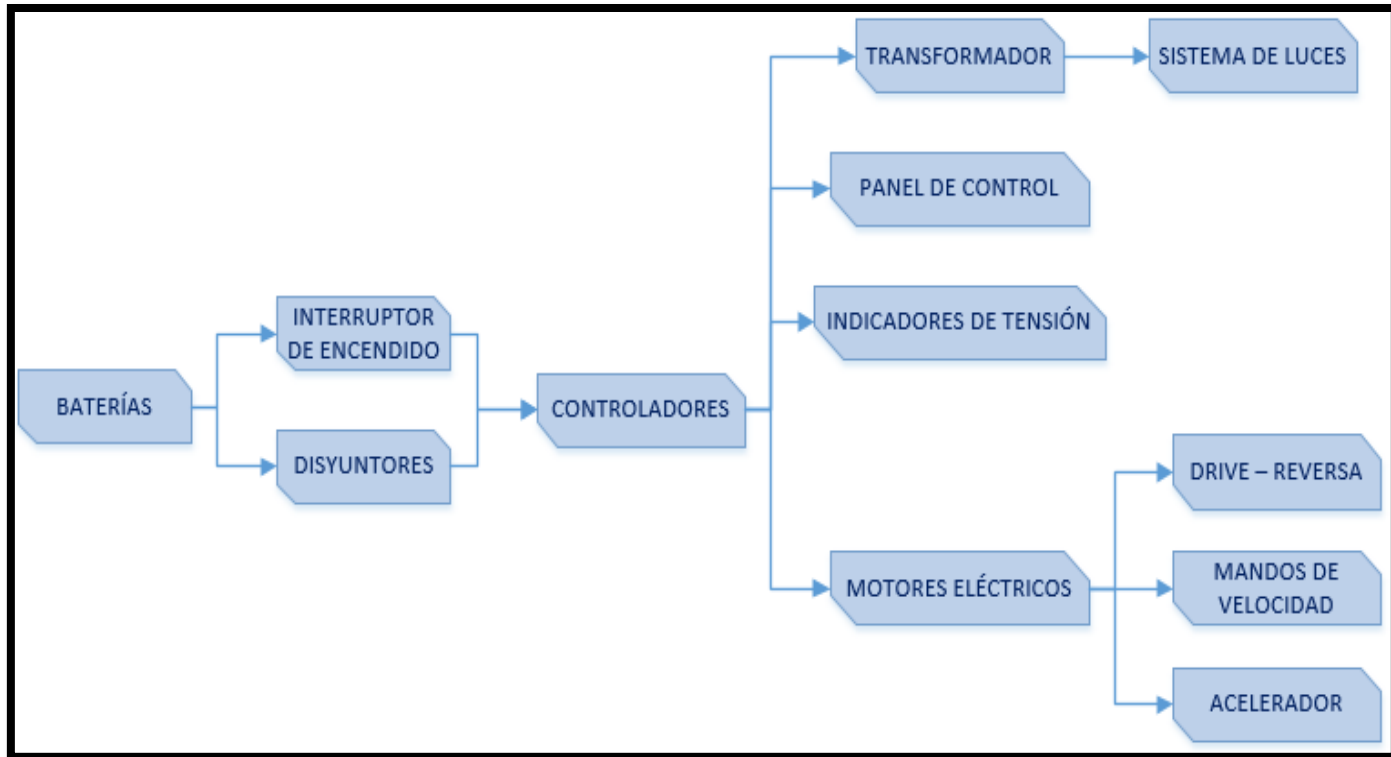
Factor de selección	Batería 1	Batería 2
Parámetro	Ion litio	Ácido Plomo
Tensión (v)	48	48
Corriente (A)	32.2	30.2
Peso (Kg)	13	17
Baterías orgánicas	Si	No



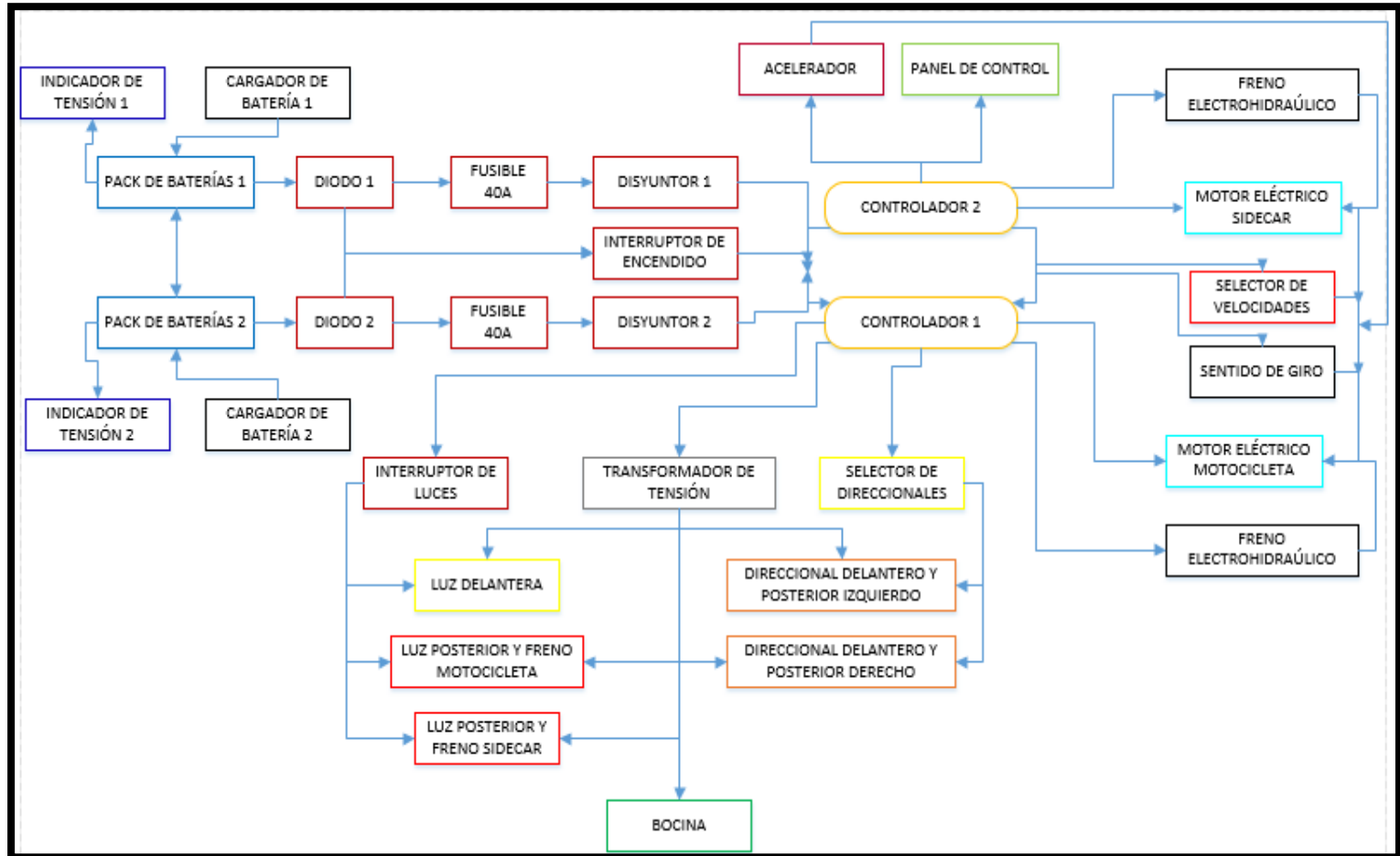
DISEÑO DE CONEXIONES



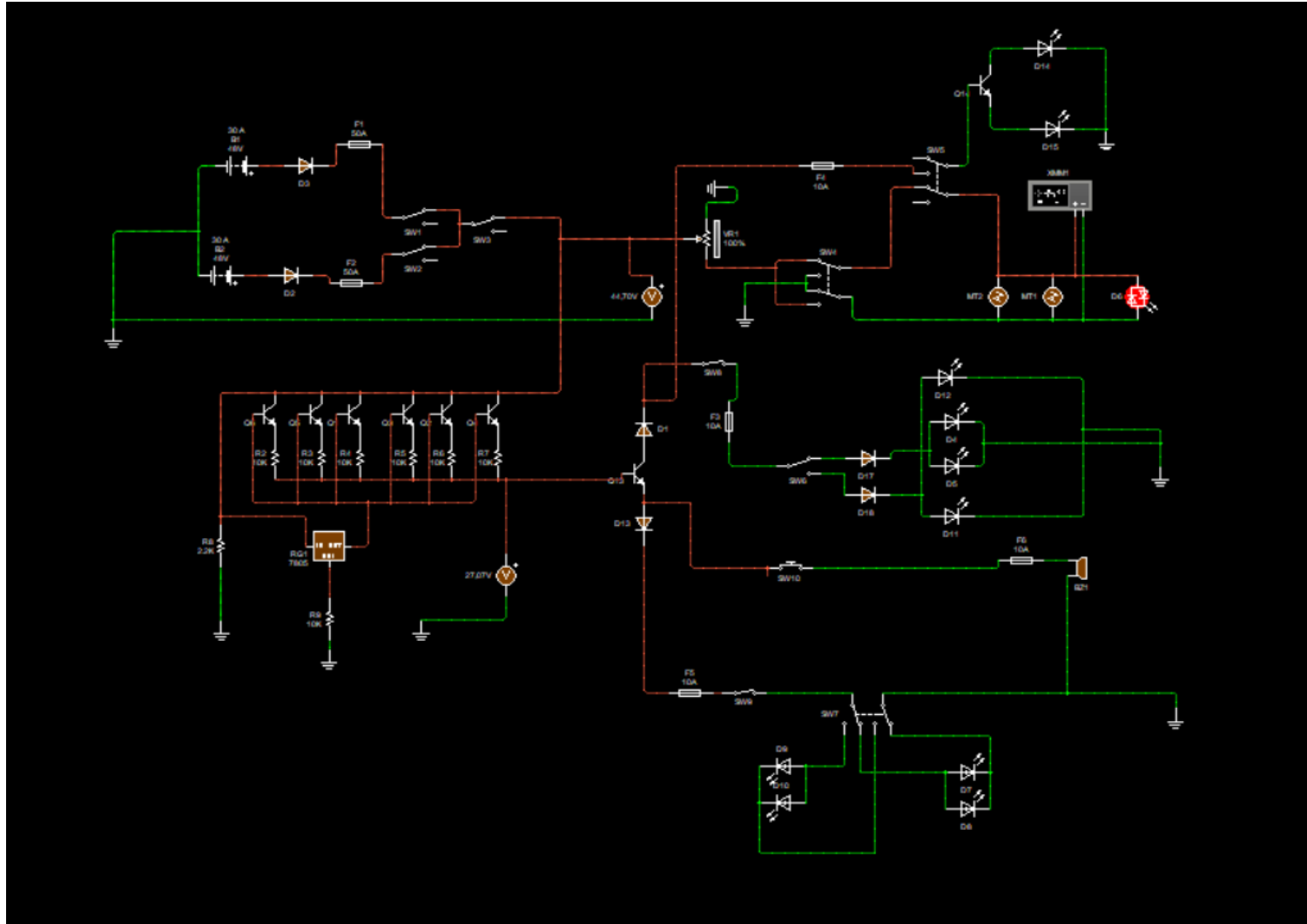
ACCIONAMIENTO DEL SISTEMA



FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA



SIMULACIÓN DEL SISTEMA

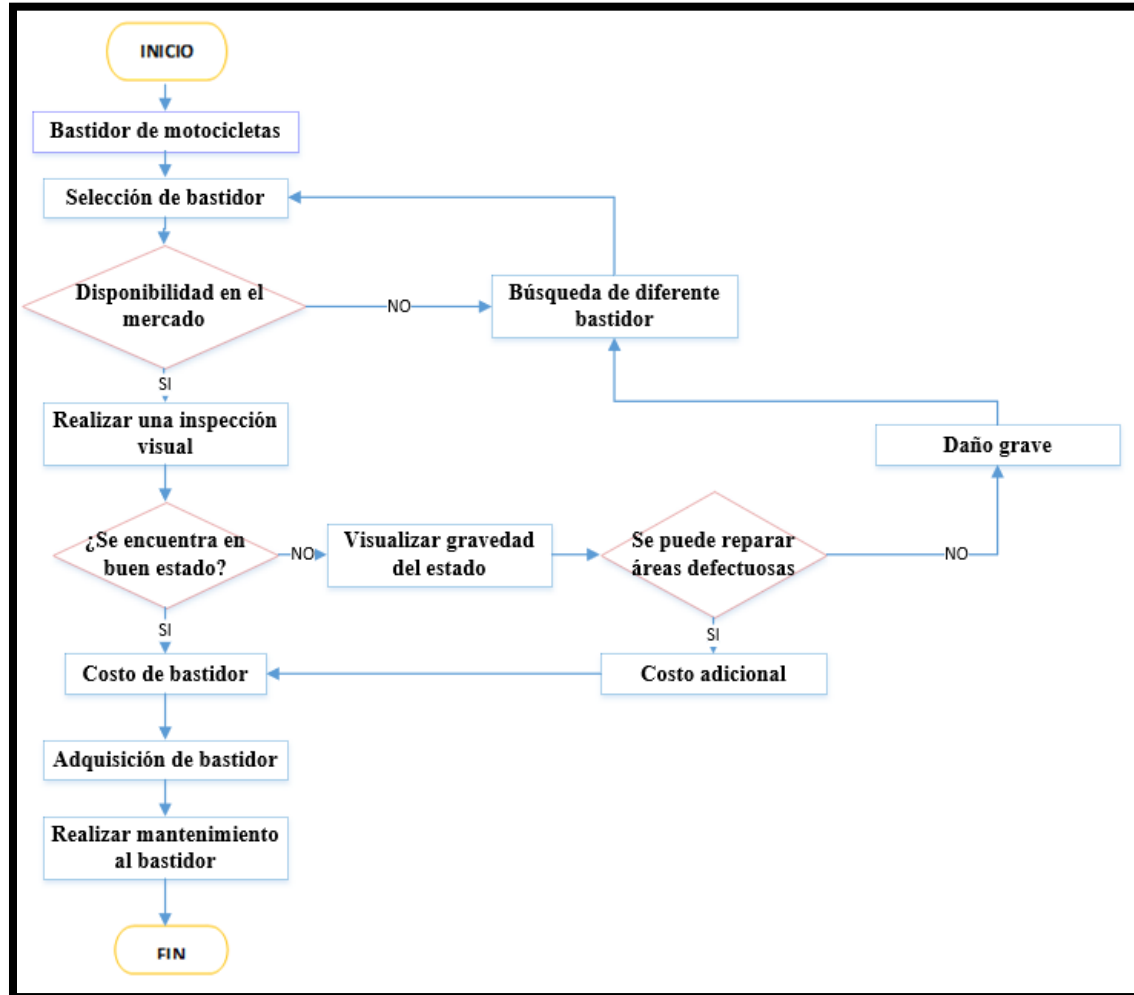


CONSTRUCCIÓN DE LA MOTOCICLETA CON SIDECAR ELÉCTRICO

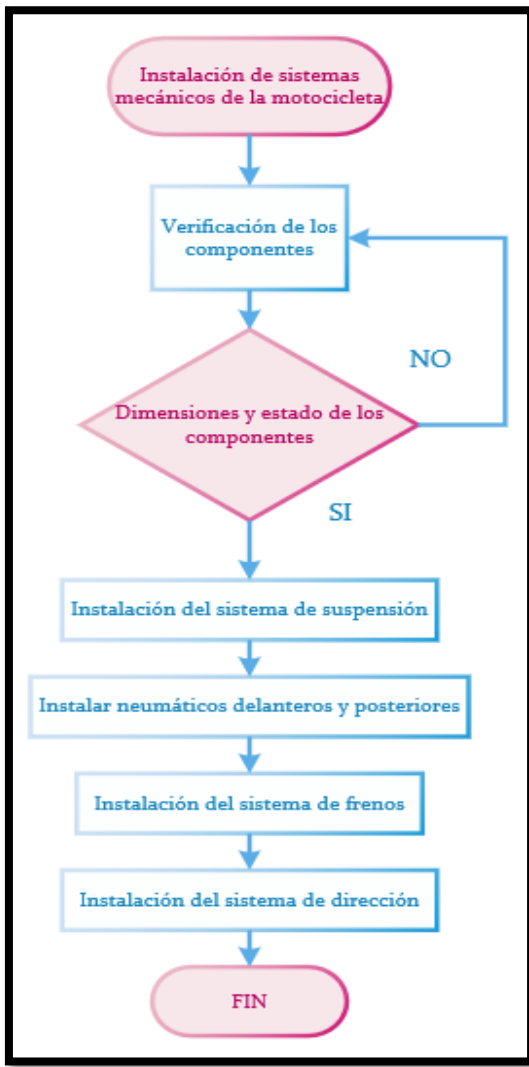


MOTOCICLETA

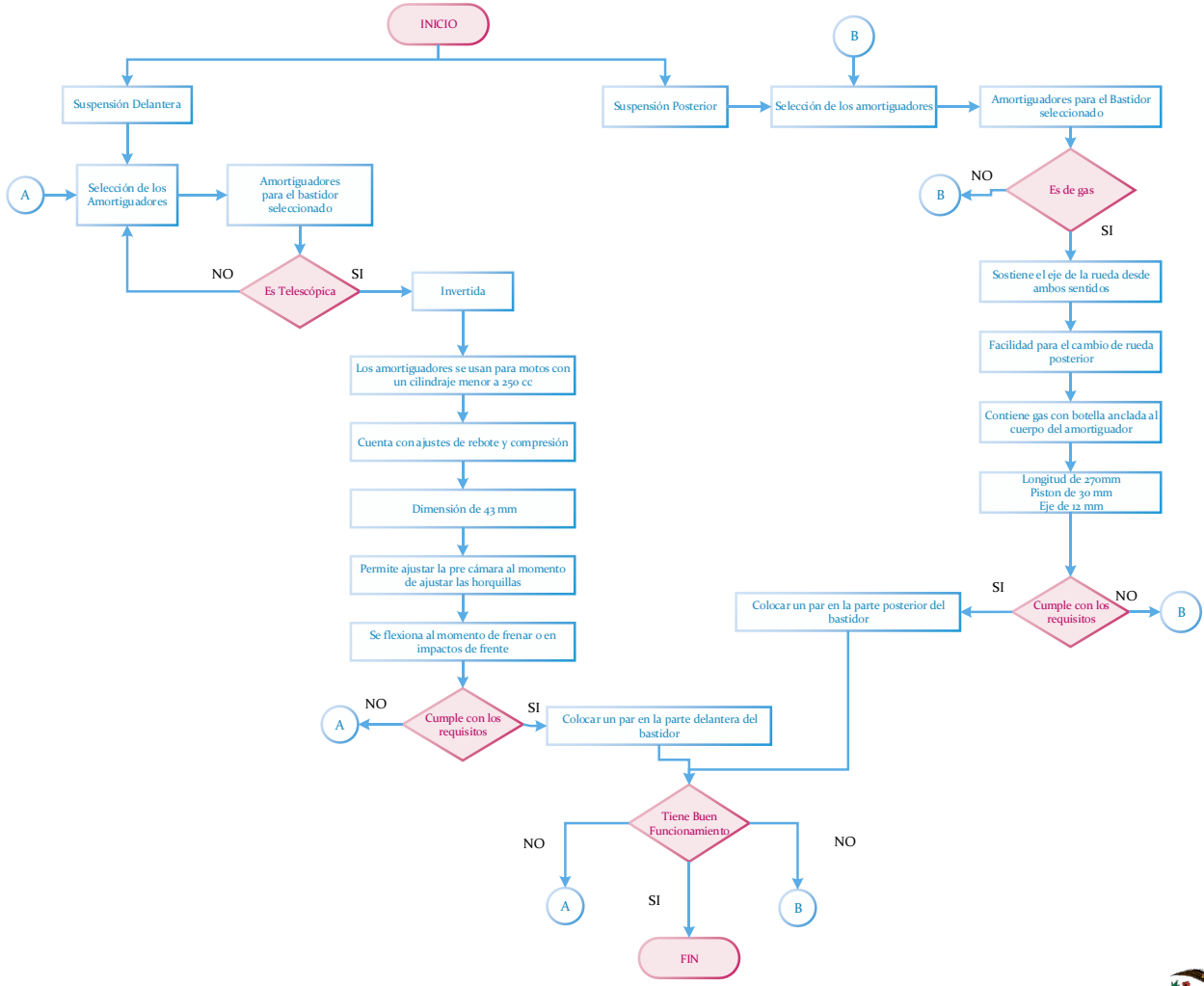
SELECCIÓN DE BASTIDOR



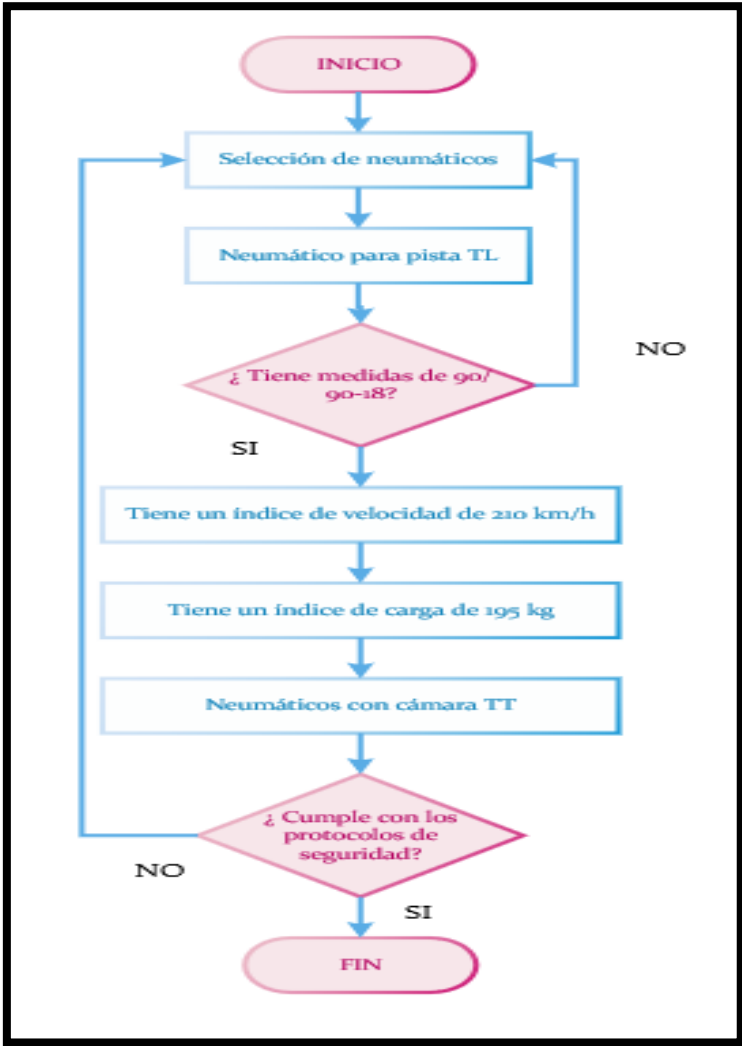
INSTALACIÓN DE SISTEMAS MECÁNICOS



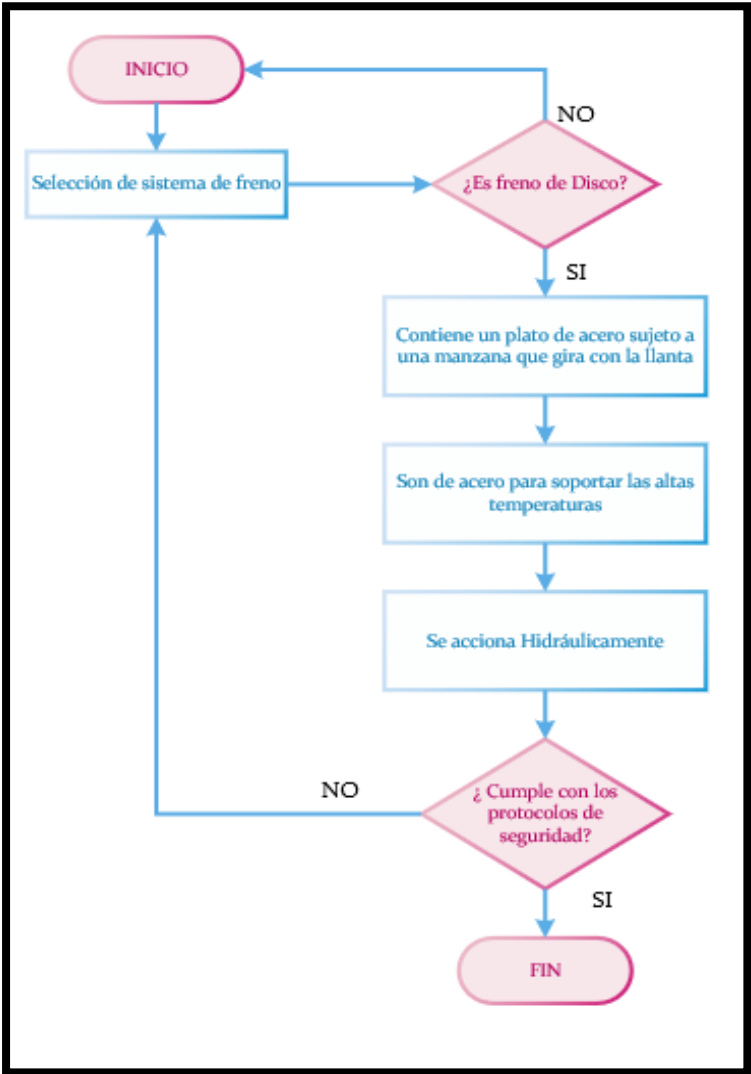
SISTEMA DE SUSPENSIÓN



SELECCIÓN NEUMÁTICO POSTERIOR

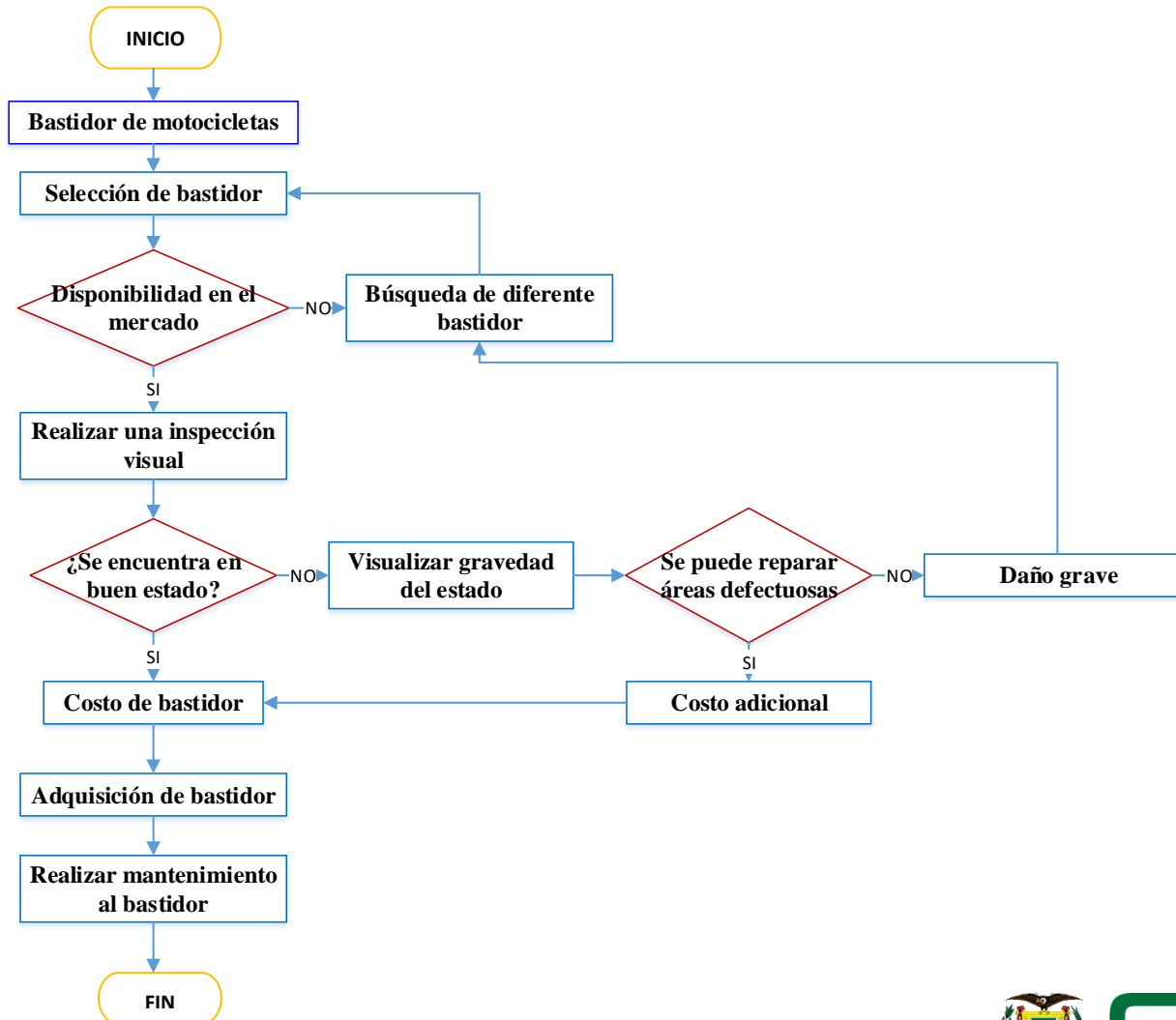


SISTEMA DE FRENOS

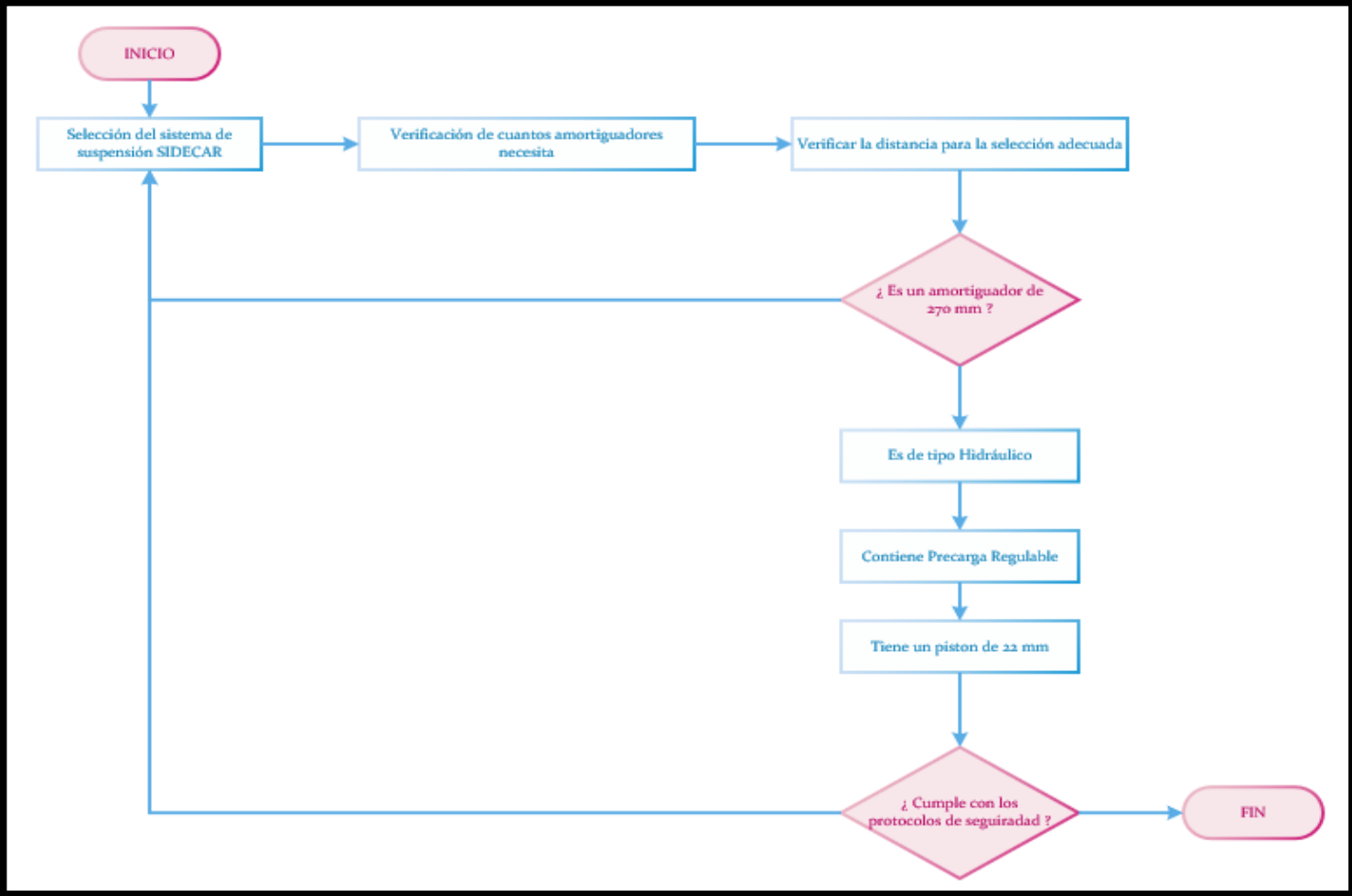


SIDECAR

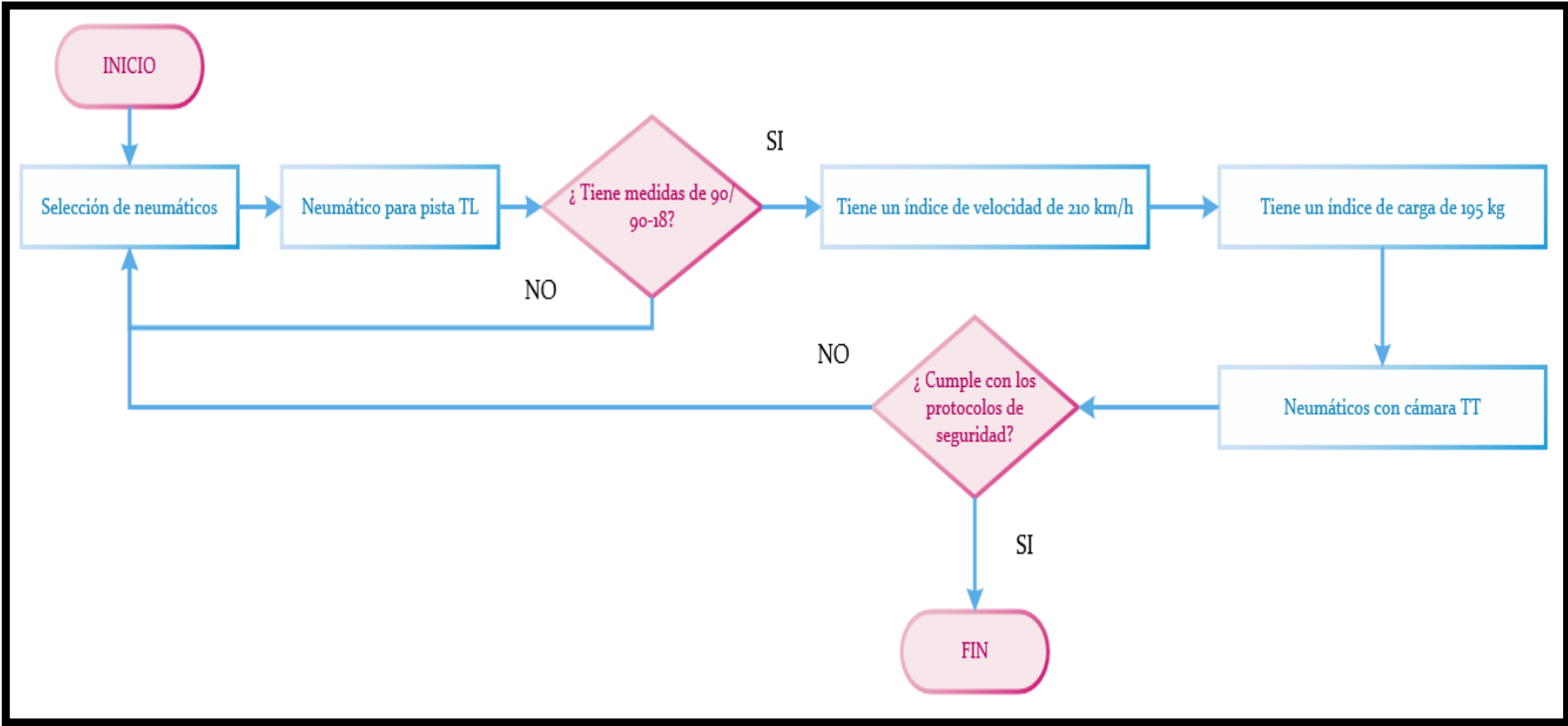
ELABORACIÓN DEL BASTIDOR



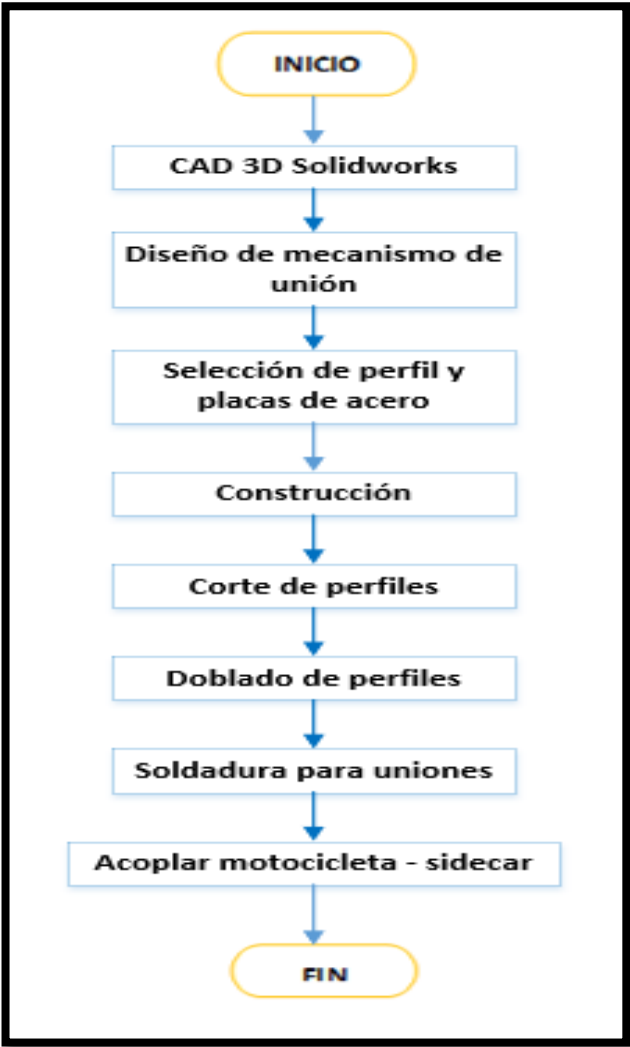
SISTEMA DE SUSPENSIÓN



SELECCIÓN NEUMÁTICO

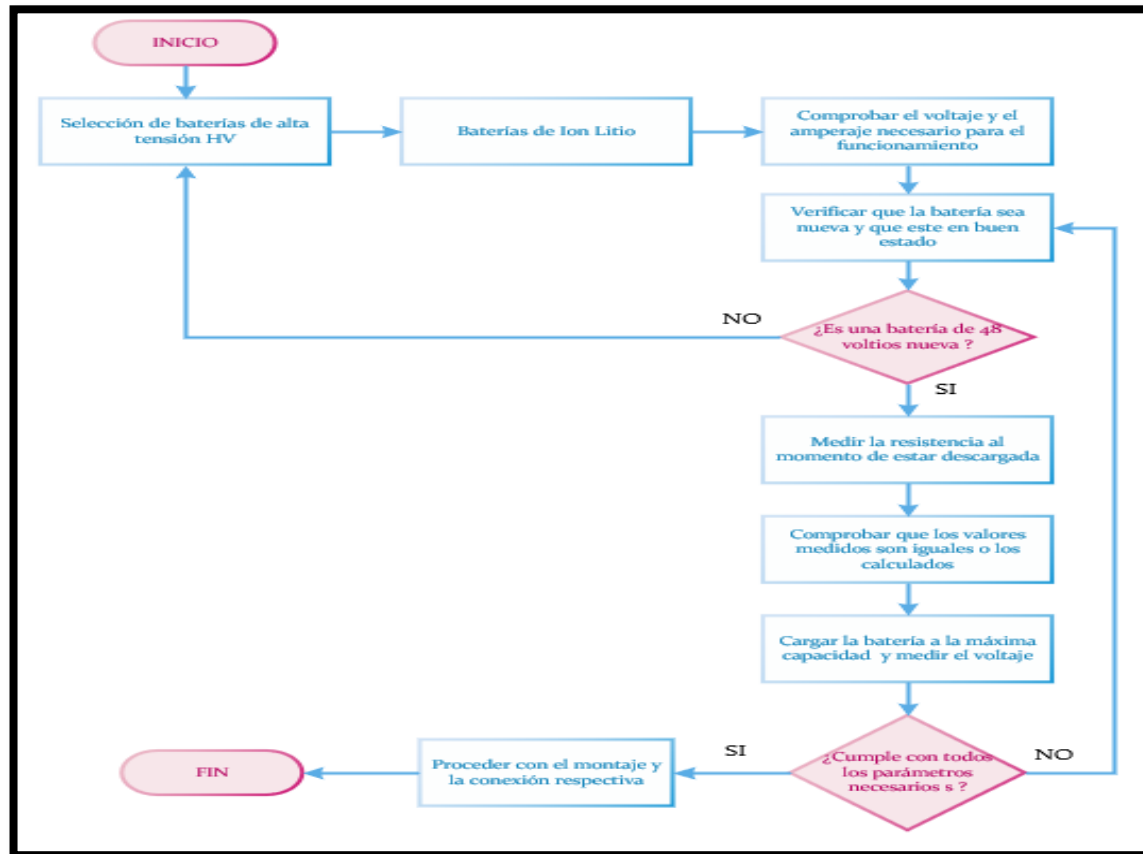


MECANISMO DE UNIÓN

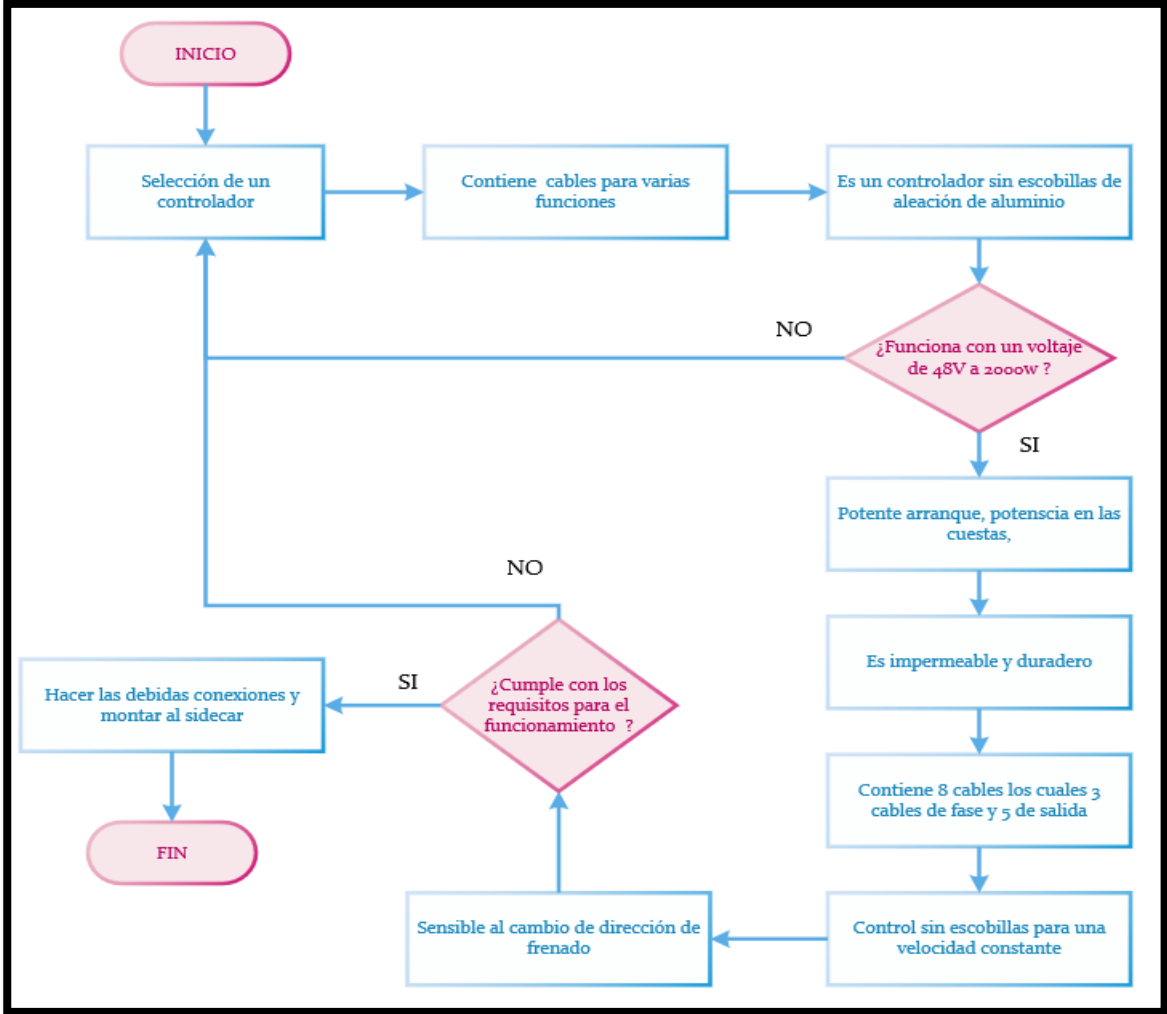


INSTALACIÓN DE COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELÉCTRONICOS

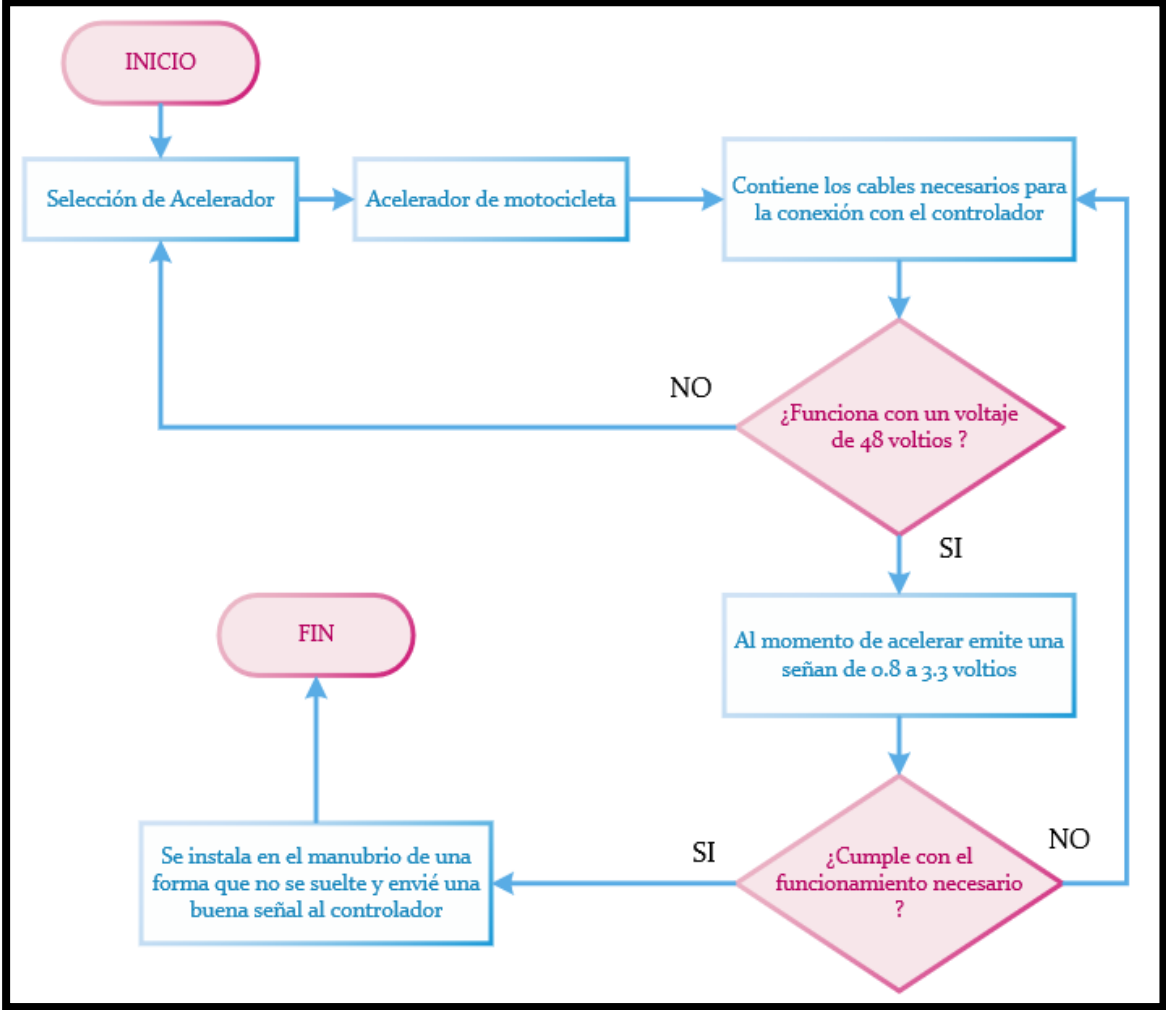
BATERÍAS DE ALTA TENSIÓN



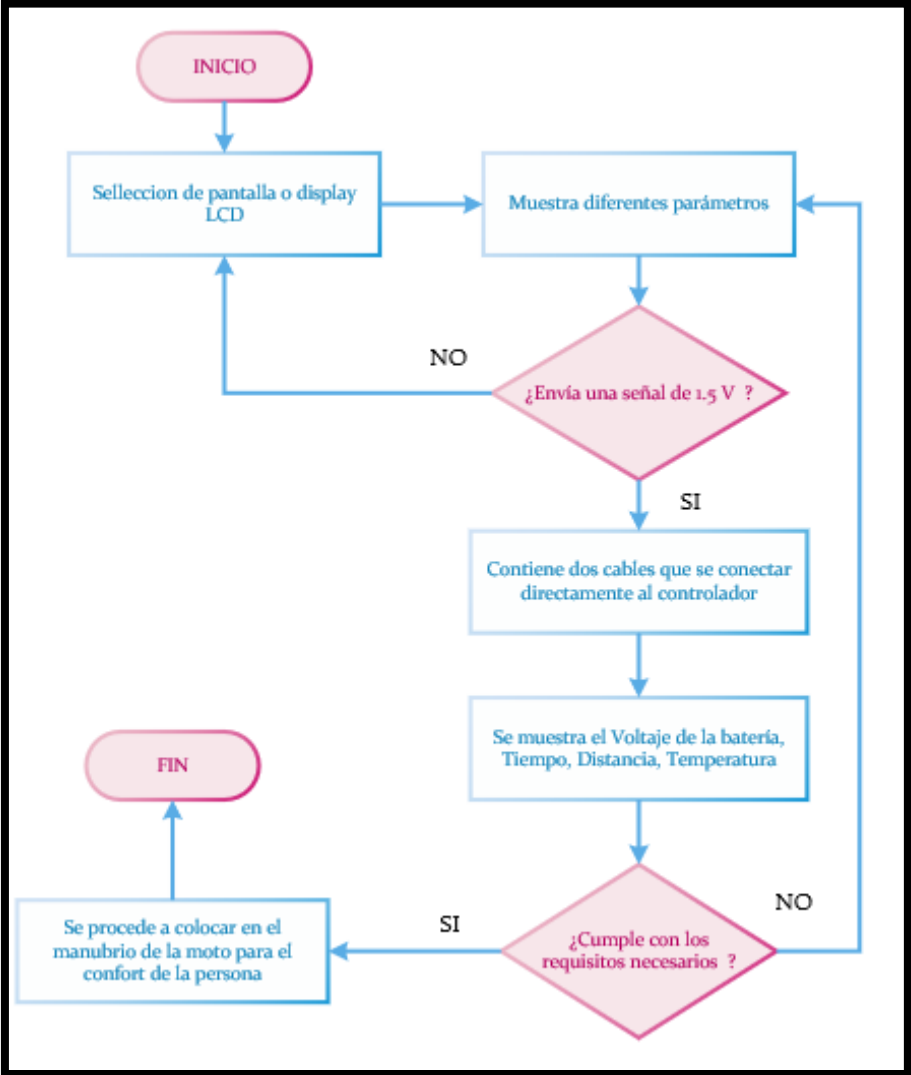
CONTROLADOR ELECTRÓNICO



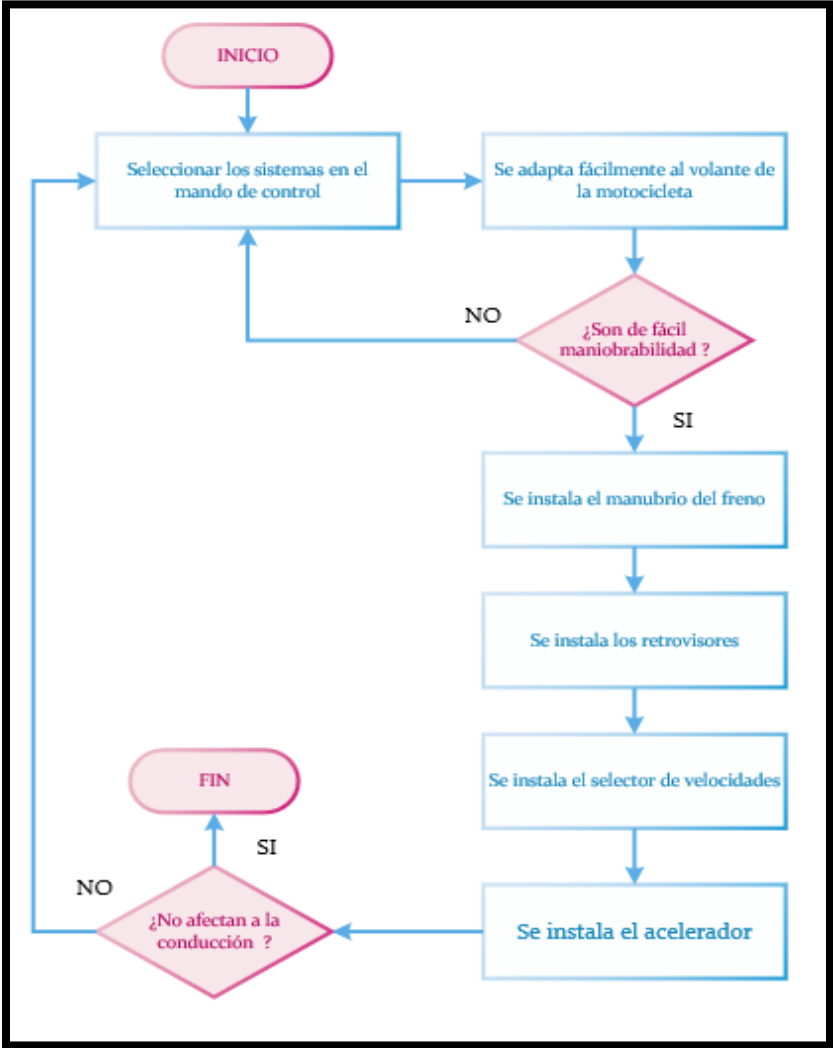
ACELERADOR



PANEL DE CONTROL

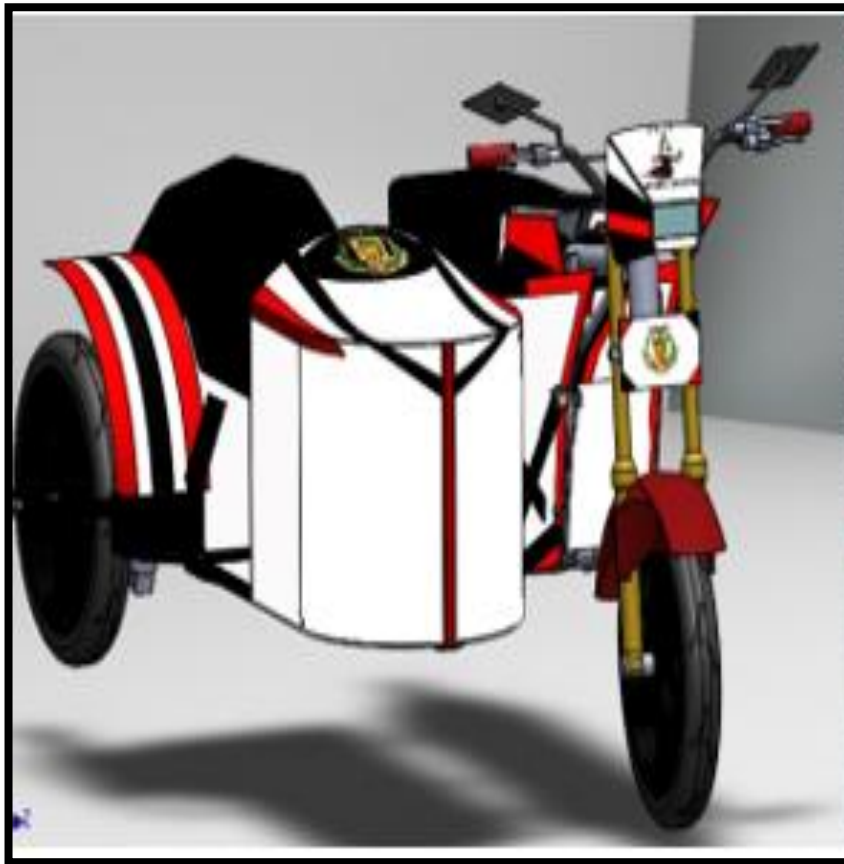


MANDOS DE CONTROL



FABRICACIÓN E INSTALACIÓN DEL CARENADO



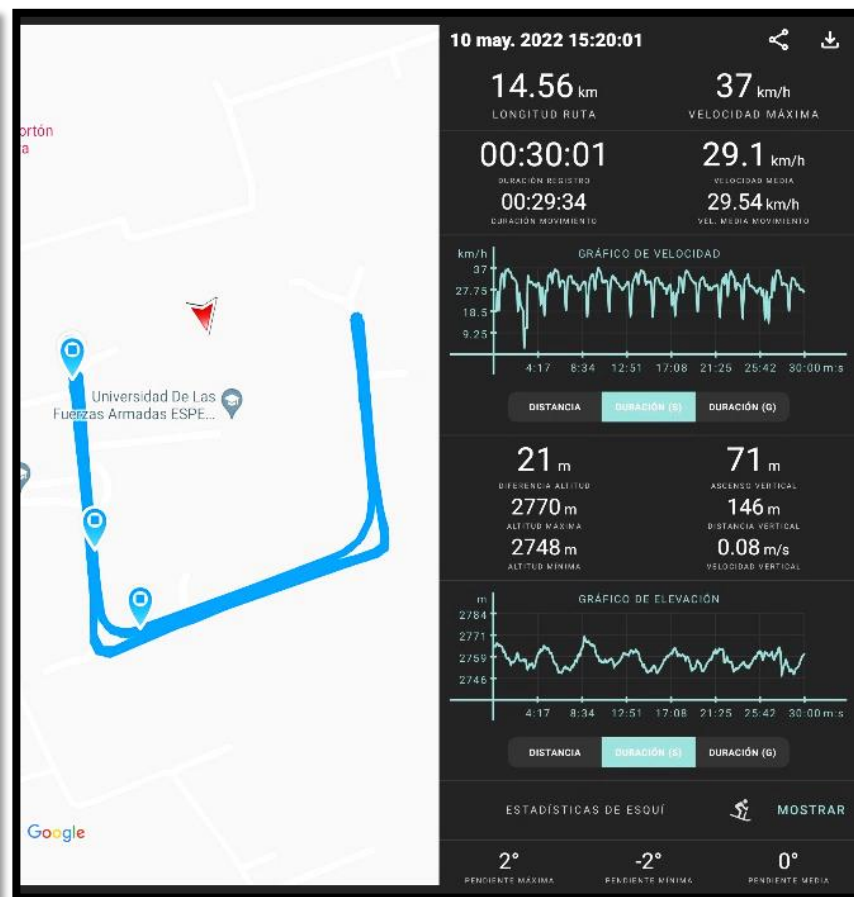
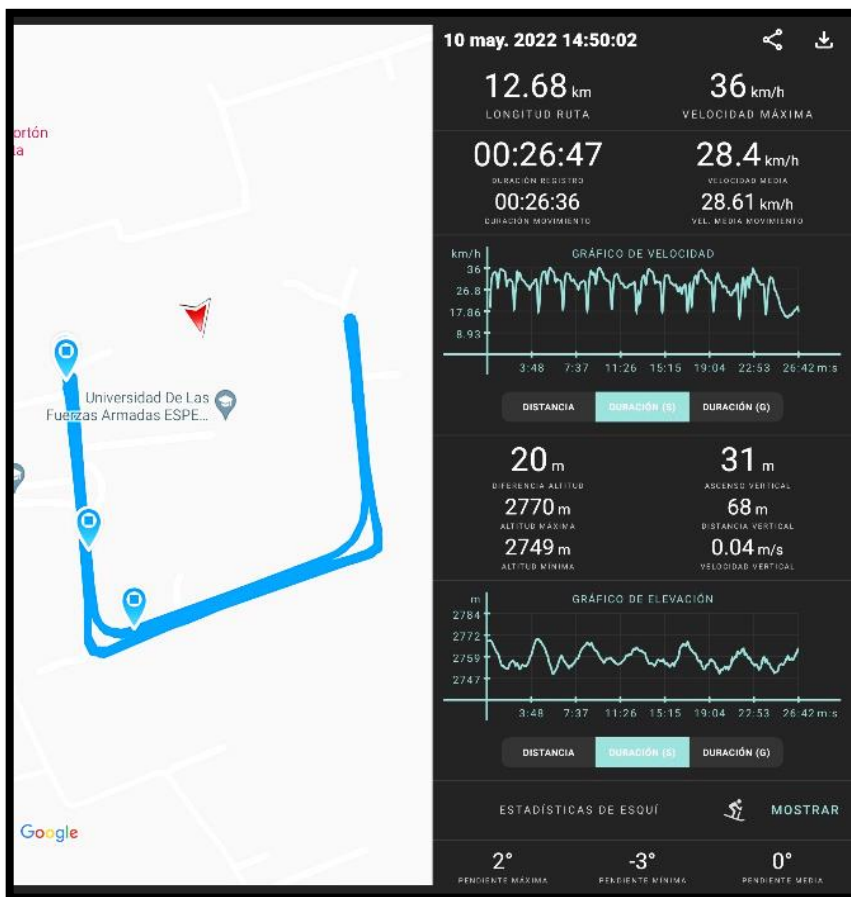


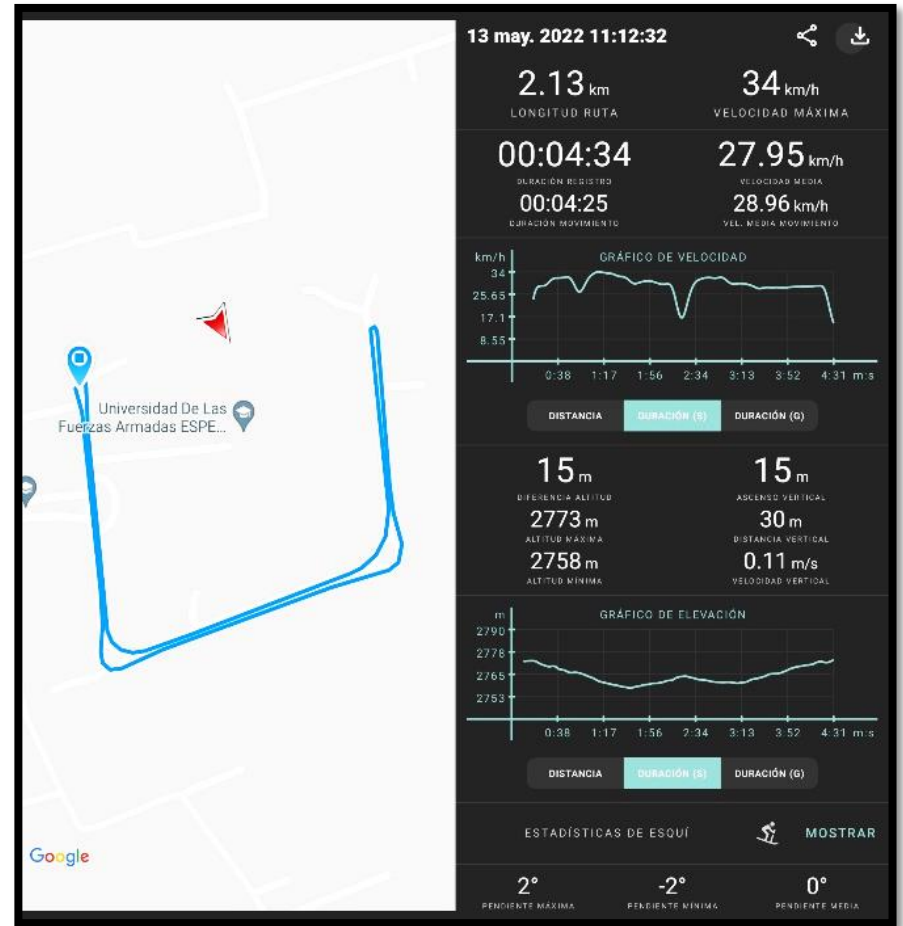
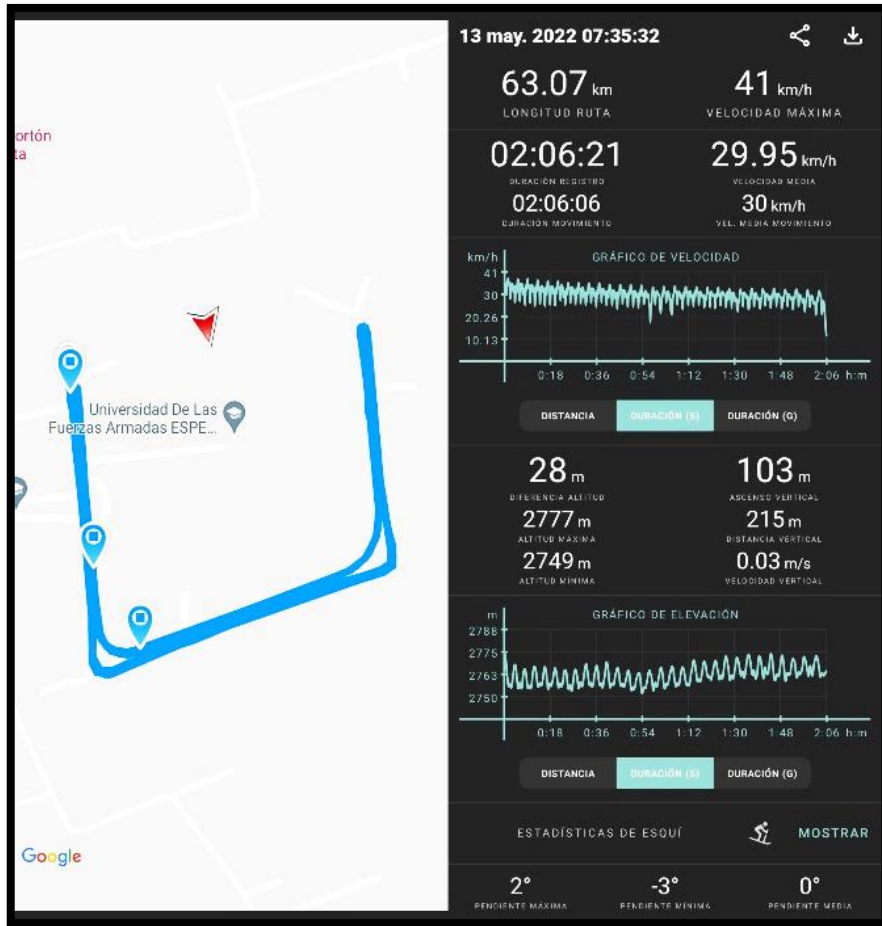
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PRUEBAS DE AUTONOMÍA

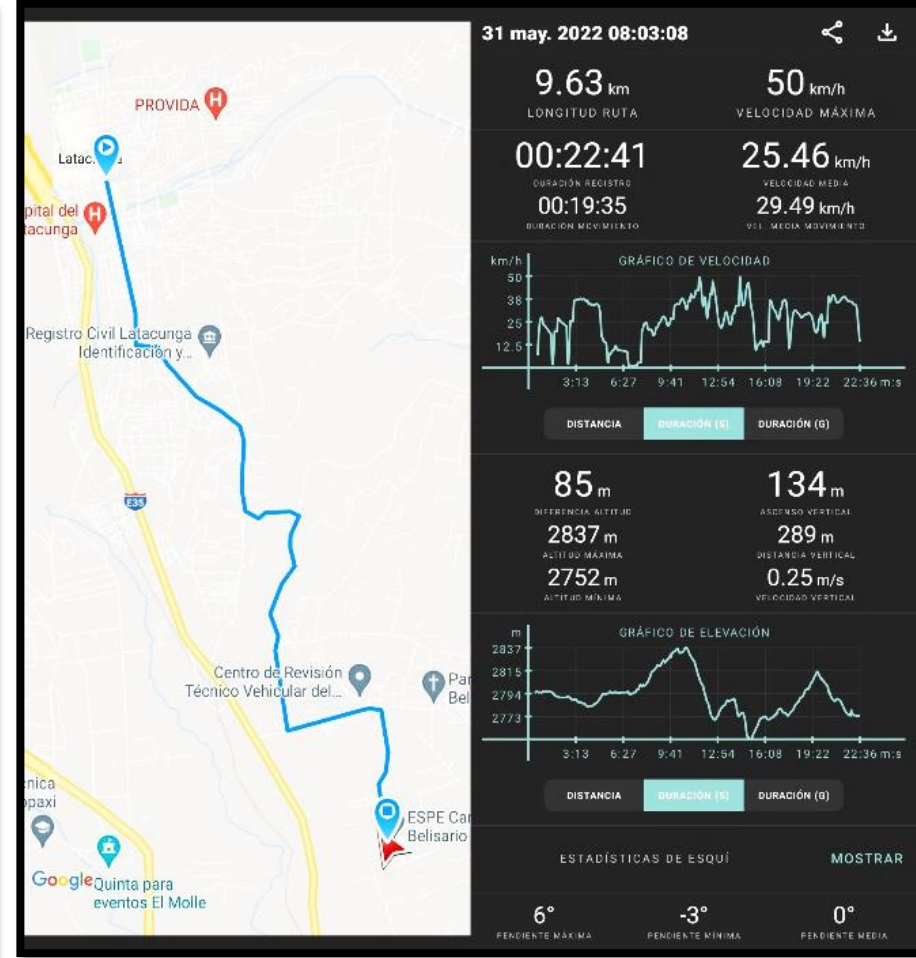
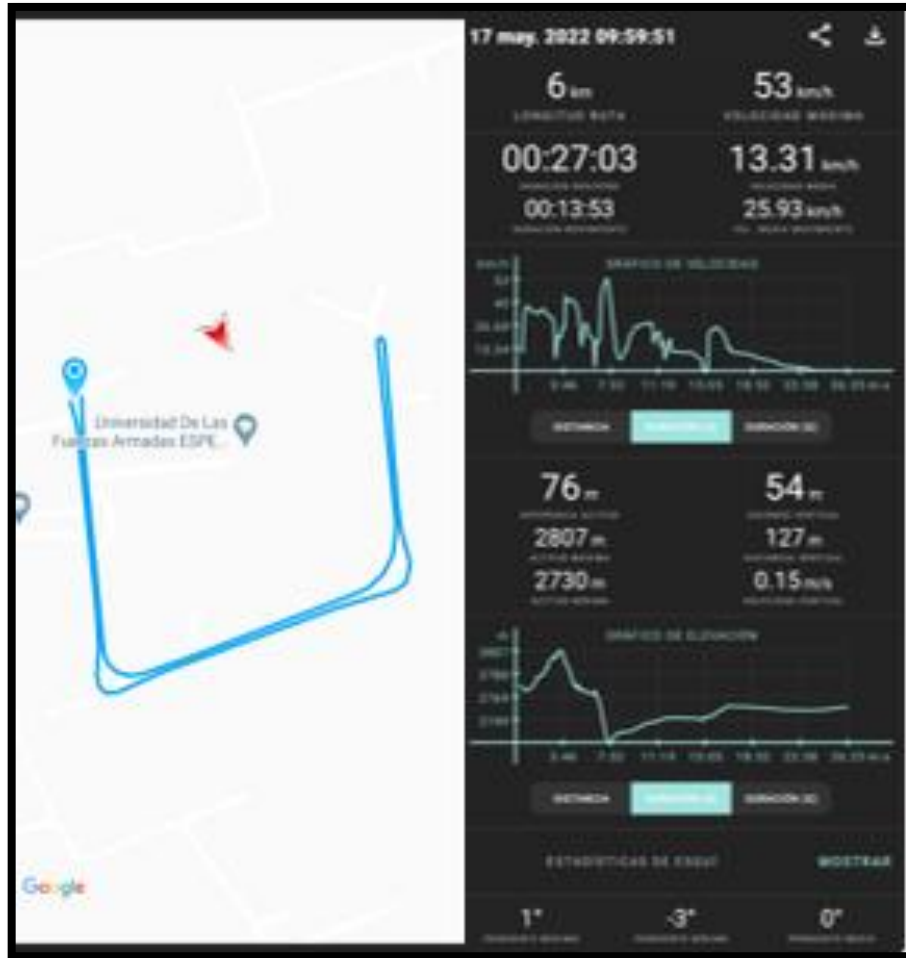


PRUEBAS

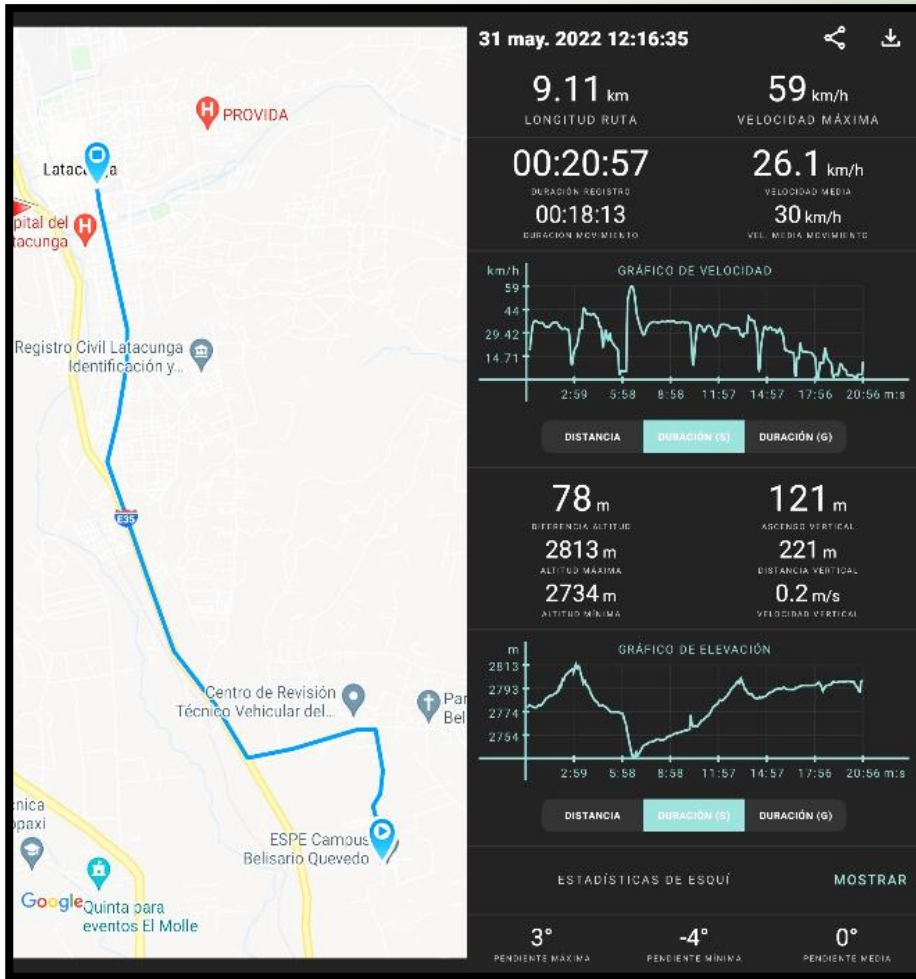




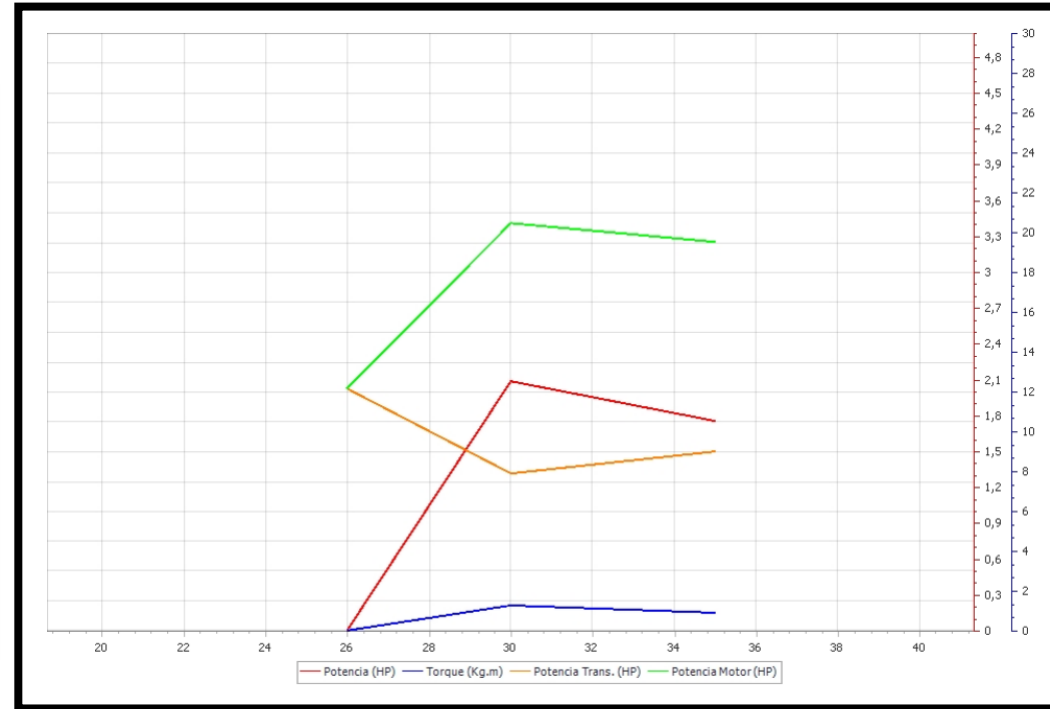
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



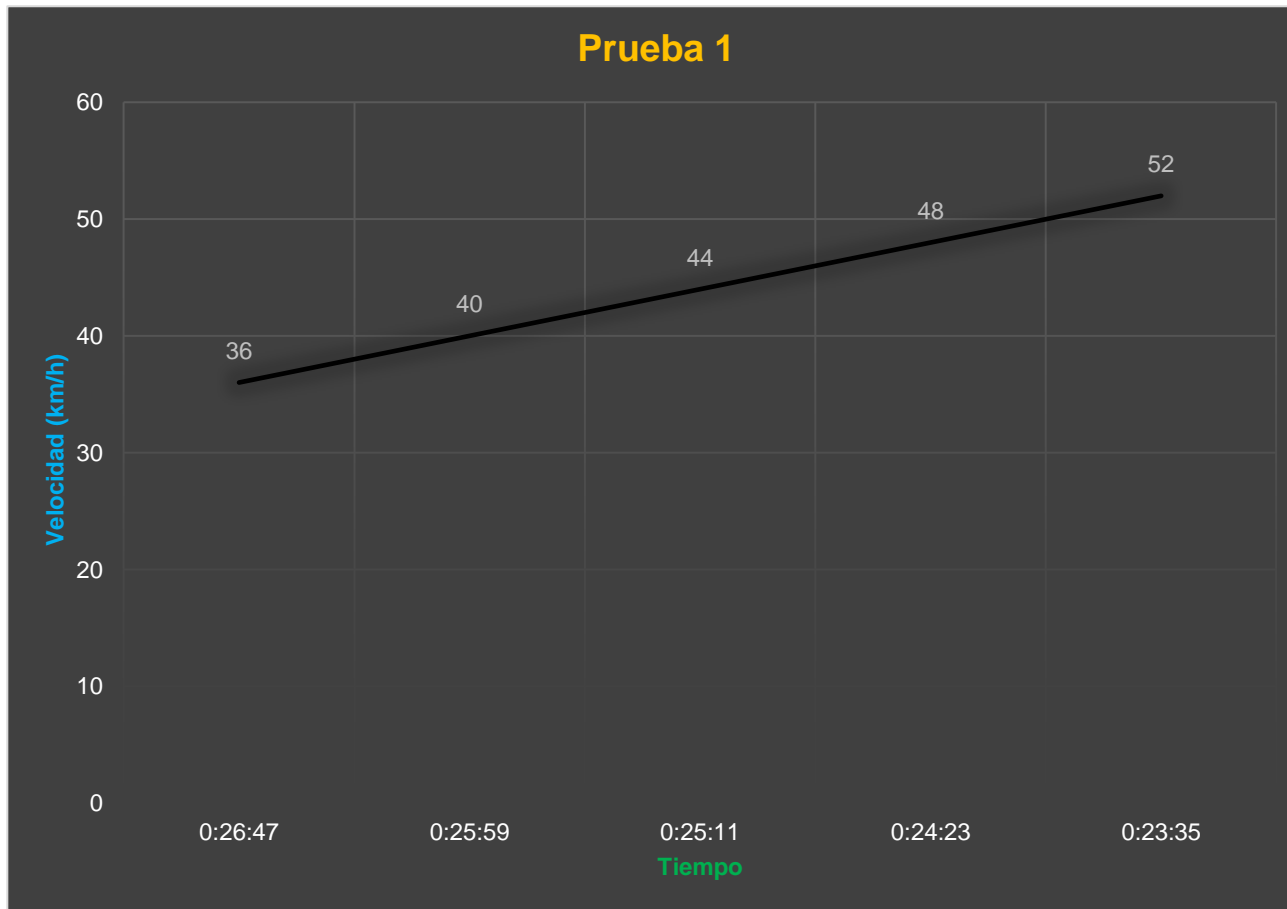
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



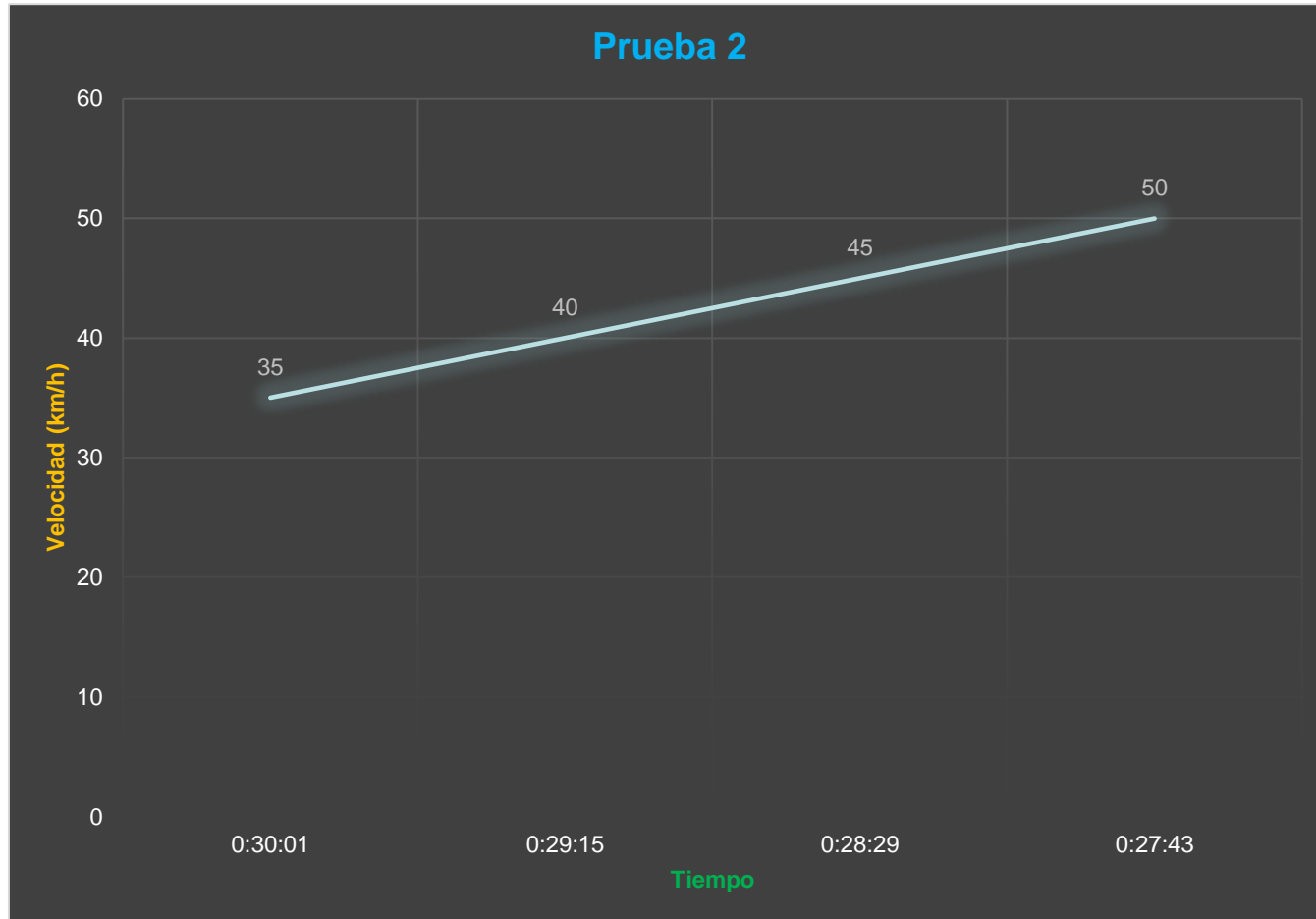
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



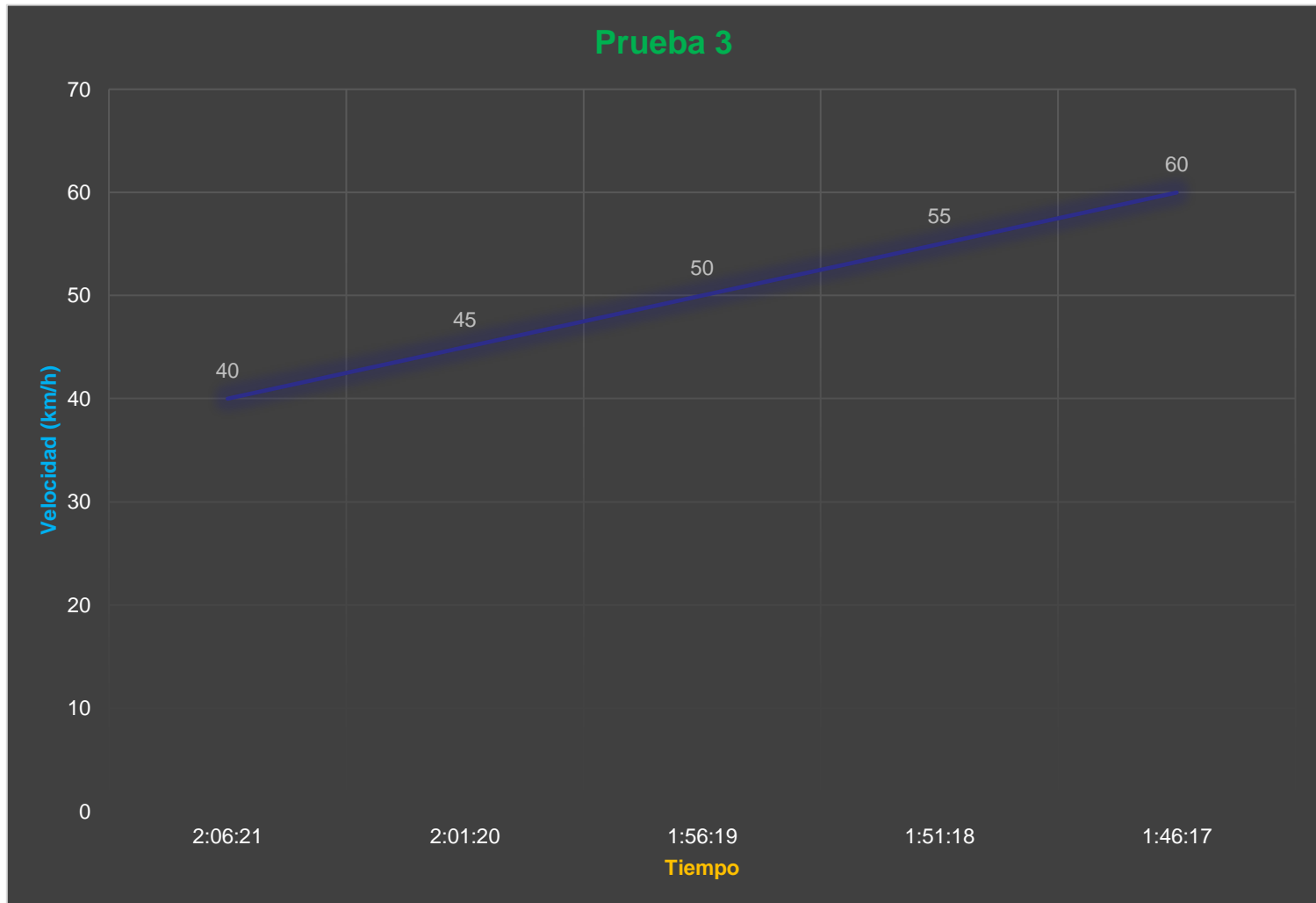
RESULTADOS DE PRUEBAS DINÁMICAS EN ZONA URBANA



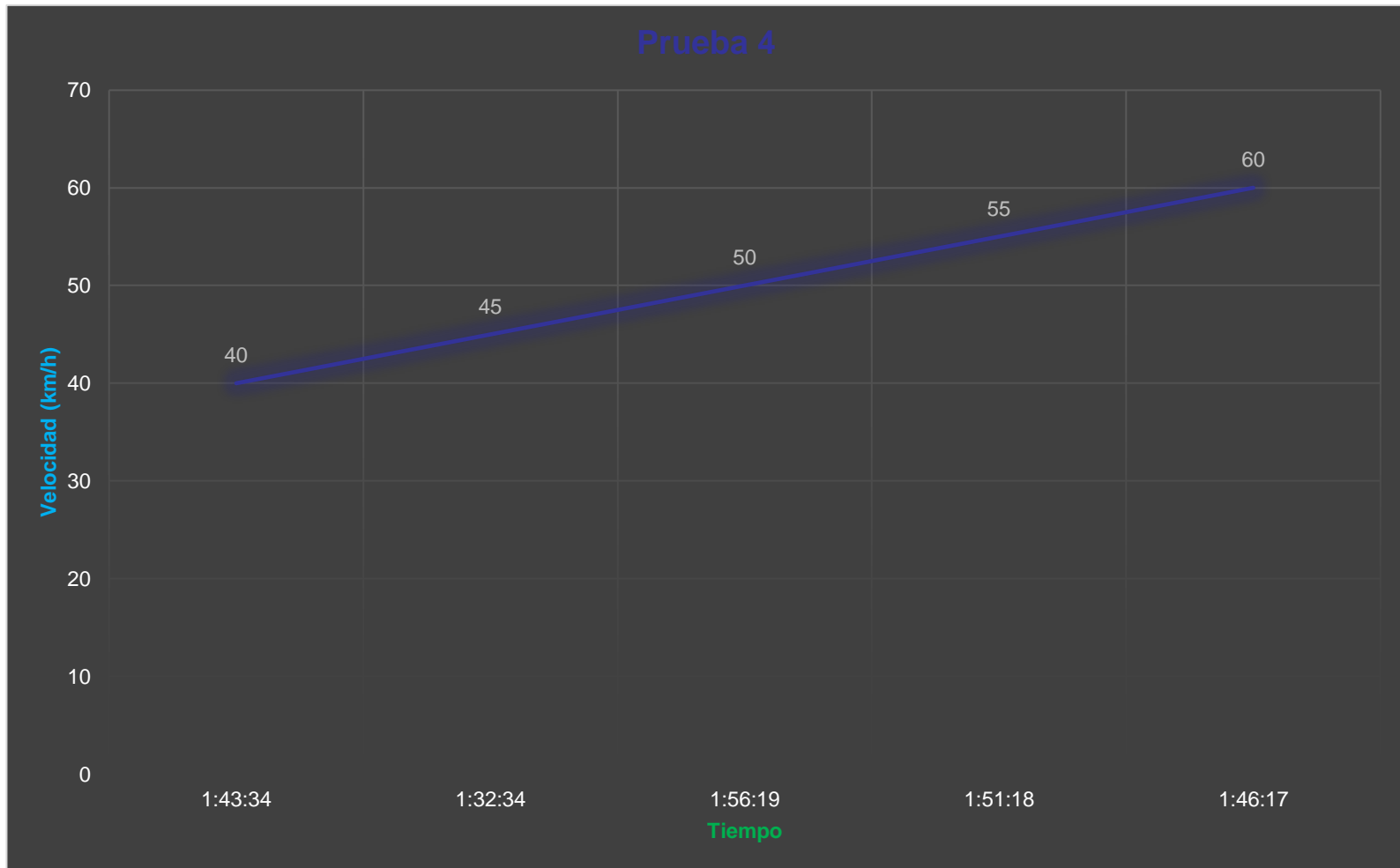
RESULTADOS DE PRUEBAS DINÁMICAS EN ZONA URBANA



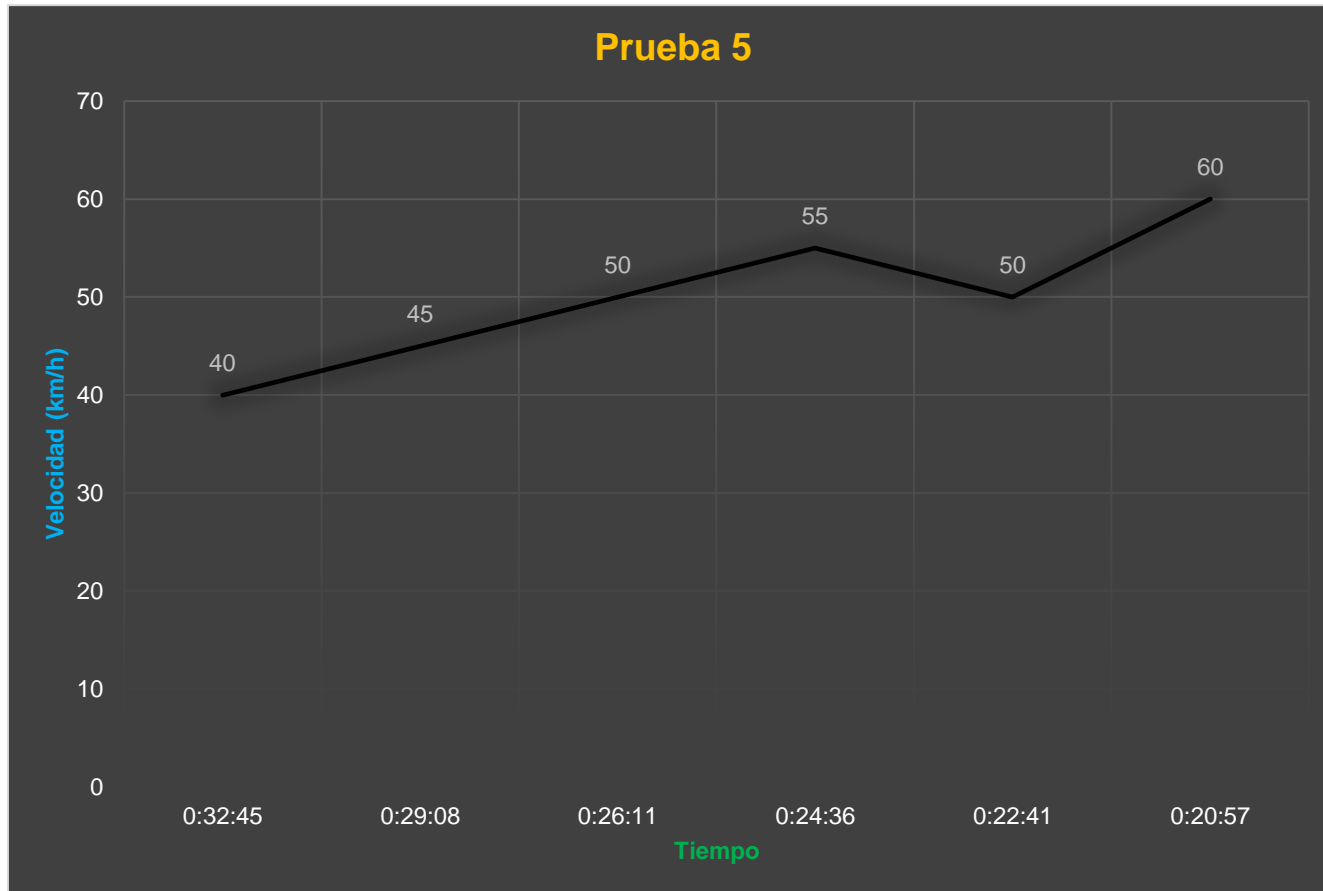
RESULTADOS DE PRUEBAS DINÁMICAS EN ZONA URBANA



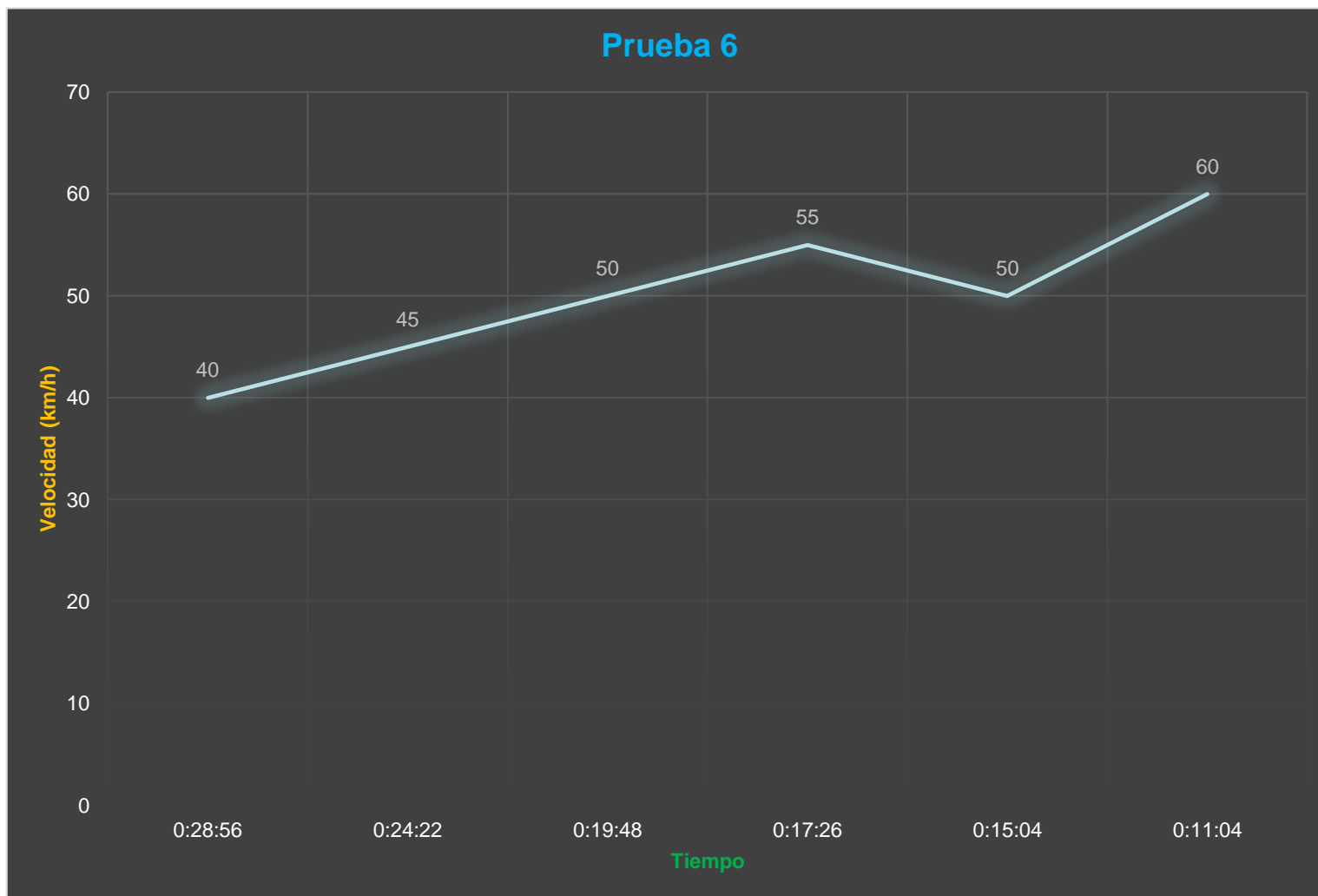
RESULTADOS DE PRUEBAS DINÁMICAS EN ZONA URBANA



RESULTADOS DE PRUEBAS DINÁMICAS EN ZONA URBANA



RESULTADOS DE PRUEBAS DINÁMICAS EN ZONA URBANA



CONCLUSIONES

- Se fundamentó teóricamente el sistema de tracción de la motocicleta con sidecar BEV a través de fuentes bibliográficas confiables, de acuerdo con las prestaciones deseadas para el prototipo, consiguiéndose establecer la selección y especificación de los componentes, considerando los comercializados en el país y los importados.
- El diseño del prototipo BEV se sustentó a través de herramientas CAD y sus simulaciones de las partes involucradas, fundamentalmente la parte mecánica, permitiendo obtener resultados significativos como esfuerzos de deformación, factor de seguridad, desplazamientos. Factores que nos indicaron no rediseñar por completo ningún componente debido a su resistencia a esfuerzos ya que se eligieron con el material adecuado en base a la geometría desarrollada.
- El análisis estático del prototipo BEV desarrollado en las bases que soportan las cargas puntuales en la motocicleta y en el sidecar con ayuda del diseño asistido por computador, permitió establecer los esfuerzos de deformación, evidenciando un esfuerzo de 99,07 MPa y 166 MPa y en ninguno de los valores no supera el esfuerzo último a fluencia del material de 250 MPa.
- En la simulación de la herramienta de simulación eléctrica y electrónica para los sistemas de tracción eléctrica y accesorios, se identificó la función de los controladores utilizados, al ser de similares características se evitó un problema de comunicación entre los dos motores eléctricos.



- Se estableció un proceso para la instalación de los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos los cuales se encuentran expresados en diagramas de flujo, considerando parámetros importantes a la hora de la elaboración del prototipo BEV, mismos que se encuentran descritos en el trabajo de investigación.
- El dimensionamiento mediante la normativa ISO de los elementos que conforman el sistema de tracción eléctrica nos aseguró una alta fiabilidad y disponibilidad del sistema, de forma que para los mantenimientos necesarios sea factible reemplazar los componentes que presenten averías.
- En las pruebas realizadas al prototipo BEV se pudo determinar la autonomía de 63,07 kilómetros con una velocidad máxima de $41 \frac{Km}{h}$ al activar las 2 baterías con cargas muertas de 2 ocupantes de 120 kilogramos, que supera a la autonomía que promocionan las motocicletas eléctricas comerciales en el Ecuador.
- Para las pruebas desarrolladas entre los dos campus de la Universidad de las Fuerzas Armadas al existir una variación en las rutas se constató que existe una distancia mayor por la vía perimetral de 9,63 kilómetros, pero en la ruta opuesta se pudo alcanzar una mayor velocidad de $59 \frac{Km}{h}$ por lo tanto se la transito en un tiempo menor de 20 minutos con 57 segundos, lo que deduce a utilizar la ruta de ida y vuelta desde el campus Gral. Guillermo Rodríguez Lara hacia el campus centro.



RECOMENDACIONES

- A fin de repotenciar el funcionamiento de la motocicleta con sidecar BEV es recomendable la incorporación de un sistema de freno regenerativo, el cual se podrá obtener a través del cambio del controlador por uno programable que tiene como funcionalidad la recarga autónoma de un 10% de las baterías instaladas.
- Cabe anotar que el mercado de partes y componentes de vehículos con energía eléctrica están en permanente investigación, avance e innovación; conforme diseños que se enmarcan en la lógica de sostenibilidad y/o ambientalmente sustentable por lo tanto se recomienda dar continuidad al diseño y construcción de automotores ya que sustituyen el uso de combustibles fósiles.
- Es recomendable investigar los avances tecnológicos que permanentemente buscan una mayor eficiencia para el diseño de automotores con consumo de energías limpias, contribuyendo a las estrategias de mitigación al cambio climático.
- Es importante profundizar en la investigación del diseño estructural a fin de procurar alternativas de diseño que busquen eficientes mecanismos de funcionamiento que consideren las fuerzas aerodinámicas de su carrocería.



- En consideración de que los componentes eléctricos del automotor diseñado y construido es menester recomendar el poner en funcionamiento periódico a fin de evitar el deterioro y agotamiento de los dispositivos que se da por falta de uso.
- El catálogo elaborado de la “motocicleta con sidecar BEV” contiene las recomendaciones generales que deben ser estrictamente aplicadas a fin de que se dé el uso adecuado que determina el óptimo tiempo de vida útil.
- Es recomendable dar un mantenimiento periódico al prototipo BEV en cuestión a fin de garantizar la detección temprana de desperfectos y/o desgastes normales que puedan comprometer la afectación a otros mecanismos de funcionamiento sistémico.
- Es importante desarrollar investigaciones que prevean el mejoramiento de la calidad de los materiales utilizados para la construcción de la “motocicleta con sidecar BEV” considerando parámetros como peso específico, maleabilidad, resistencia, y durabilidad; los mismos que afectarán positivamente en la funcionalidad técnica, física y económica



- A fin de buscar mayor eficiencia en el diseño es recomendable ahondar en estudios que contemplen pruebas estáticas que permitan evaluar todos los parámetros de eficiencia mecánica, encontrando nuevas alternativas que prevean minimizar los errores que se puedan dar por agotamiento de los materiales utilizados.
- Es recomendable que las partes y piezas y/o componentes que se deban reemplazar por desgaste o agotamiento deben ser previamente evaluadas para garantizar la compatibilidad con el sistema existente.
- Es importante promover la manufactura innovadora de partes y piezas, que al momento requieren la importación y adquisición de mercados internacionales a fin de abaratar los costes de construcción de automotores eléctricos en el país.

