

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL CHASIS, SUSPENSIÓN Y TREN DE POTENCIA DE UNA MOTO ELÉCTRICA

Estudiante:

Dany Pabón Villamizar

Director:

PhD. Sebastián Roa Prada

Universidad Autónoma de Bucaramanga

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Mecatrónica

Bucaramanga, Colombia

2020

1. CONTENIDO

1. CONTENIDO	2
2. TABLA DE ILUSTRACIONES.....	4
3. INTRODUCCIÓN.....	7
4. JUSTIFICACIÓN.....	10
5. OBJETIVOS.....	11
5.1. GENERAL.....	11
5.2. ESPECÍFICOS	11
6. ESTADO DE ARTE.....	12
7. Marco conceptual	17
7.1. Dinámica	17
7.1.1. Equilibrio.....	17
7.1.2. Frenado y aceleración	18
7.1.3. Activación de la suspensión	18
7.2. Teoría del diseño de máquinas	18
7.2.1. Falla por carga estática	18
7.2.2. Falla por fatiga	19
7.2.3. Análisis computacional	19
7.3. Circuitos de potencia.....	21
7.4. Motor eléctrico.....	22
8. Marco teórico	24
8.1. Chasis	24
8.1.1. Distancia entre ejes	25
8.1.2. Excentricidad de la horquilla.....	25
8.1.3. Ángulo de dirección	25
8.1.4. Avance.....	26
8.1.5. Centro de gravedad	26
8.2. Suspensión	30
8.2.1. Suspensión delantera	30
8.2.2. Suspensión trasera.....	30
8.3. Tren de potencia	32

8.3.1. Motor en Llanta.....	32
8.3.2. Motor con transmisión	33
8.4. Baterías.....	35
9. Aspecto legal	38
10. Metodología.....	39
11. Exploración de soluciones.....	41
12. DISEÑO, ANALISIS Y SELECCIÓN DE COMPONENTES.....	42
12.1. Diseño de chasis.....	42
12.2. Análisis estructural.....	43
12.2.1. Geometría en COMSOL.....	43
12.2.2. Aplicar análisis y post procesamiento FEM.....	45
12.3. Modelo de la suspensión	48
12.4. Desempeño.....	54
12.5. Tren de potencia.....	58
12.6. SELECCIÓN DE COMPONENTES	59
12.6.1. Motor	59
12.7. Diseño CAD	64
13. CONSTRUCCION	68
14. PRUEBAS Y VALIDACIONES.....	73
15. Presupuesto	80
16. Conclusiones y observaciones	81
17. Trabajos a futuro	82
18. Bibliografía.....	83
19. Anexo 1:	86
Ecuaciones para establecer la carga en los elementos estructurales durante un ciclo de conducción	86
20. Anexo 2: Planos de construcción	91
21. Anexo 3	110
Evidencia de la ausencia de equipos en un CDA para la realización de pruebas de rendimiento.....	110

2. TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Histórico de venta de motos formato (Asociacion Nacional de Empresarios de Colombia, 20216)	7
Ilustración 2: Histórico de emisiones de CO2 (Organizacion mundial de la salud, 2016)	8
Ilustración 3: Proyección de ventas en vehículos eléctricos (Bloomerg new energy finance, 2017).....	8
Ilustración 4: Moto eléctrica G-One (Electrika, 2018)	12
Ilustración 5: Moto eléctrica Súper Soco (vmotosoco, 2018)	13
Ilustración 6: Análisis de fuerzas en curva de una motocicleta. (Foale, 2002)	18
Ilustración 7:Elemento diferencial sujeto a las fuerzas expuestas.....	20
Ilustración 8: Enmallado de un sólido para procesamiento FEM (GAMONEDA, 2016)	21
Ilustración 9: Curva Potencia- Velocidad (RÓMULO, 2013).....	22
Ilustración 10: Parámetros geométricos del chasis (Lopez, 2013)	25
Ilustración 11: Chasis simple cuna cerrado (Lopez, 2013).....	26
Ilustración 12: Chasis simple cuna abierto o interrumpido (Lopez, 2013)	27
Ilustración 13: Chasis simple cuna desdoblado (Foale, 2002)	27
Ilustración 14: Chasis doble cuna (Foale, 2002)	28
Ilustración 15: Chasis multitubular (Foale, 2002)	28
Ilustración 16: Chasis doble viga (Foale, 2002).....	29
Ilustración 17: Chasis monocasco (Foale, 2002).....	30
Ilustración 18: Sistema de suspensión clásica vertical, horizontal y Cantiléver respectivamente (PINTO, 2014).....	31
Ilustración 19: Sistema Unitrak, pro-Link, Full Floater (PINTO, 2014).....	31
Ilustración 20: Motor ubicado en llanta con bobinados expuestos (Foale, 2002) ..	32
Ilustración 21: Metodología para el desarrollo de proyectos	39
Ilustración 22: Matriz de alternativas.	41
Ilustración 23: Diseño general del chasis	42
Ilustración 24: Geometría diseñada en COMSOL	44
Ilustración 25: Enmallado de la geometría	44
Ilustración 26: Geometría usada	45
Ilustración 27: Esfuerzo von mises en la geometría	46
Ilustración 28: Momento flector aplicado al chasis	47
Ilustración 29: Esfuerzo producido por excitar el chasis a sus frecuencias naturales	48
Ilustración 30: Tabla de nomenclatura	49
Ilustración 31: Parámetros a seleccionados.....	50
Ilustración 32: Representación del sistema por medio de parámetros concentrados	50

Ilustración 33: Espacio de estados del sistema en SIMULINK (Anexo en el archivo multimedia).....	52
Ilustración 34: Comportamiento del desplazamiento y velocidad en cada eje ante una entrada de tipo pulso	53
Ilustración 35: Variables a iterar y sus límites	53
Ilustración 36: respuesta transitoria del sistema con parámetros normales y el optimizado.....	54
Ilustración 37: Diagrama de cuerpo libre de motocicleta.....	55
Ilustración 38: Parámetros usados	56
Ilustración 39: Ciclo de conducción	57
Ilustración 40: Fuerza desarrollada en la llanta	57
Ilustración 41: Resultados de los análisis.....	58
Ilustración 42: Diagrama de bloques de la electrónica de potencia.....	58
Ilustración 43: Motor con imanes permanentes PMAC de 8.5Kw.....	59
Ilustración 44: Curva de eficiencia del motor.....	60
Ilustración 45: Curva de potencia del motor	60
Ilustración 46: Curva de corriente.....	61
Ilustración 47: Curva de velocidad	61
Ilustración 48: Controlador Sevcon Gen 4.....	62
Ilustración 49: Batería 80AH.....	63
Ilustración 50: CVT transmisor de potencia.....	64
Ilustración 51: Llanta, freno de disco y parte de suspensión delantera CAD	64
Ilustración 52: Diseño CAD del manubrio y de la bomba del freno	65
Ilustración 53: Vista de sección del sistema de transmisión de movimiento sin banda CAD.....	66
Ilustración 54: Vista isométrica de moto CAD	66
Ilustración 55: Vista de transmisión de movimiento en detalle	67
Ilustración 56: medidas del acero 1020 que fue el utilizado para el chasis	68
Ilustración 57: proceso de soldadura y electrodo usado.	68
Ilustración 58: chasis finalizado.....	69
Ilustración 59: Montaje de la suspensión y las llantas, armado del CVT	69
Ilustración 60: Ajuste de las llantas	70
Ilustración 61: Montaje mecánico terminado	70
Ilustración 62: Montaje eléctrico	71
Ilustración 63: Conexión de los sensores.....	72
Ilustración 64: moto terminada	72
Ilustración 65: Tren de pulsos para la lectura de velocidad.....	73
Ilustración 66: Proceso de tratamiento de señal para dar giro al motor (Motoenergy Inc, 2010)	74
Ilustración 67: Formas de onda senoidal generadas por el controlador para energizar las bobinas del motor	74
Ilustración 68: Onda senoidal regulada por PWM	75

Ilustración 69: Potencia eléctrica instantánea.	75
Ilustración 70: Velocidad experimental	76
Ilustración 71: Intervalo de tiempo y velocidad.....	77
Ilustración 72: Curva de corriente consumida contra velocidad	77
Ilustración 73: Curva de potencia consumida contra velocidad.....	78
Ilustración 74: Curva de autonomía.....	78
Ilustración 75: Comparación de resultados	79
Ilustración 76: Tabla de presupuestos.....	80
Ilustración 77: Plano suministrado por el proveedor del motor (Motoenergy Inc, 2010)	91
Ilustración 78: plano suministrado por el proveedor del controlador (Sevcon, 2012)	92
Ilustración 79: Plano suministrado por el proveedor de las llantas (Kymco, 2006)	93
Ilustración 80: Planos suministrados por el proveedor de la suspensión delantera (Kymco, 2006)	94
Ilustración 81: planos suministrados por el proveedor del freno delantero (Kymco, 2006)	95
Ilustración 82: Planos suministrados por el proveedor del freno trasero (Kymco, 2006)	96
Ilustración 83: Planos suministrados por el proveedor de la bomba del freno (Kymco, 2006)	97
Ilustración 84: Planos eléctricos suministrados por el proveedor del controlador (Sevcon, 2012)	109

3. INTRODUCCIÓN

El problema del transporte en las ciudades es una incomodidad que interviene en nuestro día a día. Durante las llamadas horas pico se torna una calamidad el transporte urbano. En estas horas pico se sube la temperatura debido a la cantidad de vehículos que continuamente están en proceso de incineración de los combustibles fósiles lo que genera emisiones de calor inmensas y contaminantes al ambiente que generan problemas de salud publicas bastante pronunciadas, problema que tenemos que aguantar en cada esquina, cada calle, cada semáforo. Esto a largo plazo, pero en esos momentos donde el tráfico lo obliga a quedarse un rato sobre las carreteras, los factores anteriormente mencionados perturban la paciencia a niveles que promueven el estrés y la incomodidad de cualquier persona. Aun así, el parque automotor de vehículos de combustión interna sigue creciente a pasos agigantados como se muestra en la siguiente ilustración.

Año	Unidades				Consumo aparente nacional E = C - D
	Producción (A)	Importaciones* (B)	Ventas totales C = A + B	Exportaciones (D)	
1996	113.000	5.710	118.710	292	118.418
1997	125.715	8.509	134.224	1.004	133.220
1998	114.600	11.744	126.344	99	126.245
1999	64.162	4.302	68.464	3.342	65.122
2000	53.490	4.038	57.528	5.166	52.362
2001	53.497	5.710	59.207	3.425	55.782
2002	71.313	8.509	79.822	3.413	76.409
2003	89.199	9.990	99.189	5.564	93.625
2004	150.943	13.287	164.230	1.167	163.063
2005	248.741	31.376	280.117	3.210	276.907
2006	388.678	57.942	446.620	28.971	417.649
2007	406.324	74.363	480.687	43.272	437.415
2008	381.598	49.590	431.188	21.635	409.553
2009	304.309	21.108	325.417	23.079	302.338
2010	373.620	19.820	393.440	24.261	369.179
2011	508.989	21.315	530.304	224	530.080
2012	554.484	43.164	597.648	8474	589.174
2013	620.873	40.012	660.885	11.738	649.147
2014	652.293	44.257	696.550	11.561	684.989
2015	603.346	75.548	678.894	7.369	671.525
2016	533.508	33.887	567.395	4.719	562.676

Ilustración 1: Histórico de venta de motos formato (Asociación Nacional de Empresarios de Colombia, 20216)

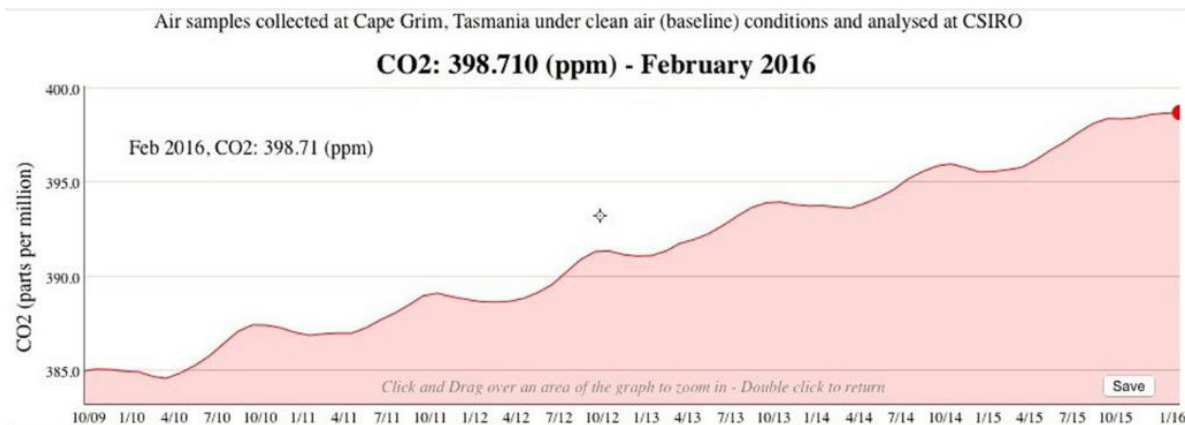


Ilustración 2: Histórico de emisiones de CO2 (Organización mundial de la salud, 2016)

Los vehículos eléctricos han intentado ser una opción comparable a los vehículos de combustión. Estos vehículos eléctricos proponen una alternativa de transporte menos contaminante y de menor consumo, son vehículos que no desperdician demasiada energía en forma de calor ni vibraciones.

Muchos países, especialmente los desarrollados dan incentivos para que se aumente el uso de vehículos eléctricos además de que se está volviendo una tendencia su uso. Con una cuota de mercado superior al 33%, Noruega es el país con mayor número de autos eléctricos per cápita del mundo.

Crecimiento del mercado de los vehículos eléctricos

Para el año 2030, se venderán más de 20 millones de vehículos eléctricos

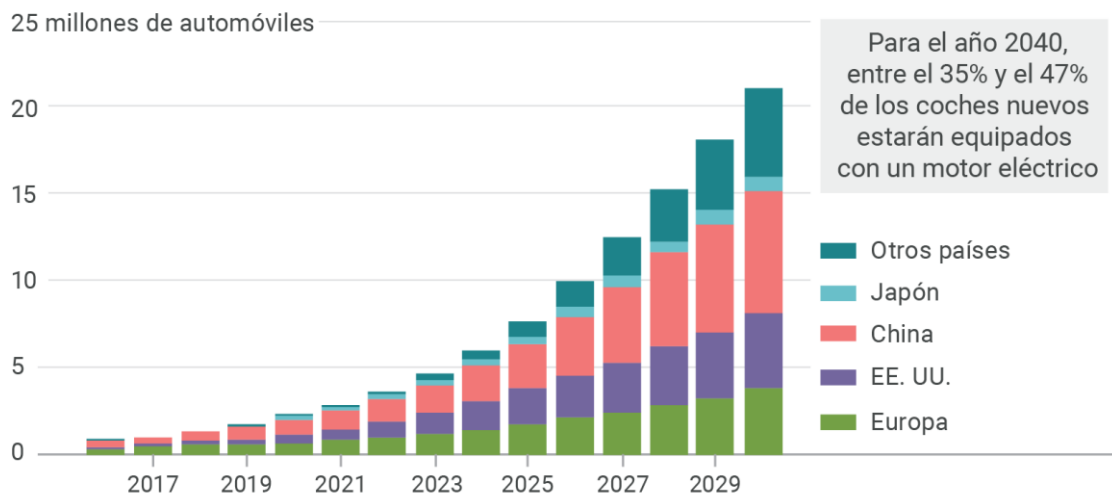


Ilustración 3: Proyección de ventas en vehículos eléctricos (Bloomberg new energy finance, 2017)

En Colombia, más precisamente en Bucaramanga se cuenta con muy limitadas opciones para adquirir un vehículo eléctrico a esto se le suma el alto costo de estos vehículos y la fuerte tradición de utilizar vehículos de combustión interna.

Se propone entonces diseñar y construir una moto eléctrica. Este trabajo abarcará las partes más indispensables de la moto, las cuales son: Chasis, suspensión y tren de potencia. La moto tendrá dimensiones similares a las de una moto comercial de combustión interna.

4. JUSTIFICACIÓN

Según el RUNT el 56.4% del parque automotor registrado en Colombia son motocicletas (CARACOL RADIO, 2017), es decir 7'470.662 motocicletas y la mayoría (casi total) de estas motos usan motores de combustión interna lo que se traduce en una contaminación del medio ambiente brutal.

Esta huella de carbono que nos están dejando los vehículos de combustión interna nos afecta a millones de personas, es un problema de salud pública que nos afecta de diferentes maneras. Según la organización mundial de la salud (OMS) una de las causas más importantes de la contaminación atmosférica son los gases que expulsan los vehículos con motor de combustión, estos gases afectan directamente al corazón y a los pulmones, agrava el asma y favorece las enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares; tienen efectos comparables al tabaquismo (Organización mundial de la salud, 2016)

Se opta entonces por los vehículos eléctricos pues presentan motores más eficientes con menor consumo energético, el seguro obligatorio contra accidentes de tránsito en vehículos eléctricos es de hasta un 60% más económico, sus impuestos se disminuyen en un 80% al no emitir contaminantes, el mantenimiento de estos vehículos es mucho menos costoso, presentan ausencia de contaminación acústica y térmica entre otros.

Una vez elegido el tipo de energía pasamos a la justificación del tipo de vehículo, las motos. Una moto mejora en casi todos los aspectos el uso del espacio en las vías, hacen más efectivo el tránsito, mejoran las capacidades de los parqueaderos y tienen un efecto emocionante en los viajes.

El tiempo no tiene precio (Manchego, 2018) menciona el periódico el tiempo en un artículo donde expone que el ahorro en tiempo perdido en los trancones no tiene precio." En una ciudad como Bogotá, una persona pasa 125 minutos en el transporte público. Si le pagaran el salario mínimo, implicaría que cada hora en el bus equivale, en términos laborales a 3.255 pesos."

5. OBJETIVOS

5.1. GENERAL

Desarrollar el chasis, suspensión y tren de potencia de una moto eléctrica

5.2. ESPECÍFICOS

- Realizar un modelo CAD del chasis, suspensión y tren de potencia de la moto
- Modelar matemáticamente la suspensión
- Realizar un análisis estructural del chasis y las barras telescópicas por el método de los elementos finitos.
- Diseñar la etapa de electrónica de potencia y un sistema de control de velocidad para el motor en lazo abierto.
- Seleccionar los componentes comerciales a implementar.
- Construir un prototipo conformado por el chasis, suspensión y tren de potencia y llantas para realizar pruebas de desempeño.

6. ESTADO DE ARTE

La propulsión eléctrica es el futuro. Ya tenemos claros ejemplos de cómo más allá de los experimentos la moto eléctrica se ha convertido en una opción viable sin emisiones. Las motocicletas siempre han sido una solución de movilidad que ha aportado grandes ventajas a los entornos de tráfico sobresaturado. Por esta razón muchas empresas e investigaciones han apostado por esta tecnología.

A nivel de empresa se tienen relativamente pocos referentes acerca de motocicletas eléctricas.



Ilustración 4: Moto eléctrica G-One (Electrika, 2018)

A nivel local se tiene electrika motors la cual es una empresa que produce sus partes en indonesia y las ensambla en una fábrica en Bogotá para venderlas por todo el país, haciendo énfasis en la sucursal Bucaramanga. El máximo exponente de esta empresa es La GONE la cual es una moto eléctrica de 2500 w con velocidad límite de 70km/h, máximo recorrido de 90km y un precio de venta al público de 4.500.000 pesos colombianos. Esta referencia nos aportó costos aproximados, autonomía y velocidades de referencia, entre otros aspectos de una moto eléctrica de gama baja.



Ilustración 5: Moto eléctrica Súper Soco (vmotosoco, 2018)

Auteco también ha apostado por las motos eléctricas, su mayor exponente es el súper soco, una moto de 2000 w con velocidad límite de 60 km/h y una autonomía máxima de 60 km. Su precio de venta al público es de 7.000.000.

Así como Auteco existen varias empresas de motos de combustión interna que están haciendo sus apuestas por las motos eléctricas, pero aún no entran de fuerte en el mercado. Esta referencia nos mostró las características que puede entregar la moto eléctrica de mayor gama en Colombia y que nos permite tomar un punto de referencia para las características de la moto a construir.

En cuanto a proyectos de grado e investigación existen múltiples proyectos de los cuales se tomaron como referencia:

Motorcycle design defining a new topology and form for the electric motorcycle. (Maioglou, 2017)

Esta tesis básicamente trata todos los temas que se deben tener en cuenta para el diseño de una moto eléctrica haciendo una investigación acerca de las motos eléctricas existentes, su historia y marco teórico, pero enfocándose más que todo en el diseño del chasis, suspensión y ergonomía. El resultado final de este proyecto es un diseño CAD de una moto eléctrica futurista.

Se concluye que las ventajas en cuanto economía y sostenibilidad ambiental la convierte en la solución del futuro, aunque se debe trabajar para mejorar la tecnología en las baterías, además resalta que la única restricción en este tipo de vehículos son las baterías permitiendo de esta manera infinitas variaciones respecto a la motocicleta moderna.

Diseño del tren de potencia de una moto eléctrica (SERNA, 2014)

Se realizó el diseño del tren de potencia de una motocicleta eléctrica para operar en condiciones de ciudad, adaptando subsistemas existentes, como la caja de transmisión de una motocicleta comercial. A pesar de que la mayoría de las motos eléctricas ofertadas en el mercado para el año 2014 poseen una transmisión directa entre el motor y la rueda conductora, el uso de cajas de transmisión en este tipo de motos permite ampliar el rango de operación y crea balance entre velocidad punta, capacidad de ascenso (superar pendientes más empinadas) y energía de baterías (mejor uso de la energía al requerir un motor de menos potencia comparado con una transmisión directa).

Se concluye que al momento de calcular autonomía aproximada que se espera del concepto de motocicleta, la herramienta más próxima disponible son los ciclos urbanos de conducción, Aunque el uso de una transmisión por correa sincrónica garantiza una duración superior, evita la necesidad de la lubricación constante y mantenimiento comparada con la transmisión por cadena de rodillos; este diseño exige que la distancia entre centros de los piñones seleccionados permanezca constante y pone una restricción más para el diseño del bastidor y el basculante de la motocicleta.

Diseño y construcción de una bicicleta de transmisión eléctrica (González, 2014)

Este proyecto se trabajó desde la perspectiva de hacer un vehículo híbrido en cuanto a lo que le da el avance a la bicicleta. Este proyecto permitía el pedaleo de un usuario o la locomoción del motor eléctrico. El autor tenía bastantes restricciones de diseño en cuanto a que la moto debía tener las características suficientes para que la fuerza del usuario hiciera mover la bicicleta propuesta.

El autor concluye que los métodos usados para la manufactura deben someterse a mejoras y que el perfil tubular es el mejor sistema para este fin. También menciona que el coste de esta bicicleta eléctrica es muy superior al de una normal, pero en la relación costo beneficio tiene buen puntaje.

Diseño y análisis de un chasis de motocicleta eléctrica (Najera, 2013)

En este trabajo se tienen en cuenta las dimensiones morfológicas del cuerpo humano para el diseño del chasis, pasan a la definición geométrica de los componentes, para luego realizar la geometría final; pasan al análisis estructural del chasis, definición de cargas, visualización de esfuerzos resultantes y proponen como trabajos a futuro la implementación de los demás sistemas de la moto

Diseño y construcción de una motocicleta deportiva (Sarmiento, 2009)

Este proyecto plantea la geometría del chasis, el análisis CFD para la carrocería, diseño del carenaje, cálculos de la transmisión y demás componentes mecánicos sometidos a esfuerzos considerables, pasan luego al diseño del chasis, el cálculo de la suspensión y el cálculo de los frenos. Una vez planteado todo el diseño se pasa a la fase construcción donde se detallan los procesos de manufactura usados. Finalmente, la moto pasa a la fase de pruebas y análisis de costos

Se recomienda adicionar en este proyecto el análisis dinámico, el diseño a detalle y la optimización del chasis junto con manuales de manufactura.

Diseño, adaptación y conversión de una motocicleta a gasolina en eléctrica (RÓMULO, 2013)

Para esta tesis primero se presentan las limitaciones del proyecto, en la que se resalta la definición del chasis; se procede a hacer los cálculos para determinar los requerimientos de potencia, se selecciona el motor, se hace un diseño CAD y se adecuan los elementos, se seleccionan las materias, se ubican los elementos de fijación tanto en los componentes como el chasis ya hecho, se calcula y selecciona la transmisión, se le hace un análisis de vibraciones a la suspensión de la moto, se realizan las simulaciones en MATLAB y se diseña el intercambiador de calor, se hace un análisis del sistema eléctrico y se seleccionan los componentes; uno de los últimos pasos es el montaje de los diferentes subsistemas para finalmente pasar a la etapa de pruebas

Se concluye que hay que hallar una buena relación de cantidad de energía almacenada contra peso en las baterías y se recomienda pedir el kit de conversión para moto eléctrica ya que en algunos casos el controlador y el motor presentan incompatibilidades.

Implementación de un motor eléctrico sobre el chasis de una moto TTR 125 (IÑIGUEZ)

Se comienza por el análisis del sistema electrónico a ser implementado, se realizan los cálculos para el sistema de transmisión identificando los diferentes componentes mecánicos y aplicando la teoría de materiales para su diseño, luego se avanza a la realización de cálculos para la modificación del chasis y la adaptación de los sistemas que compondrán la nueva moto, se hace el análisis estructural de las piezas para pasar por último a la etapa de pruebas y análisis de resultados

Se resalta en las conclusiones que el rendimiento de la motocicleta eléctrica depende en gran medida del estado de las baterías es decir las curvas de potencia y velocidad están en función del nivel de carga de la batería, también se menciona un aumento del 10 % en la autonomía gracias a la opción del freno regenerativo.

7. MARCO CONCEPTUAL

7.1. DINÁMICA

Además de las fuerzas consideradas en la teoría estática (Solo pesos) existen fuerzas adicionales que se generan durante los movimientos, estos movimientos son estudiados por la rama de la física conocida como dinámica. La dinámica es la parte de la física que estudia la relación entre la fuerza y el movimiento. La esencia de esta parte de la física es el estudio de los movimientos de los cuerpos y sus causas, sin dejar de lado los conceptos de la cinemática.

Los movimientos que presentan interés para la dinámica de la moto son el equilibrio mecánico, el frenado y la aceleración y la activación de la suspensión.

7.1.1. Equilibrio

Este fenómeno se produce cuando las motos se mantienen sobre sus dos ruedas gracias a que intervienen tres fuerzas principales:

- La fuerza de la gravedad, que es la que nos atrae hacia al suelo.
- La fuerza centrífuga, que es la que nos lanza al exterior en las curvas y que compensamos gracias a la inclinación al tomar la curva y el agarre de las ruedas.
- La fuerza giroscópica, que se genera al girar las ruedas y permite que este se mantenga derecho sin ningún tipo de intervención por nuestra parte.

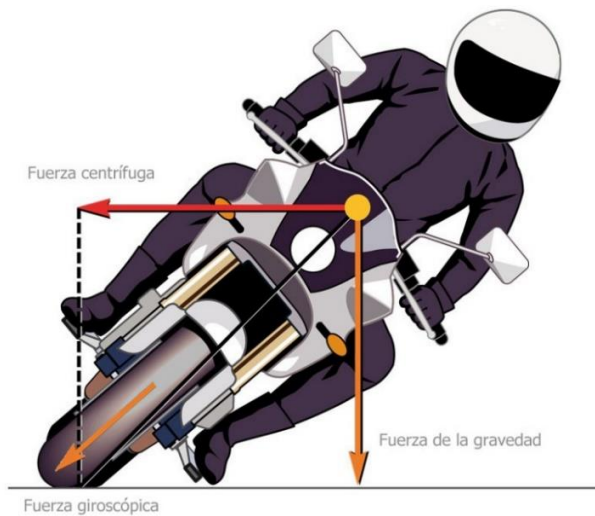


Ilustración 6: Análisis de fuerzas en curva de una motocicleta. (Foale, 2002)

7.1.2. Frenado y aceleración

Una moto en movimiento dispone de una energía cinética. Una moto sufre una desaceleración cuando se aplica una fuerza de sentido contrario a la fuerza que produce movimiento. Es decir, se debe aplicar una fuerza de frenado que anule a la fuerza de impulsión. El efecto de frenado produce fuerzas que deben tener una magnitud parecida a la de la moto y esta fuerza se ubica sobre los elementos delanteros de la moto específicamente sobre los elementos de la rueda delantera. Algo muy parecido pasa en la aceleración de la moto, pero ubicando la mayor cantidad de fuerza en los elementos de la rueda trasera

7.1.3. Activación de la suspensión

Las irregularidades en el terreno, las fuerzas de frenado, aceleración, centrífuga y giroscópica pueden activar la suspensión. Los objetivos de una suspensión de son reducir la vibración experimentada por el conductor, mantener el contacto de la rueda con el suelo y mantener el asiento del vehículo.

7.2. TEORÍA DEL DISEÑO DE MÁQUINAS

7.2.1. Falla por carga estática

Una carga estática es una fuerza estacionaria aplicada a un miembro. Para estar estático, la fuerza o par debe ser inmutable en magnitud y dirección. Una carga estática puede producir tensión o compresión axial, una carga cortante, una carga de flexión, una carga de torsión o cualquier combinación de estos. Para ser

considerado estático, la carga no puede cambiar de ninguna manera. En esta sección consideramos las relaciones entre la resistencia y la carga estática para tomar decisiones sobre el material y su tratamiento, fabricación y geometría para satisfacer los requisitos de funcionalidad, seguridad, fiabilidad, competitividad, facilidad de uso, fabricación y comerciabilidad.

7.2.2. Falla por fatiga

En la vida real es poco común diseñar solamente para carga estática debido a que las tensiones varían con el tiempo o fluctúan entre diferentes niveles. Por ejemplo, una fibra articular en la superficie de un eje giratorio sometida a la acción de cargas de flexión sufre tensión y compresión por cada revolución del eje. Si, además, el eje también está cargado axialmente, se superpone un componente axial de la tensión. Pero ahora el nivel de estrés fluctúa. Estos y otros tipos de carga que ocurren en los miembros de la máquina producen tensiones que se denominan tensiones variables, repetidas, alternas o fluctuantes. A menudo, se encuentra que los miembros de la máquina han fallado bajo la acción de tensiones repetidas o fluctuantes; sin embargo, el análisis más cuidadoso revela que las tensiones máximas reales estaban muy por debajo de la resistencia máxima del material, y con bastante frecuencia incluso por debajo del límite elástico. La característica más distintiva de estas fallas es que las tensiones se han repetido una gran cantidad de veces. Por lo tanto, la falla se denomina falla por fatiga.

7.2.3. Análisis computacional

El objetivo principal del análisis computacional de resistencia del material de las estructuras es la evaluación de un estado de estrés de una estructura sometida a diferentes fuerzas. Esta evaluación del estado de estrés se realiza generalmente con el fin de sondear las características de diseño adoptadas contra la resistencia del material y su factor de seguridad.

a) Elasto-dinámica

Un cuerpo elástico sujeto a fuerzas de volumen ρb , donde ρ es la densidad del medio y $b(x, t)$ la fuerza aplicada desarrolla un tensor de esfuerzos σ_{ij} , entonces la suma de las contribuciones de las fuerzas externas en cada dirección y el uso de la segunda ley de Newton me produce la ecuación de movimiento de Cauchy

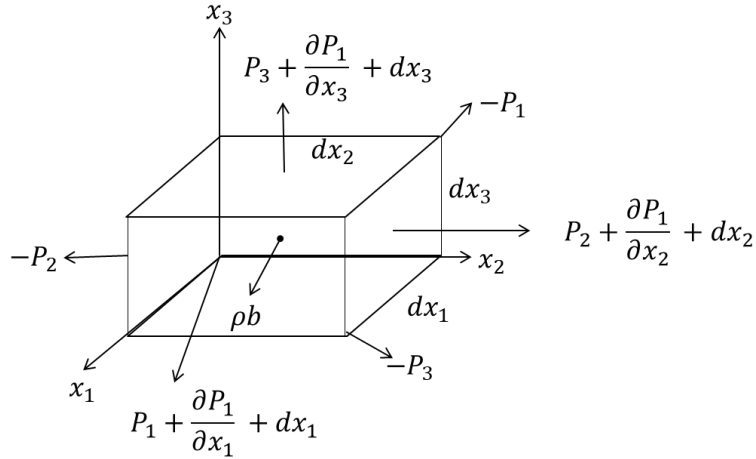


Ilustración 7: Elemento diferencial sujeto a las fuerzas expuestas

De la ilustración anterior planteamos la ecuación del movimiento de Newton y queda:

$$\frac{\partial \sigma_{ij}(x, t)}{\partial x_j} + \rho(x) b_i(x, t) = \rho(x) \frac{\partial^2 u_i(x, t)}{\partial t^2}$$

Donde

$$i = 1, 2, 3$$

b) Elementos finitos

Partiendo de la formulación fuerte del problema se hace una discretización del medio continuo teniendo en cuenta sus condiciones iniciales y de frontera. Aplicando los conceptos del campo virtual y las condiciones de estacionalidad se puede llegar a la forma clásica de una ecuación de elementos finitos

$$K_e u_e(t) + C_c \frac{du_e(t)}{dt} + \frac{d^2 u_e(t)}{dt^2} = f_e(t)$$

Esta ecuación es una ecuación vectorial con elementos matriciales cuadrados y vectoriales del tamaño de los grados de libertad del dominio en estudio

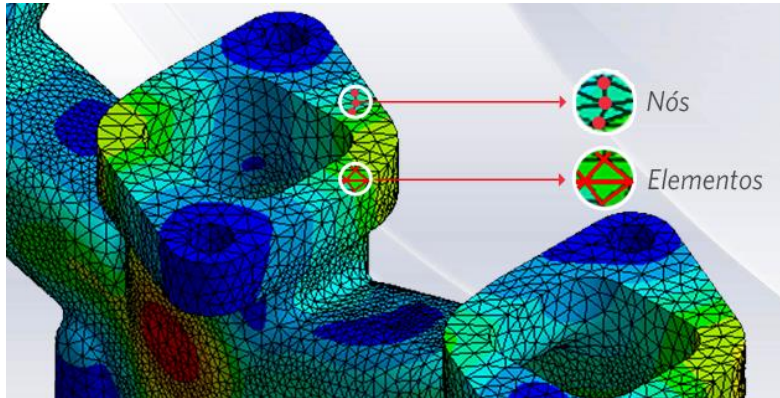


Ilustración 8: Enmallado de un sólido para procesamiento FEM (GAMONEDA, 2016)

La malla de elementos finitos se utiliza para subdividir el modelo CAD en dominios más pequeños llamados elementos, sobre los cuales se resuelve un conjunto de ecuaciones. Estas ecuaciones representan aproximadamente la ecuación gobernante de interés a través de un conjunto de funciones polinómicas definidas sobre cada elemento. A medida que estos elementos se hacen cada vez más pequeños se refina la malla, la solución calculada se acercará a la solución verdadera si la malla se refina lo suficiente.

7.3. CIRCUITOS DE POTENCIA

La electrónica de potencia hace referencia al manejo de circuitos que conducen altos niveles de corriente junto con alto voltaje. Dentro de los dispositivos electrónicos de potencia, podemos citar: los diodos y transistores de potencia, el tiristor, así como otros derivados de éstos, tales como los triac, diac, conmutador unilateral, UJT, PUT y el diodo Shockley.

Existen tiristores de características especiales como la foto tiristores, los tiristores de doble puerta y el tiristor bloqueable por puerta (GTO).

Lo más importante a considerar de estos dispositivos, es la curva característica que nos relaciona la intensidad que los atraviesa con la caída de tensión entre los electrodos principales.

El componente básico del circuito de potencia debe cumplir los siguientes requisitos:

- Tener dos estados claramente definidos, uno de alta impedancia (bloqueo) y otro de baja impedancia (conducción).
- Poder controlar el paso de un estado a otro con facilidad y pequeña potencia.

- Ser capaces de soportar grandes intensidades y altas tensiones cuando está en estado de bloqueo, con pequeñas caídas de tensión entre sus electrodos, cuando está en estado de conducción. Ambas condiciones lo capacitan para controlar grandes potencias.
- Rapidez de funcionamiento para pasar de un estado a otro.

7.4. MOTOR ELÉCTRICO

El motor eléctrico es un artefacto que transforma la energía eléctrica en energía mecánica, de manera que puede impulsar el funcionamiento de una máquina. Esto ocurre por acción de los campos magnéticos que se generan gracias a las bobinas, (aquellos pequeños cilindros con hilo metálico conductor aislado).

En la siguiente ilustración podemos ver la curva de potencia – velocidad de un motor de combustión y un motor eléctrico

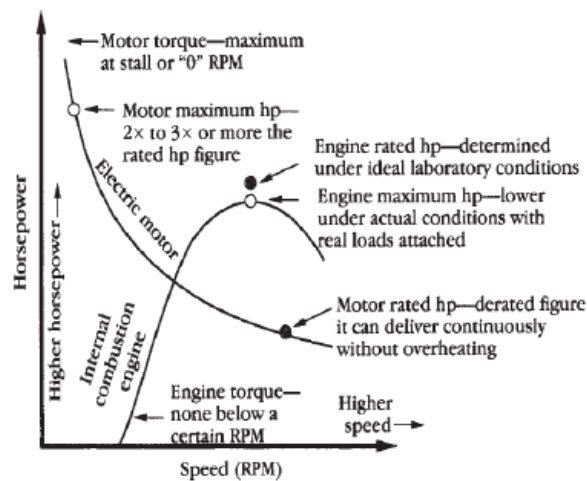


Ilustración 9: Curva Potencia- Velocidad (RÓMULO, 2013)

Motor serie: Es el más seleccionado para Motocicletas eléctricas, porque desarrolla un gran torque en bajas revoluciones. El motor tipo Serie, adquiere el nombre porque su devanado de campo está conectado en serie con el inducido. La mayor desventaja de este motor es la velocidad, cuando el motor está conectado y sin carga la velocidad del motor puede aumentar hasta el punto de dañar el motor. Una ventaja de este motor es que puede invertir su sentido de giro cambiando la polaridad de la fuente, además este puede actuar como generador y puede ser utilizado para cargar las baterías.

Motor Shunt: Es de similar construcción que el motor tipo Serie, con excepción que este tiene devanados de campo y de armadura en conexión paralelo. El motor Shunt tiene características de funcionamiento algo diferente a los motores de tipo Serie. Posee alta resistencia eléctrica, por lo que no puede manejar una gran cantidad de corriente de excitación. Esto significa que el motor Shunt desarrolla bajo torque.

Motor Compound: es una combinación entre un motor de tipo Shunt y en motor tipo Serie. El motor de corriente continua Compound tiene mayor torque que un

Motor Shunt, debido a la conexión en serie en el campo. Además, tiene velocidad constante debido al devanado de campo en derivación. La velocidad de un motor compound puede cambiar muy fácilmente mediante el ajuste de la tensión aplicada a la misma.

Motor de imán permanente: representa la simplicidad de un motor eléctrico (Figura 2.7), donde el imán permanente produce un flujo magnético con una pequeña masa, los imanes son hechos a base de samarian y neodymium.

Motor Brushless: es un motor eléctrico que no emplea escobillas para realizar el cambio de polaridad en el rotor.

8. MARCO TEÓRICO

Vehículo de dos ruedas impulsado por un motor es la definición de moto eléctrica, la cual se constituye principalmente por un chasis, suspensión, tren de potencia, ruedas y frenos; Este trabajo abarcará los tres primeros componentes.

8.1. CHASIS

Es el cuerpo principal de la motocicleta, es de donde se sujetan todos los elementos que forman parte de la moto y su función es mantener todos los elementos unidos como conjunto; posee puntos de apoyo para ensamblar los demás elementos que son la dirección, el motor, la suspensión, el tren de potencia, carrocería y elementos secundarios.

Las motocicletas están compuestas de forma genérica por piezas similares, aunque con variaciones en su geometría, estas variaciones definirán su uso.

Generalmente, el chasis suele ser de acero o aluminio. Uno de los aspectos más importantes de este elemento es su rigidez y geometría pues afecta la estabilidad y seguridad de la moto y su conductor.

El cabezal de dirección y la zona del anclaje del basculante son las zonas que mayores esfuerzos sufren es por ello por lo que son las zonas más reforzadas del chasis.

El primer paso para realizar en el diseño de un chasis es la definición general de la geometría

Los parámetros principales de una motocicleta son:

1. Distancia entre ejes
2. Excentricidad de la horquilla (Offset)
3. Ángulo de dirección
4. Avance - Radio rueda trasera
5. Centro de gravedad

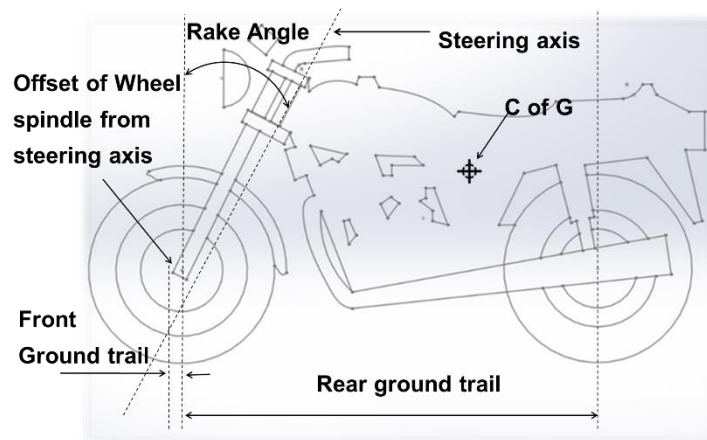


Ilustración 10: Parámetros geométricos del chasis (Lopez, 2013)

8.1.1. Distancia entre ejes

Esta distancia generalmente ronda entre los 1200mm y los 1400mm y afecta a:

- El círculo mínimo de rotación.
- Movimientos de cabeceo: El ángulo de cabeceo disminuye con distancias entre ejes mayores, dotando así a la motocicleta de mayor estabilidad impidiendo el despegue de las ruedas.
- Transferencia de pesos: Una mayor distancia entre ejes disminuye la transferencia de pesos en frenada.
- Si se aumenta la distancia entre ejes, se pierde agilidad en los cambios de dirección debido a que las ruedas se encuentran en los extremos de los ejes.
- Una distancia larga incrementa la deformación flexional y torsional del bastidor, es decir, disminuye su rigidez.

8.1.2. Excentricidad de la horquilla

Distancia entre el eje de dirección y la línea paralela que pasa por el eje de la rueda delantera y generalmente oscila entre 25 y 30 mm

8.1.3. Ángulo de dirección

Dependiendo de este ángulo se generan fuerzas de flexión mayores o menores en las barras telescópicas y oscila entre los 22 y 25 grados

8.1.4. Avance

El avance es la distancia horizontal desde el punto de contacto del neumático con la superficie hasta el punto de intersección de la superficie con la prolongación del eje de la dirección.

El objetivo principal del avance es aumentar la estabilidad la dirección teniendo en cuenta que demasiado avance produce una dirección pesada y poco ágil. Sus valores rondan entre los 25 y 30 milímetros

8.1.5. Centro de gravedad

Por lo general se ubica en el medio de la distancia entre ejes para que la fuerza se reparta de igual manera en ambas ruedas también debe ubicarse lo más bajo posible para que la moto sea más estable en la frenada y la aceleración

Los tipos de chasis se clasifican en función de la forma de unión del cabezal de dirección con la zona del anclaje del basculante. (Casajús, 2012)

Chasis simple cuna cerrado

Dispone de perfiles en un solo plano vertical que parten desde el cabezal de dirección hasta la zona del eje del basculante, es decir, descende un solo tubo desde la columna de dirección y pasa por debajo del motor formando una cuna. La estructura, compuesta por tubos soldados, alberga al motor en su interior. El perfil en la parte inferior del chasis es continuo desde el cabezal de dirección hasta la zona del basculante.



Ilustración 11: Chasis simple cuna cerrado (Lopez, 2013)

Chasis simple cuna abierto o interrumpido

Es una variante del chasis de simple cuna cerrado, y se diferencia de este, porque el perfil en la parte inferior está interrumpido al llegar al motor, siendo el motor el que cierra esa zona. En este caso se utiliza el motor como estructura resistente.



Ilustración 12: Chasis simple cuna abierto o interrumpido (Lopez, 2013)

Chasis simple cuna desdoblado

Es otra variante del chasis de simple cuna, en el que del cabezal de dirección desciende un único tubo pero que se desdobra delante o debajo del motor, llegando a la zona del eje del basculante trasero dos tubos. Este tipo de chasis se utiliza habitualmente en motocicletas de campo y Trail.



Ilustración 13: Chasis simple cuna desdoblado (Foale, 2002)

Chasis doble cuna

Dos tubos descienden desde el cabezal de dirección y pasan por debajo del motor formando una cuna y abrazando al motor por los laterales en su parte inferior, en la zona del cárter, llegando al anclaje del basculante por separado. Estos chasis son más rígidos que los de simple cuna ya que forman una estructura más sólida. En muchos casos la cuna o parte inferior del chasis va atornillada para facilitar su desmontaje a la hora de introducir el motor. Es usual en motocicletas tipo custom. También era típico de motocicletas de grandes cilindradas en los años 80.



Ilustración 14: Chasis doble cuna (Foale, 2002)

Chasis multitubular

Este chasis consiste en dos vigas a cada lado del motor, que unen el cabezal de dirección con la zona del eje del basculante trasero, pero compuestas por tubos, rectos y cortos, colocados a modo de celosía. Estos tubos cortos, que suelen ser de secciones circulares y de acero al cromo molibdeno, le dan una gran rigidez al chasis. Generalmente estos tubos se diseñan para que solo trabajen a tracción o a compresión. En muchos casos el motor se utiliza adicionalmente como elemento estructural, soportando incluso el anclaje directo del basculante trasero. Este tipo de chasis es muy característico de Ducati.



Ilustración 15: Chasis multitubular (Foale, 2002)

Chasis doble viga

Este tipo de chasis es el más utilizado en motos deportivas. La estructura que conforma este tipo de chasis se define perfectamente por su nombre, está formada por dos vigas de elevada sección, una a cada lado del motor, que parten del cabezal de dirección y acaban en la zona del eje del basculante. Las vigas abrazan perimetralmente al motor por su parte superior suelen ser generalmente de

aleaciones de aluminio. Además, incorporan soportes inferiores para anclar el motor. En algunos casos se incorporan aberturas en las vigas para el paso de aire hacia la admisión. Estos chasis pueden ser fabricados por fundición, laminación o extrusión, o por combinación de estos métodos. El cabezal de dirección y la zona del anclaje del basculante son las zonas que sufren mayores esfuerzos, por ello son zonas que generalmente se suelen fabricar mediante fundición



Ilustración 16: Chasis doble viga (Foale, 2002)

Chasis monocasco

Es el tipo de chasis utilizado por Vespa durante muchos años. Chasis monocasco autoportante de chapa estampada que hace las funciones de chasis y a la vez de carrocería. Es una técnica que se utiliza en su mayoría en los diseños del automóvil (carrocería autoportante). Es un tipo de chasis muy inusual en otros modelos de motocicletas, sin embargo, lo utiliza una moto deportiva como la Kawasaki ZX12R (2005) y la ZZR 1400, fabricado en aleación de aluminio, en el que el chasis conforma además parte de la caja de admisión-airbox.



Ilustración 17: Chasis monocasco (Foale, 2002)

8.2. SUSPENSIÓN

La suspensión es un elemento muy importante en una motocicleta pues reduce las fuerzas producidas por las irregularidades del terreno, da más control en la dirección de la moto, mantiene en contacto las ruedas con el suelo, mantiene la motocicleta a la altura optima y hace que las ruedas permanezcan correctamente alineadas. (Sarmiento, 2009)

Una suspensión hace uso de dos componentes que son un muelle y un amortiguador, el primero absorbe la energía y el segundo la disipa.

El diseño de la suspensión es muy diferente para la rueda de adelante y para la rueda de atrás

8.2.1. Suspensión delantera

Por lo general se utiliza horquilla telescópica. Está hecha de un tubo inferior y un tubo exterior. El extremo inferior del tubo externo está fijo al eje de la rueda delantera y el extremo superior del tubo externo está unido al soporte de la dirección. La horquilla telescópica se contrae y se estira con un resorte en espiral y un amortiguador de aceite.

8.2.2. Suspensión trasera

Conexión directa, clásico y Cantiléver

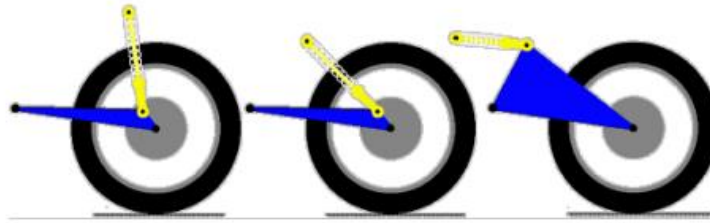


Ilustración 18: Sistema de suspensión clásica vertical, horizontal y Cantiléver respectivamente (PINTO, 2014)

Por lo general se usa un brazo basculante, un lado corto conectado al chasis de la motocicleta por rodamientos de modo que pueda pivotar. El otro extremo está unido al eje de la rueda trasera sobre el que gira. Este sistema se conecta al chasis de la motocicleta con uno o 2 amortiguadores y resortes para controlar el movimiento.

Amortiguadores gemelos: se refiere a las motocicletas que tiene dos amortiguadores. A cada lado de la rueda hay un amortiguador combinado (muelle + hidráulico) entre el chasis y el basculante. Esta configuración todavía se utiliza para roadster, custom o motos básicas. Tiene como ventaja el fácil acceso para ajustes y simplicidad de diseño, peso y carga distribuidos pero el problema es la casi verticalidad de estos componentes lo que limita la carrera de la llanta

Monoschok: Hace referencia a un solo amortiguador

8.2.2.1. Sistema de bielas

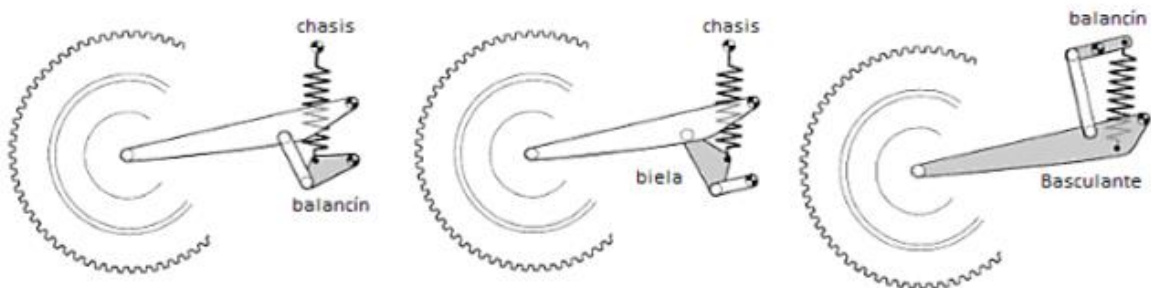


Ilustración 19: Sistema Unitrak, pro-Link, Full Floater (PINTO, 2014)

Se distinguen solamente por los diferentes puntos de fijación de la unidad de muelle-amortiguador, que puede ser insertado entre el chasis y balancín (diseño Unitrak de Kawasaki) o entre la biela y el chasis (diseño Pro-Link de Honda) o entre el basculante y el balancín (diseño Full Floater de Suzuki)

8.3. TREN DE POTENCIA

El motor de una moto eléctrica es relativamente más liviano y compacto que uno de combustión por tal motivo se tienen dos opciones para ubicar el motor eléctrico; bien sea la forma tradicional es decir en la cuna del chasis y transmitir el movimiento mediante una cadena hasta la rueda o también está la opción de acoplar el motor directamente en la rueda.

8.3.1. Motor en Llanta

Este tipo de sistema es bastante revolucionario, pero viene siendo una de las mejores opciones para este tipo de motocicletas pues el motor al únicamente demandar energía eléctrica para funcionar permite independizarse del tradicional tanque de combustible y su carburador. Entre las ventajas que implica la ubicación del motor directamente en la llanta se resalta que hay una distribución del peso diferente que le proporciona mayor tracción a la rueda trasera en el arranque, también se resalta que ya no está dentro del chasis lo que abre campo para la ubicación de más baterías o para un maletero más grande.

Ese sistema también plantea unas incógnitas en el comportamiento de la moto que aún no han sido exploradas tanto en el comportamiento de la suspensión al tener una masa considerablemente mayor respecto al método tradicional ubicada en la rueda como también los esfuerzos en el eje del motor al pasar sobre los diferentes obstáculos que pueda presentar una carretera.



Ilustración 20: Motor ubicado en llanta con bobinados expuestos (Foale, 2002)

8.3.2. Motor con transmisión

Para las motocicletas la opción tradicional es ubicar el motor en la parte baja del chasis y transmitir el movimiento mediante el uso de cadenas y piñones o el uso de bandas con transmisiones continuas. Esta solución tiene una ventaja bastante considerable que es poder posicionar casi cualquier motor a diferencia del motor en llanta que debe estar diseñado específicamente para este propósito.

Uno de los inconvenientes de este método es que al tener que implementarse una transmisión esta va sufriendo un desgaste que deriva en que cada cierto periodo de tiempo debe reemplazarse, es decir aumentan los costos.

Transmisión por banda

las transmisiones por banda se utilizan para transmitir movimiento de un eje a otro con la ayuda de una correa delgada e inextensible que se extiende sobre dos poleas.

esta tecnología ofrece una transmisión de potencia suave y efectiva entre los ejes, incluso si están a una distancia considerable. Esta tecnología se utiliza cuando necesita transmitir movimiento giratorio entre dos ejes paralelos. Son el método más barato de transmisión de energía. Las ventajas de una transmisión por correa incluyen:

- Rentabilidad: La eficiencia de transmisión por correa puede ser de hasta 95-98 %
- Son simples de usar
- Tienen un bajo costo de mantenimiento.
- Vienen con protección contra sobrecargas y atascos
- Disminuye el ruido y la vibración.
- Las fluctuaciones de carga son amortiguadas, lo que aumenta la vida útil de la maquinaria.

Sin embargo, la correa también viene con ciertas desventajas. Estas son:

- Las transmisiones por correa no son compactas
- Las transmisiones por correa generalmente causan una gran carga en los ejes y rodamientos.
- Debe tenerse en cuenta el desgaste y la compensación de estiramiento, además necesitan una polea loca o algún ajuste de distancia central

- La relación de velocidad varía debido al deslizamiento de la correa.

Transmisión por cadena

los accionamientos de cadena vienen con una serie de eslabones con ruedas dentadas. A diferencia de las transmisiones por correa, no hay deslizamiento en la tecnología de cadena.

Al igual que cualquier otro tipo de sistema de transmisión mecánica, las transmisiones por cadena también tienen varias ventajas y desventajas. Las ventajas incluyen:

- Accionamientos positivos sin deslizamiento ni deslizamiento
- A diferencia de las transmisiones por correa, la velocidad angular permanece constante en las transmisiones por cadena.
- Relación de alta velocidad de hasta 8: 1
- Ofrecen una alta eficiencia de transmisión de hasta el 98 por ciento
- Pueden funcionar incluso en condiciones húmedas.
- Más compacto y fácil de instalar en comparación con la transmisión por correa.
- Las transmisiones por cadena no se deterioran debido a la luz solar, el aceite, la grasa o la edad.
- Menos carga en el eje que las transmisiones por correa

Las desventajas de las transmisiones por cadena:

- El costo inicial de instalación es más alto que la correa
- El costo de producción también es relativamente más alto.
- Las transmisiones por cadena necesitan lubricación regular
- Los ejes motrices y conducidos deben estar perfectamente alineados y paralelos
- Pueden tener fluctuaciones de velocidad cuando se estiran indebidamente
- Las transmisiones por cadena son ruidosas y también pueden causar vibraciones.

8.4. BATERÍAS

Una batería es un acumulador o un conjunto de varios acumuladores de electricidad, es decir, un dispositivo capaz de almacenar energía eléctrica usando procedimientos electroquímicos. Un acumulador es un dispositivo que consta, en general, de dos electrodos, del mismo o de distinto material, sumergidos en un electrolito. Un electrolito es cualquier sustancia que contiene iones libres, que se comportan como un medio conductor eléctrico. Debido a que generalmente se componen de iones en solución, los electrolitos también son conocidos como soluciones iónicas, pero también son posibles los electrolitos fundidos y los electrolitos sólidos. En términos más sencillos, el electrolito es un material que se disuelve en agua para producir una solución que conduce una corriente eléctrica.

Parámetros importantes

- La tensión proporcionada por cada elemento (celda) es determinante para elegir un tipo u otro de batería. Combinando las baterías en serie y/o paralelo podremos obtener el potencial deseado.
- La cantidad de carga eléctrica que es capaz de almacenar o suministrar se denomina capacidad, y también será un factor determinante a la hora de decantarse por un tipo u otro de batería, puesto que en ocasiones se requieren unas sollicitaciones especiales, como, por ejemplo, en el arranque de los motores, donde se exigen elevadas corrientes. Se mide en Amperios hora (la corriente máxima obtenible). La capacidad eléctrica hace referencia a los tiempos de carga y descarga, y se mide en Culombios, que es una unidad equivalente a la cantidad de carga transportada durante un segundo por una corriente de un Amperio, de manera que $1\text{Ah}=3.600\text{ C}$.
- La energía que es capaz de suministrar una batería se mide en Vatios-hora. Este parámetro no es más que el producto de la tensión suministrada por la batería (V) y la capacidad de esta (Ah).
- La energía específica o energía por masa, es una ratio que nos permite comparar los diferentes tipos de baterías en función de la energía que puede suministrar, con relación a su peso. Se medirá en Wh/Kg.
- La densidad energética es una ratio que involucra el volumen ocupado. Se mide en Wh/litro.

- El número de ciclos de carga y descarga que pueden soportar manteniendo un alto porcentaje de la capacidad completa de almacenar energía (valor nominal), que disponía en un principio. Es un indicativo de la duración de la batería, es decir, de su ciclo de vida.
- El tiempo de carga y descarga. La batería no almacena toda la energía eléctrica que recibe por lo que la cantidad de electricidad suministrada debe ser mayor que la teóricamente necesaria. Trabajando entre 5°C y el factor de carga es de 1,4, es decir debe suministrarse una carga que sea un 40% superior a la deseada. ▪ El tiempo de auto descarga, es decir, la pérdida de capacidad de una batería cuando se mantiene en circuito abierto. Para medirlo se utiliza el porcentaje de la carga que pierde por cada unidad de tiempo, por ejemplo, cada mes. En cualquier caso, el ritmo de auto descarga aumenta con la temperatura. (Díaz, 2014)

Químicos

- **BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO (O ACUMULADORES DE PLOMO):** Es uno de los tipos de baterías más utilizados en la actualidad, principalmente en los automóviles, y esto es así porque el plomo es un material relativamente barato, y que se puede encontrar con facilidad.
- **BATERÍAS DE NÍQUEL-CADMIO**
- **BATERÍAS DE NÍQUEL-HIDRURO METÁLICO:** Tiene un rendimiento similar al de la batería de Ni Cd, siendo la principal diferencia que en la batería de NiMH se utiliza un ánodo de hidróxido de níquel y un cátodo de una aleación de hidruro metálico.
- **BATERÍAS DE IONES DE LITIO:** Permiten llegar a altas densidades de capacidad, y son muy ligeras. No admiten descargas completas, y sufren mucho cuando estas suceden por lo que suelen llevar acoplados circuitos protectores adicionales para conocer el estado de la batería, y evitar así tanto la carga excesiva, como la descarga completa.
- **BATERÍAS DE POLÍMEROS DE LITIO:** Son muy parecidas a las baterías de iones de litio anteriormente explicadas. El Li-polímero se distingue de otros

sistemas de batería en el tipo de electrólito usado. El diseño original, utiliza un electrólito sólido seco del polímero solamente. Este electrólito se asemeja al plástico, como la película que no conduce electricidad, pero permite un intercambio de iones (los átomos o los grupos eléctricamente cargados de átomos). El electrólito del polímero substituye el separador poroso tradicional, que se empapa con el electrólito. Por lo tanto, aquí radica una de sus ventajas, junto con su bajo peso, su facilidad de empaquetamiento, su baja tasa de auto- descarga, la ausencia del efecto memoria y un elevado número de ciclos de carga.

9. ASPECTO LEGAL

Un centro diagnóstico automotriz CDA es una entidad que realiza análisis a los diferentes vehículos que circulan por el territorio colombiano, estas entidades verifican que los vehículos cumplan con una serie de requisitos impuestos en la ley 769 de 2002 (Ministerio de transporte, 2002), un resumen de estos requisitos se presenta a continuación.

Los vehículos automotores de servicio particular deben someterse anualmente a revisión técnico-mecánica. Esta revisión estará destinada a verificar:

- El adecuado estado de la carrocería.
- Niveles de emisión de gases y elementos contaminantes acordes con la legislación vigente sobre la materia.
- El buen funcionamiento del sistema mecánico.
- Funcionamiento adecuado del sistema eléctrico y del conjunto óptico.
- Eficiencia del sistema de combustión interno.
- Elementos de seguridad.
- Buen estado del sistema de frenos constatando, especialmente, en el caso en que éste opere con aire, que no emita señales acústicas por encima de los niveles permitidos.
- Las llantas del vehículo.
- Del funcionamiento de la puerta de emergencia.

Esta norma impide a los CDA realizar pruebas de rendimiento a una motocicleta eléctrica por dos razones principales y son la ausencia de equipos diseñados para las pruebas de rendimiento y segundo porque el enfoque de estas entidades no se dirige al rendimiento de las motocicletas.

10. METODOLOGÍA

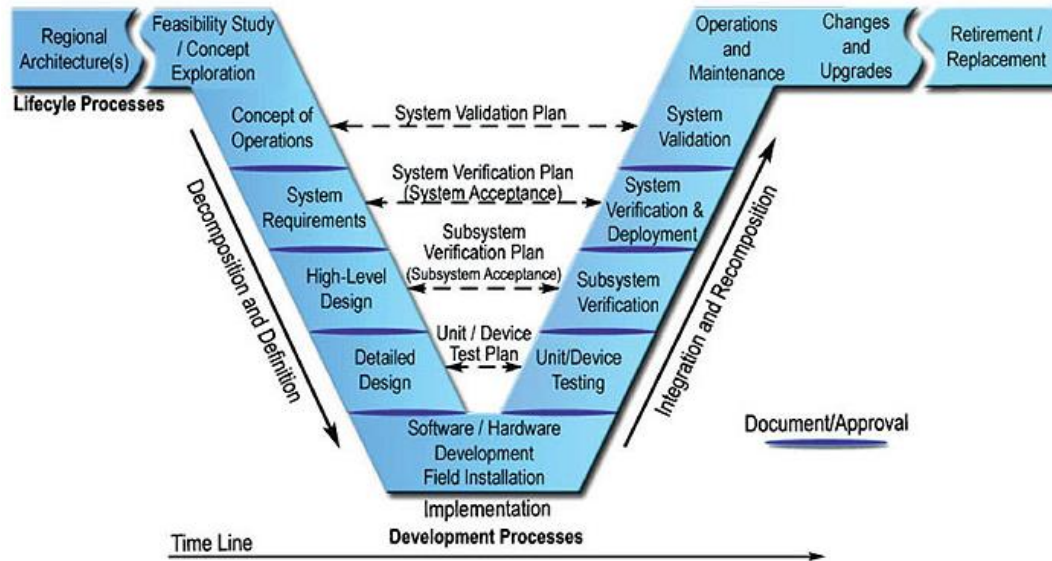


Ilustración 21: Metodología para el desarrollo de proyectos

A. Concepto de operaciones

Se parte de las necesidades del cliente, sus expectativas y visiones y se plantean las directrices generales del proyecto. Se procede a investigar sobre los proyectos relacionados y como desarrollaron su producto, componentes, materiales, dimensiones, perfiles, etc. También se obtienen y/o mejoran los conocimientos necesarios para desarrollar el proyecto

Se hace una lluvia de ideas acerca de la solución del problema y se eligen las mejores alternativas mediante herramientas como diagrama QFD

B. Requisitos del sistema

Con el fin de tener aún más claridad en la materialización de la idea se procede a realizar un bosquejo de los sistemas a construir con la ayuda de un software CAD. En este paso también es importante tener definidos los mecanismos necesarios para los accionamientos de los componentes

C. Ingeniería de detalle

En este paso se plantean los análisis correspondientes a todos los componentes como serian la resistencia de materiales, la potencia de los elementos, la configuración geométrica etc. Para proseguir con la verificación del comportamiento de los sistemas simulados

D. Diseño detallado

En este punto se debe realizar el diseño detallado por medio de software CAD con cada elemento necesario en el sistema para tener una visión clara en la construcción ya que también se debe hacer la selección de componentes, material y perfiles.

E. Desarrollar la instalación de campo

Una vez definidas las compras se procede a la investigación sobre la disponibilidad de los materiales en el mercado. Si hay limitaciones en la disponibilidad de algunos materiales se procede a una retroalimentación con el diseño detallado para luego conseguir los componentes a para construcción y para implementación.

F. Prueba del dispositivo

Una vez adquiridos los componentes se procede a la verificación de los componentes por separado

G. Verificación del subsistema

Para este nivel se divide la moto en subsistemas y realizan pruebas de los diferentes subconjuntos y el comportamiento ante el inminente ensamble general

H. Verificación y despliegue del sistema

Se procede a ensamblar el sistema general y retroalimentación hacia el diseño detallado CAD para que se parezca lo más posible al ensamble físico.

I. Validación del sistema

Se realiza la puesta en marcha de la moto eléctrica en campo y verificación del desempeño mientras hay una retroalimentación hacia todas las etapas para corregir pequeños inconvenientes y errores

J. Operaciones de mantenimiento

Para las partes finales se investigan los procesos de verificación de un centro de diagnóstico automotor, se prepara la moto para las pruebas, se establece el contacto y se hace la revisión

K. Verificar resultados

Se comprueban los datos teóricos con experimentales

11. EXPLORACIÓN DE SOLUCIONES

Para esta actividad se hizo una matriz de alternativas que se tienen en los cuales intervino el diseñador de la moto y el empresario que pidió el proyecto; hay que hacer énfasis en que las directrices del proyecto se tomaron a partir de las demandas del empresario y de su experiencia en el sector comercial. La opción evaluada se presenta a continuación

	Peso	Scoter	Urbanas	Trabajo	Turismo	Chooper	Doble propósito	Enduro	Deportiva
Comodidad	8	9	3	3	9	9	9	1	3
Agilidad	7	9	9	9	1	3	3	1	3
Espacio de carga	4	9	3	3	9	3	3	1	1
Estabilidad	7	1	3	3	9	9	9	3	9
maniobrabilidad	8	9	3	3	1	1	3	1	3
Sensaciones	6	3	9	9	9	3	3	9	9
Peso	6	9	9	9	1	1	1	3	3
Carenaje	6	1	9	9	3	3	3	9	1
Ergonomia	8	9	3	3	9	9	3	1	3
Tamaño	7	9	3	3	1	1	1	3	3
Genero	7	9	3	3	1	1	1	3	3
Confort en offroad	4	1	3	3	1	1	1	9	1
		530	384	384	354	308	276	260	284

Ilustración 22: Matriz de alternativas.

Como se puede ver en la ilustración 19 los tipos de motos que obtuvieron un puntaje más alto fue la moto tipo Scooter (Tipo bwis) y la moto de Trabajo (Tipo Eco) pero al final se eligió finalmente la moto Scooter debido a que esta se acomoda mejor a los clientes de ambos géneros

12. DISEÑO, ANALISIS Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

12.1. DISEÑO DE CHASIS

En el diseño del chasis se tuvieron tres opciones principales. Una vez filtradas las opciones se elige la que tenga las mejores características para lo cual lo primero es garantizar la rigidez del elemento, como segundo ítem se eligió la reducción del peso al máximo y por ende la reducción de los costos luego otro punto importante es la facilidad para la fabricación lo que implícitamente tiene la reducción de los costos también y como último punto se intentó eliminar al máximo el sobredimensionamiento. En conclusión, se eligió el chasis de cuna sencillo ya que tenía las mejores características.

Y se procede al diseño donde la geometría general es determinada por los parámetros de la literatura y es mostrada en la siguiente imagen

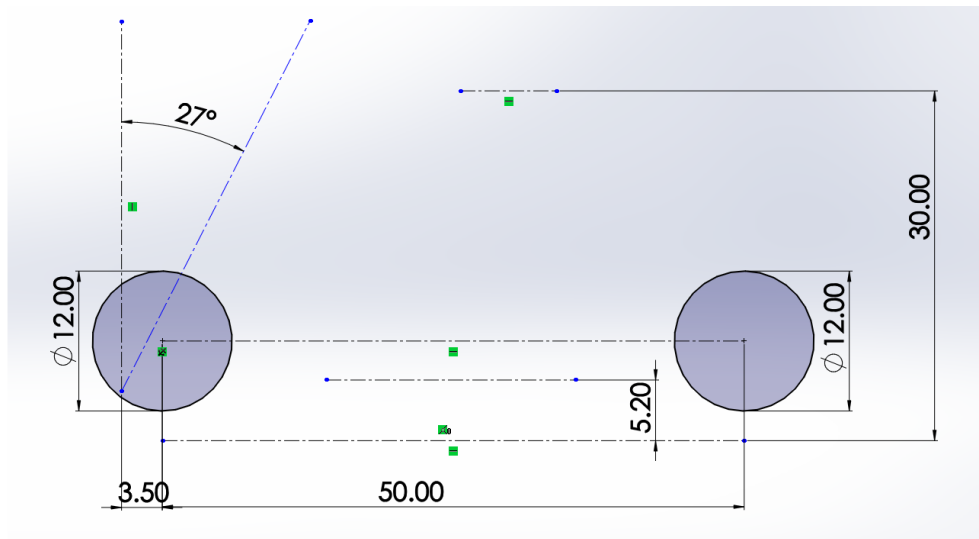


Ilustración 23: Diseño general del chasis

Las justificaciones de las medidas están determinadas por la literatura y son el resultado de múltiples experimentos con diferentes tipos de motos; estas características están estrechamente ligadas con el comportamiento del vehículo y se relacionan como se menciona a continuación:

Distancia entre ejes

- El círculo mínimo de rotación.
- Movimientos de cabeceo

- Transferencia de pesos
- Agilidad en los cambios de dirección
- Deformación flexional y torsional del bastidor.

Ángulo de dirección

- Fuerzas de flexión.

Avance

- Aumenta la estabilidad.

Centro de gravedad

- Repartir de igual manera en ambas Ruedas la carga
- Más estable en la aceleración.

Para la parte del chasis se tienen tres componentes, uno de estos es la popularmente llamada tijera o eje basculante el cual es un componente que une la rueda con el chasis a través de un eje que pivota y a través de la suspensión trasera. El segundo componente del chasis se denomina bastidor y es el cuerpo principal del chasis el cual se compone de una serie de perfiles de tubería circular interconectados que forman el esqueleto de la moto y por último tenemos el tenedor que es una pieza que une el bastidor con las barras telescópicas del manillar.

12.2. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

12.2.1. Geometría en COMSOL

Para la parte del análisis estructural se tiene el problema siempre de geometrías complicadas a la hora de importar los modelos en COMSOL, por esta razón se decide realizar la geometría directamente en la herramienta de diseño de COMSOL donde se obtienen los resultados mostrados en las siguientes imágenes

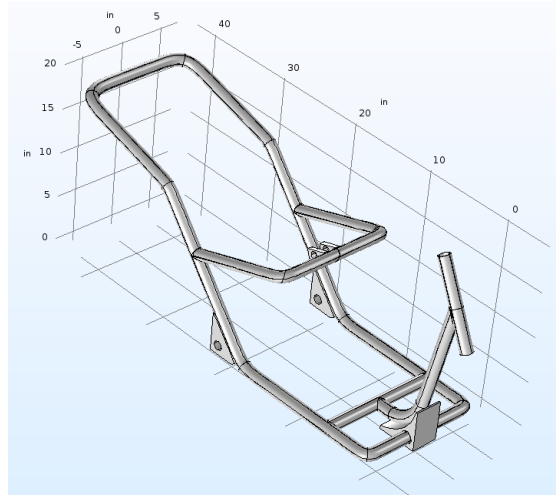


Ilustración 24: Geometría diseñada en COMSOL

En la ilustración anterior se puede visualizar un modelo a detalle del chasis al que le vamos a hacer el análisis estructural, se hizo bastante detallado y sirve como validación para la selección del método final del análisis de elementos finitos.

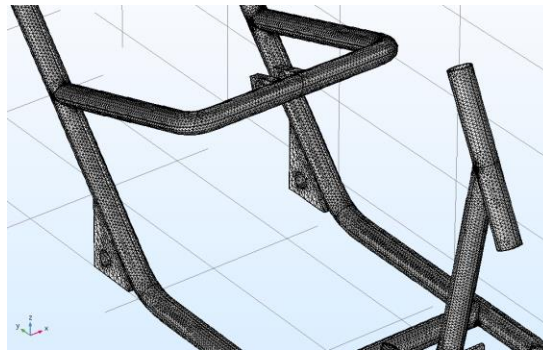


Ilustración 25: Enmallado de la geometría

Esta malla está conformada por 187312 elementos con tamaños entre 5 y 50 mm por elemento con factor de curvatura de 0.4 y una resolución en regiones estrechas de 0.7

Básicamente al hacer la geometría en COMSOL se tenía el problema de que el enmallado, aunque estaba completo había muchos elementos de baja calidad debido a la misma geometría del sistema.

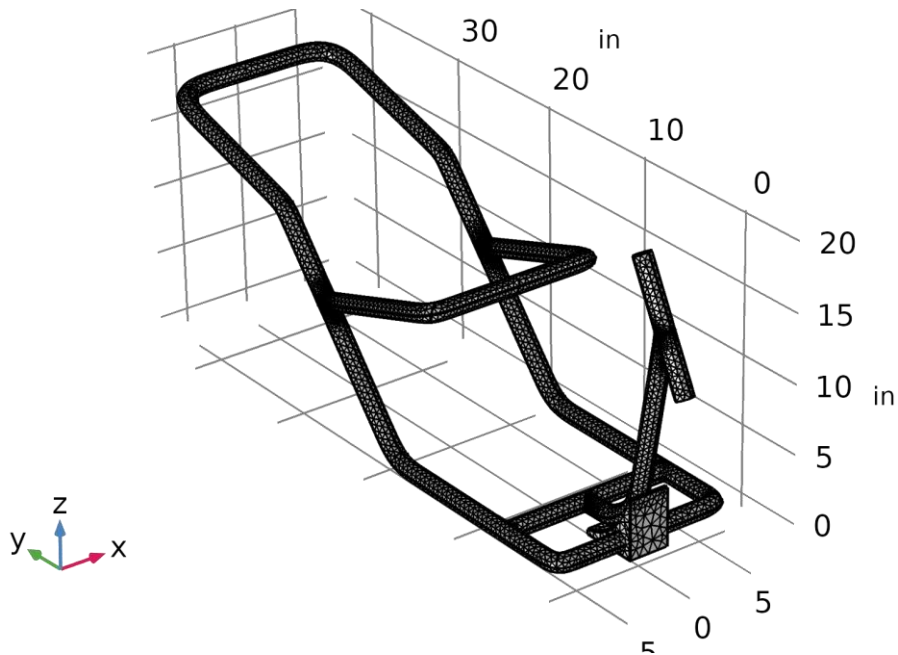


Ilustración 26: Geometría usada

Como podemos observar el modelo para el enmallado final de COMSOL es más simplificado debido a que se debieron hacer modificaciones y en algunos casos eliminación en redondeos, uniones y puntos de sujeción los cuales dieron paso a la solución de la simulación.

En este punto observamos una gran ventaja a la hora de hacer los análisis pues los elementos tetraédricos de la malla son mucho menores debido al hecho de que son lineales y no presentan geometrías demasiado complicadas. Esta malla está conformada por 249844 elementos con dimensiones entre los 2 y los 40 mm.

Las cargas aplicadas al sistema se derivan de las ecuaciones del movimiento que afectan el sistema general, estas ecuaciones se pueden revisar en el anexo 1 de esta tesis.

12.2.2. Aplicar análisis y post procesamiento FEM

Para proceder al post procesamiento de los datos se hallan los esfuerzos de von mises como se muestra en la siguiente figura.

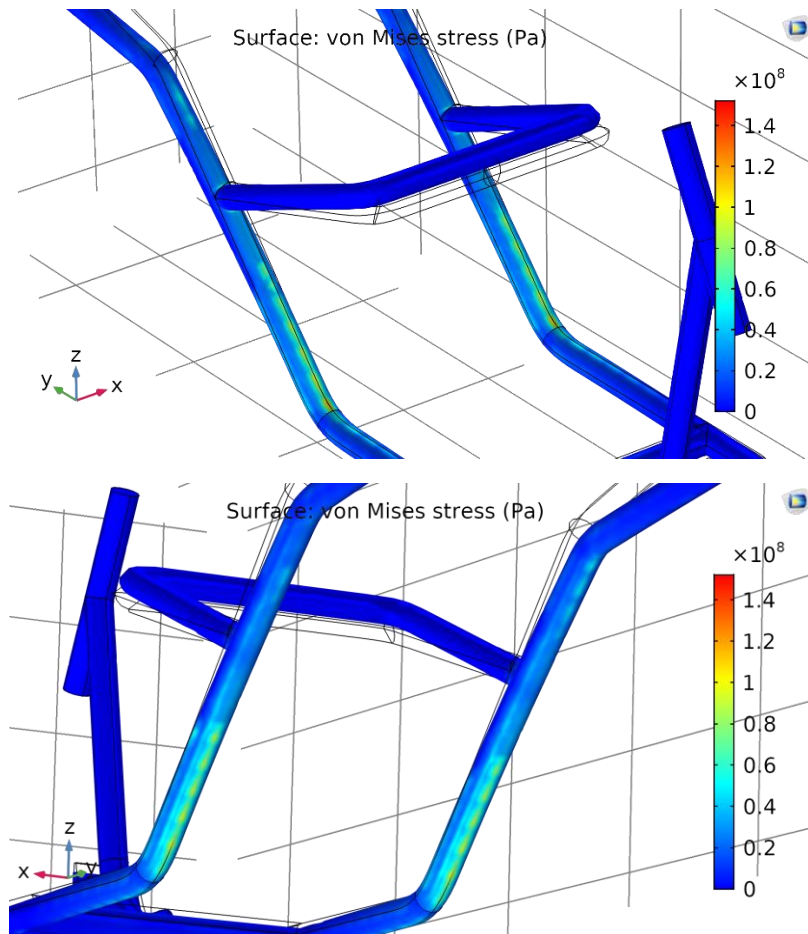
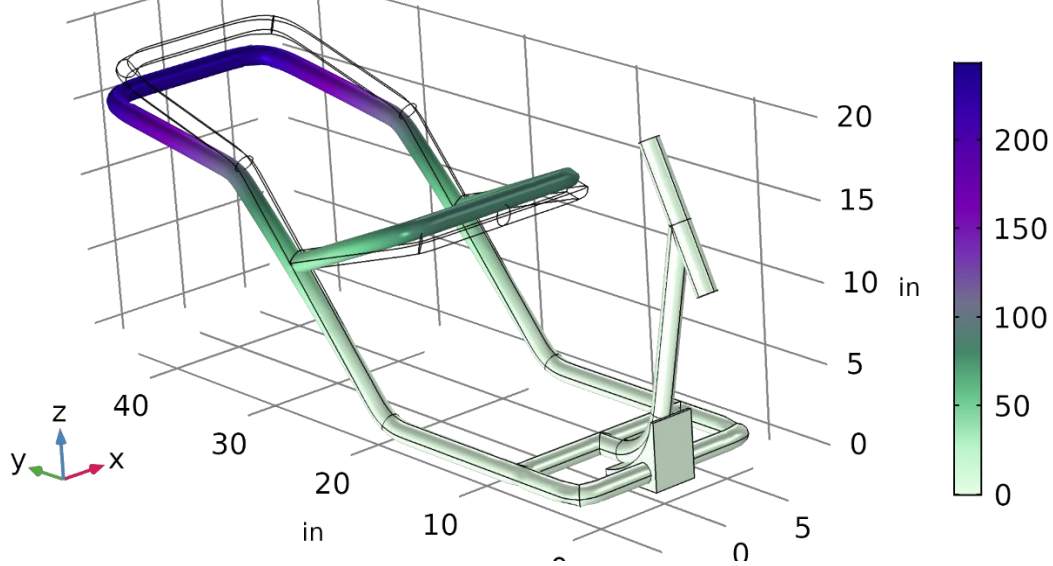


Ilustración 27: Esfuerzo von mises en la geometría

En el resultado de la ilustración anterior para los esfuerzos debemos resaltar que una de las partes críticas era la base del elemento estructural que conecta el chasis con la horquilla el cual se le asignó un perfil de mayor diámetro (0.5 pulg más ancho) por tal motivo el punto de mayor preocupación se reforzó.

Los puntos con mayor carga son los elementos que soportan el peso del pasajero y el conductor además del punto de unión con la tijera, pero eso no quiere decir que va a fallar el sistema pues los esfuerzos del material están por el orden de los 10^7 pascales y la resistencia del acero 1020 que fue el que se maneja está por el orden de los 10^9 pascales es decirse está manejando un factor de seguridad mínimo de 6.

Eigenfrequency=29.402 Hz Surface: Total displacement (mm)



Eigenfrequency=66.258 Hz Surface: Total displacement (mm)

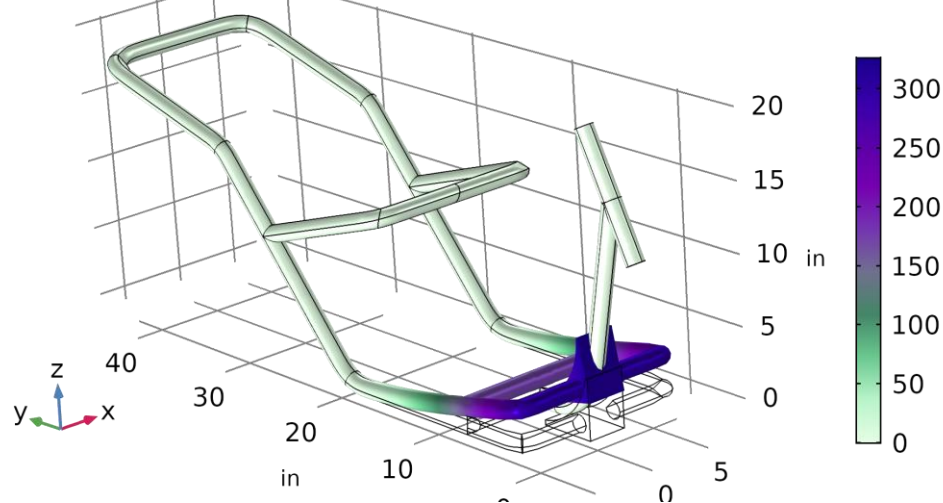


Ilustración 28: Momento flector aplicado al chasis

También se hizo un análisis modal del chasis donde se hallaron sus frecuencias propias para lo cual se presentaron cinco modos de vibración con frecuencias de 29.4, 49, 66.2, 81.2 y 117 Hz. Es fundamental conocer estas frecuencias debido a que si existe alguna carga que sea aplicada con la frecuencia de vibración apropiada puede fracturar el chasis.

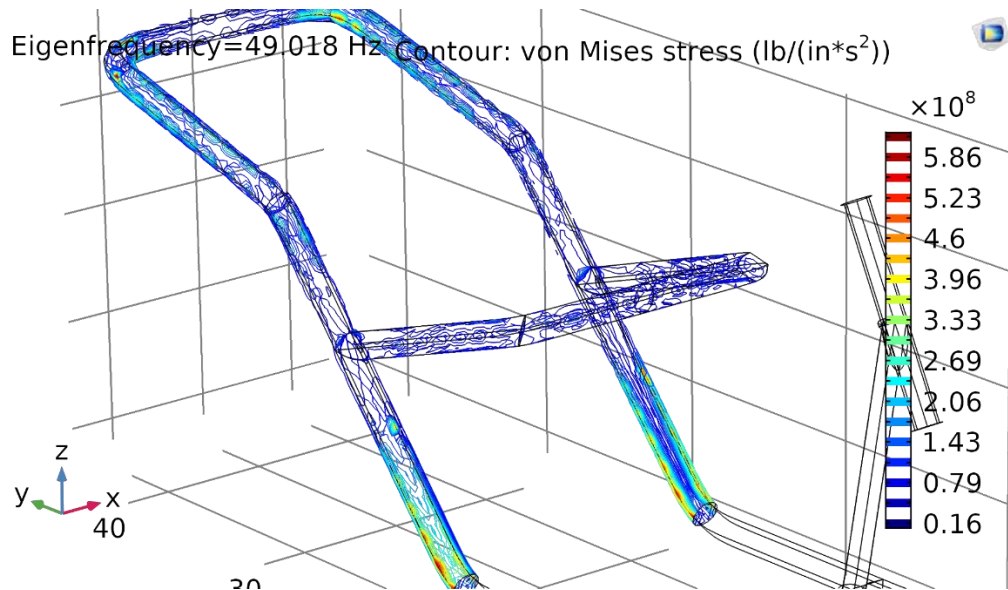


Ilustración 29: Esfuerzo producido por excitar el chasis a sus frecuencias naturales

En el caso extremadamente improbable de que las cargas fueran aplicadas en las frecuencias de vibración que generan resonancia en el sistema la estructura se sometería a las cargas mostradas en la ilustración 57 y puede que luego de un tiempo prolongado aplicando esta carga pueda fracturar el sistema.

12.3. MODELO DE LA SUSPENSIÓN

Para la parte de la suspensión también se tienen dos sistemas, la suspensión trasera, que se eligió usar una variante de la suspensión convencional llamada monoschok debido a que este tipo de suspensión permite una carrera de la suspensión más extensa lo que deriva en una suspensión más suave es decir mayor confort (Cosa que podría resolver el inconveniente de suspensión dura que presentan la mayoría de motos Scooter) además de que la implementación de este sistema reduce los costos y el mantenimiento. Para la suspensión delantera se usaron barras telescópicas que son un sistema de resorte amortiguador con la condición de que el resorte es interior (A diferencia de una suspensión normal que tiene el resorte externo).

El modelo matemático del sistema de la suspensión, su nomenclatura y sus constantes se presenta a continuación:

Símbolo	Descripción
\ddot{x}_d	Aceleración de la masa frontal
\ddot{X}	Aceleración del chasis.
\dot{x}_d	Velocidad de masa frontal
\dot{X}	Velocidad del chasis
x_d	Desplazamiento de masa frontal
X	Desplazamiento del chasis
m_d	Masa delantera
m	Masa del sistema total
I	Inercia de brazo oscilante
A	Amplitud del criterio de Janeway
ω	Frecuencia del criterio de Janeway
θ	Ángulo del brazo oscilante
$\dot{\theta}$	Velocidad angular del brazo oscilante
b_1	Coefficiente de amortiguación de la rueda delantera
b_2	Coefficiente de amortiguación de la rueda trasera
b_3	Amortiguador coeficiente de suspensión delantera
b_4	Amortiguador coeficiente de suspensión trasera
β	Ángulo de ataque
da	Trail
P_2	Distancia entre el eje del brazo oscilante y el eje de Monoschock
P_1	Distancia entre el eje del brazo oscilante y el eje de la rueda
\dot{P}_2	Velocidad del eje de Monoschock
\dot{P}_1	Velocidad del eje de la rueda
u_1	Desplazamiento de entrada en la rueda delantera
\dot{u}_1	Velocidad de entrada en la rueda delantera
u_2	Desplazamiento de entrada en la rueda trasera
\dot{u}_2	Velocidad de entrada en la rueda trasera
k_1	Rigidez de la rueda delantera
k_2	Rigidez de la rueda trasera
k_3	Rigidez de la suspensión delantera
k_4	Rigidez de la suspensión trasera

Ilustración 30: Tabla de nomenclatura

<i>Ítem</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Valor</i>	<i>Unidad</i>
Masa frontal	m_d	8	Kg
Masa total del sistema	m	100	Kg
Inercia de la tijera	I	0.125	Kgm ²
Rigidez de la rueda delantera	k_1	22000	N/m
Rigidez de la rueda trasera	k_2	18000	N/m
Rigidez de la suspensión delantera	k_3	23954	N/m
Rigidez de la suspensión trasera	k_4	26757	N/m
Amortiguación de la rueda delantera	b_1	1700	Ns/m
Amortiguación de la rueda trasera	b_2	2300	Ns/m
Amortiguación de la suspensión delantera	b_3	1801	Ns/m
Amortiguación de la suspensión trasera	b_4	7159	Ns/m
Angulo de ataque	β	117	°
Distancia entre eje de brazo oscilante y eje de monoschok	L_1	0.32	m
Distancia entre eje de brazo oscilante y eje de rueda	L_2	0.29	m

Ilustración 31: Parámetros a seleccionados

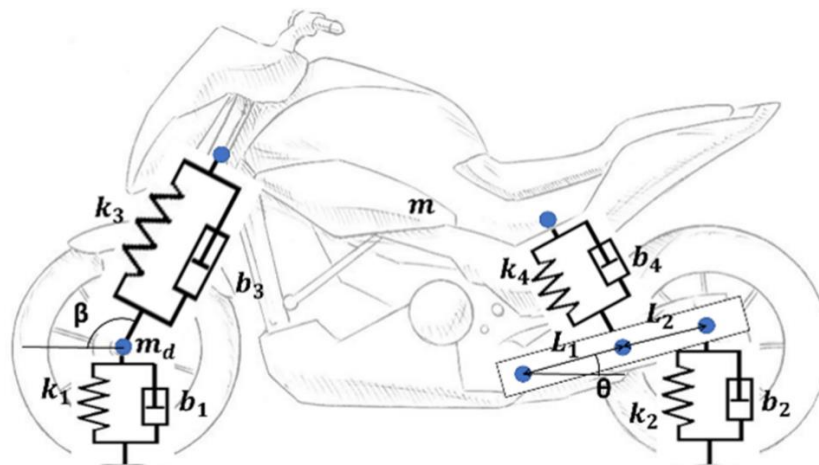


Ilustración 32: Representación del sistema por medio de parámetros concentrados

Un modelo simplificado de la suspensión de la motocicleta fue usado para modelar la respuesta dinámica. Las ecuaciones diferenciales que gobiernan el movimiento del Sistema son las siguientes:

Para la masa delantera

- En posición vertical

$$m_d * \ddot{x}_d * \text{sen}(\beta) = F_1 - F_2 * \text{sen}(\beta) - F_r * \text{sen}(\beta + 180)$$

$$F_1 = k_1(u_1 - x_d) + b_1(\dot{u}_1 - \dot{x}_d)$$

$$F_2 = k_3(x_d - X) + b_3(\dot{x}_d - \dot{X})$$

- En posición horizontal

$$m_d * \ddot{x}_d * \text{cos}(\beta) = -F_2 * \text{cos}(\beta) + F_r * \text{cos}(\beta + 180)$$

Para la tijera

$$P_{x1} = (L_1 + L_2) * \text{cos}(\theta)$$

$$P_{x2} = L_1 * \text{cos}(\theta)$$

$$P_{y1} = (L_1 + L_2) * \text{sen}(\theta)$$

$$P_{y2} = L_1 * \text{sen}(\theta)$$

$$\dot{P}_{x1} = -(L_1 + L_2) * \text{sen}(\theta) \dot{\theta}$$

$$\dot{P}_{x2} = -L_1 * \text{sen}(\theta) \dot{\theta}$$

$$\dot{P}_{y1} = (L_1 + L_2) * \text{cos}(\theta) \dot{\theta}$$

$$\dot{P}_{y2} = L_1 * \text{cos}(\theta) \dot{\theta}$$

$$F_3 = k_3(u_2 - P_{y1}) + b_3(\dot{u}_2 - \dot{P}_{y1})$$

$$F_{4x} = k_4(P_{x2} - X_x) + b_4(\dot{P}_{x2} - \dot{X}_x)$$

$$\ddot{\theta} * I = P_{x1} * F_3 - P_{x2} * F_{4y} - P_{y2} * F_{4x}$$

Para el chasis

$$m * \ddot{X}_x = F_2 * \text{cos}(90 - \beta) - F_{4x}$$

$$m * \ddot{X}_y = F_2 * \text{sen}(90 - \beta) + F_{4y}$$

Una vez con las ecuaciones de movimiento se procede a la simulación donde se obtiene la visualización del comportamiento del sistema, luego se le aplica una optimización de parámetros para mejorar la respuesta transitoria del sistema, estos resultados se muestran en la siguiente ilustración:

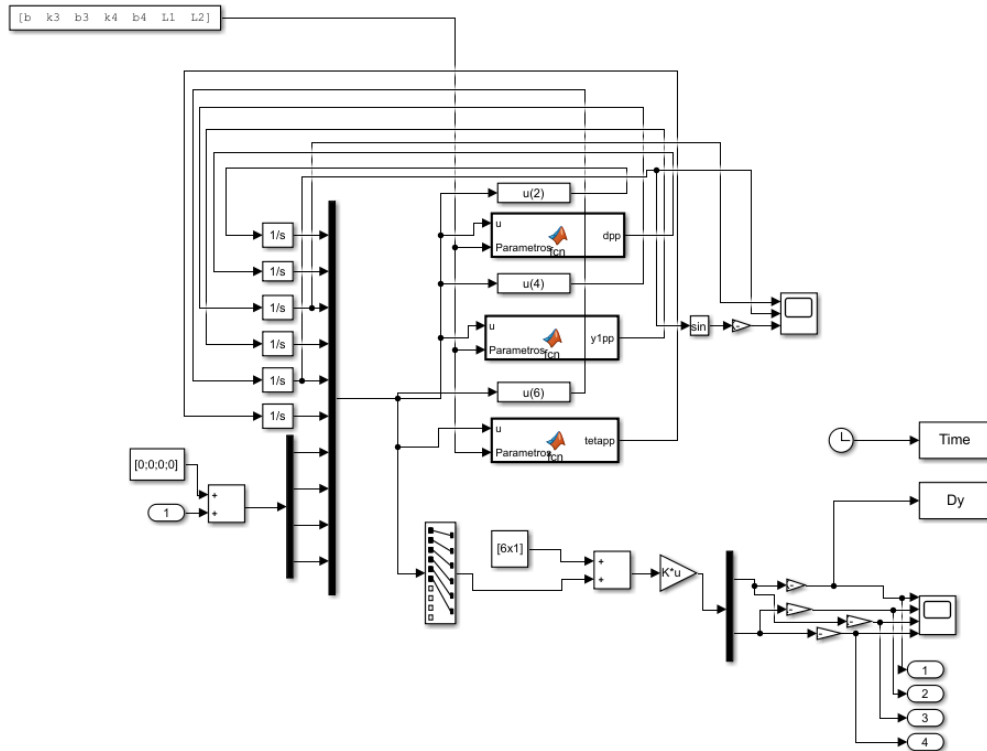


Ilustración 33: Espacio de estados del sistema en SIMULINK (Anexo en el archivo multimedia).

La ilustración anterior evidencia el montaje de las ecuaciones no lineales del modelo matemático en el entorno de SIMULINK. Este sistema cuenta con 6 estados y cuatro entradas, donde se realiza una aproximación por métodos numéricos para poder simular los resultados. Los estados y las entradas que se plantean son:

<i>Estados</i>	$ \begin{aligned} x_1 &= \theta \\ x_2 &= \dot{\theta} \\ x_3 &= x_d \\ x_4 &= \dot{x}_d \\ x_5 &= X \\ x_6 &= \dot{X} \end{aligned} $	<i>Entradas</i>	$ \begin{aligned} u_1 &= u_1 \\ u_2 &= \dot{u}_1 \\ u_3 &= u_2 \\ u_4 &= \dot{u}_2 \end{aligned} $
----------------	---	-----------------	---

Y las gráficas correspondientes al comportamiento del sistema respecto a una entrada impulso de valor 0.2 metros (Esto equivale a sobrepasar un hueco) en el instante de tiempo inicial y el impulso permanece por 2 segundos, La reacción del sistema se muestra a continuación

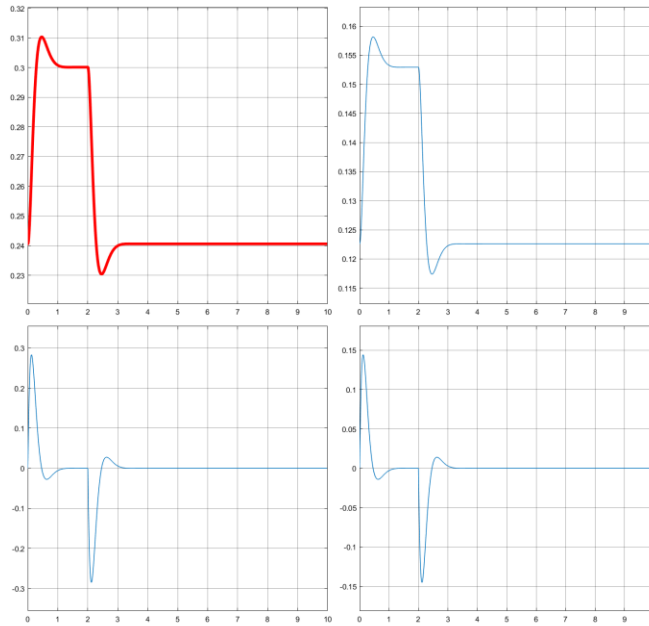


Ilustración 34: Comportamiento del desplazamiento y velocidad en cada eje ante una entrada de tipo pulso

La ilustración anterior representa los desplazamientos (figuras superiores) medidos en metros y velocidades (figuras inferiores) medidas en $\frac{m}{s}$ en dirección vertical (figuras ubicadas en la parte izquierda) y horizontal (figuras ubicadas en la parte derecha) del chasis, se puede ver que la respuesta en el desplazamiento es sobre amortiguado y que presenta una trayectoria brusca al alcanzar su valor pico y luego buscando su estado estable lo cual sería bastante incómodo para el conductor.

El siguiente paso fue proceder a la optimización de parámetros donde se usa la herramienta de optimización de SIMULINK fmincon, los resultados y el proceso se muestran a continuación

Create Design Variables Set

Create Design Variables set: DesignVars

	Variable	Value	Minimum	Maximum	Scale
<input checked="" type="checkbox"/>	L1	0.18	0.01	1	0.25
<input checked="" type="checkbox"/>	L2	0.35	0.01	1	0.5
<input checked="" type="checkbox"/>	b	2.0420352248...	$(90+20)*\pi/180$	$(90+30)*\pi/180$	4
<input checked="" type="checkbox"/>	b3	1000	1000	1e6	1024
<input checked="" type="checkbox"/>	b4	1000	1000	1e6	1024
<input checked="" type="checkbox"/>	k3	3000	1000	1e6	4096
<input checked="" type="checkbox"/>	k4	4000	1000	1e6	4096

Update model variables

Variable Detail

Ilustración 35: Variables a iterar y sus límites

Basados en las gráficas de desplazamiento y velocidad se procede a establecer las variables que se pueden modificar para obtener una respuesta más suave ante una posible entrada escalón.

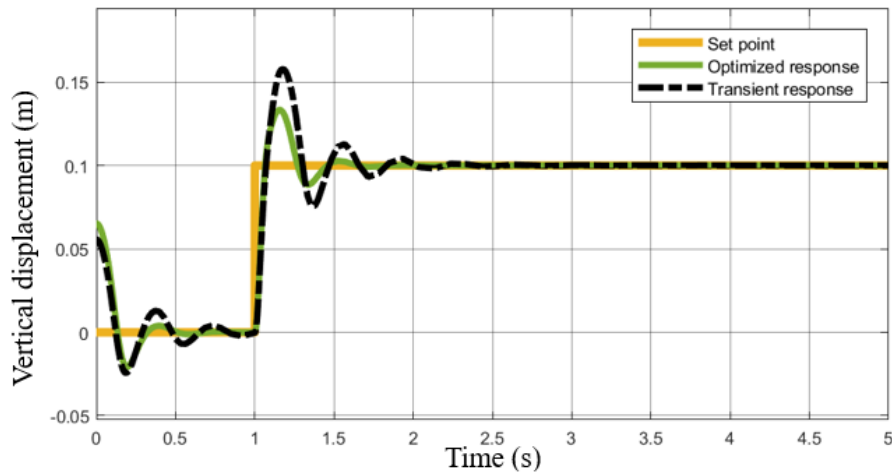


Ilustración 36: respuesta transitoria del sistema con parámetros normales y el optimizado

Una vez hecha la optimización se puede evidenciar un comportamiento de la variable con menos oscilaciones, con un pico máximo reducido un 30% y un tiempo de establecimiento mucho menor.

12.4. DESEMPEÑO

Una de las partes críticas para este proyecto fue la proyección que se tuvo en cuestiones de desempeño y para esto se hizo un análisis de la demanda de potencia en rueda de este vehículo a partir de una base de datos (United States Environmental Protection Agency, 2011) que evidenciaba un recorrido en condiciones normales para un vehículo convencional tomando los datos de velocidad instantánea y tiempo.

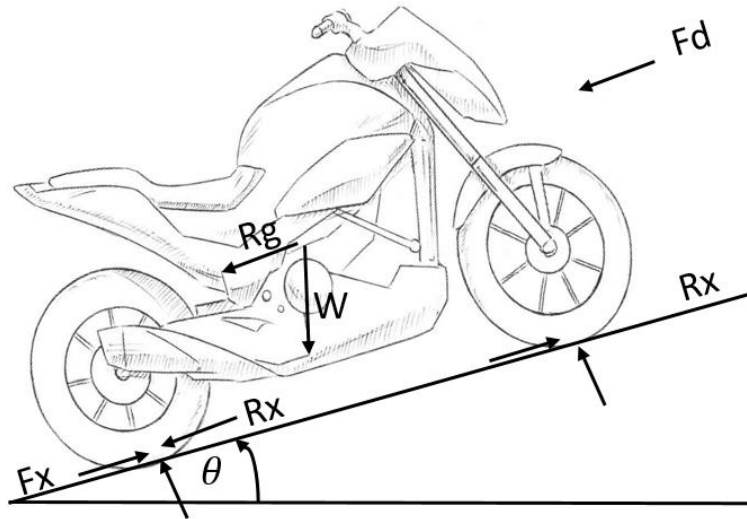


Ilustración 37: Diagrama de cuerpo libre de motocicleta.

Se plantea entonces el diagrama de cuerpo libre del sistema y las ecuaciones resultantes quedan de la siguiente manera

$$\sum f = m * a$$

$$Fx - Fd - Rx - Rg = M * a$$

Donde

$$Fd = \frac{1}{2} Cd * \rho * A * V^2$$

Fd = hace referencia a la fuerza de arrastre del vehículo

Cd = coeficiente de arrastre del vehiculo.

ρ = Densidad del aire

A = área frontal de vehículo

V = Velocidad del vehículo

$$Rg = M * g * \text{Sen } \theta$$

Rg = Resistencia debido a la pendiente

M = masa total del vehiculo más el pasajero

g = Constante gravitatoria

θ = Ángulo de la pendiente

$$Rx = \mu * M * g * \cos \theta$$

R_x = Fricción

μ = Coeficiente de fricción

Y finalmente F_x que es la fuerza que le permite al vehículo moverse.

Llevamos la base de datos de conducción y a partir de las ecuaciones anteriormente mencionadas se procede al despeje de las variables para conocer la fuerza en rueda necesaria en cada instante de tiempo; los parámetros usados en las ecuaciones y sus resultados se pueden evidenciar en las siguientes tres ilustraciones.

<i>Ítem</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Valor</i>	<i>Unidad</i>
Masa	M	250	Kg
Coeficiente de arrastre	Cd	0.6	-
Radio dinámico del neumático	Rd	0.15	M
Presión	P	90.6	kPa
Temperatura	T	299.15	K
Densidad aire	Rho	1.055	Kg/m3
Coeficiente de rodadura	Fr	0.015	-
Área frontal	A	0.7	M2
Pendiente	Theta	0.04733	Rad
Gravedad	g	9.81	m/s2

Ilustración 38: Parámetros usados

Es de resaltar que los parámetros que fueron usados en la ilustración anterior fueron tomados de otras motos convencionales pues en este punto no se tenía nada construido entonces esos parámetros se tomaron de la literatura (Foale, 2002).

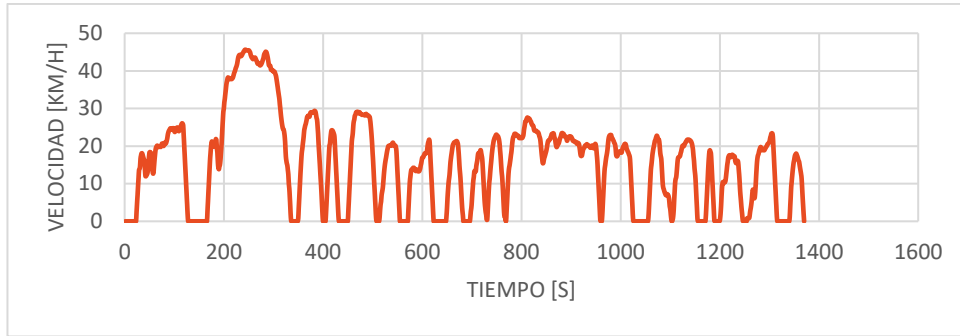


Ilustración 39: Ciclo de conducción

La ilustración anterior permite visualizar el ciclo de conducción de una moto en ciudad (United States Environmental Protection Agency, 2011) entonces durante todo este ciclo se llega a unos límites de velocidad que son los picos en la gráfica (47Km/h) y también se mantiene estático durante algunos intervalos de tiempo que son debido a la presencia de semáforos y señales de PARE.

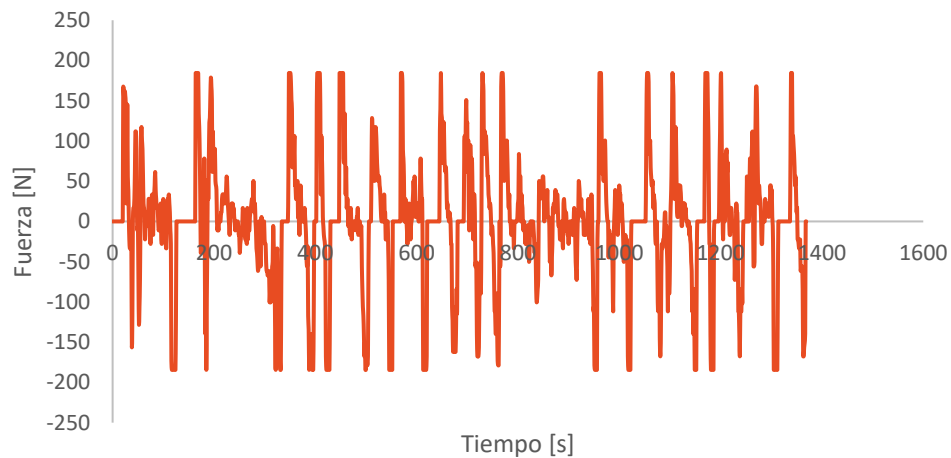


Ilustración 40: Fuerza desarrollada en la llanta

Gracias a la obtención del ciclo de conducción y las ecuaciones mencionadas al principio de este numeral se pudo graficar la fuerza necesaria para hacer que la moto cumpla con las demandas de velocidad lo que nos permite dimensionar el motor basados en los picos máximos de la gráfica. La conclusión del dimensionamiento se muestra a continuación.

<i>Ítem</i>	<i>Valor</i>	<i>Unidad</i>
Potencia Máxima	2.9	Kw
Potencia promedio	0.73	Kw
Torque máximo	51.74	Nm
Energía máxima	0.28	KWh

Ilustración 41: Resultados de los análisis

La tabla anterior presenta el dimensionamiento del motor, sus características principales deben ser de un par máximo de 51.74Nm, una potencia máxima de 2.9 Kw y una potencia nominal de 0.73 Kw.

12.5. TREN DE POTENCIA

En el sistema de tren de potencia se tienen 5 aspectos: el sensor (acelerador), el control, el actuador, el energizador y los botones de mando

a) Sensor

Básicamente se tiene un acelerador que se ubica en el manubrio de la moto el cual se puede modelar como un potenciómetro.

b) Control

Se tiene un controlador para el circuito del motor al cual le entra la señal del acelerador codificado mediante las pulsaciones por ancho de banda y lo energizan las baterías y tiene como salida el voltaje para el motor.

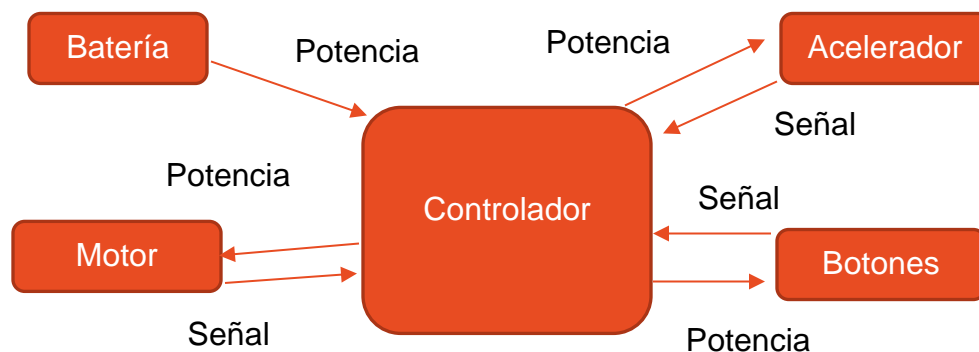


Ilustración 42: Diagrama de bloques de la electrónica de potencia

Según el diagrama de bloques anterior se puede tener una mayor claridad sobre los elementos electrónicos que conforman el sistema electrónico de la moto, su centro de operaciones es el controlador el cual es alimentado por las baterías y desde allí se suministra energía hacia el motor y los elementos de mando que son el acelerador y los botones de mando.

12.6. SELECCIÓN DE COMPONENTES

En base a los análisis hechos en el numeral anterior se procede a la investigación del mercado para la compra de los componentes

12.6.1. Motor



Ilustración 43: Motor con imanes permanentes PMAC de 8.5Kw

Se seleccionó este motor debido a que fue el modelo disponible para el proyecto.

El motor ME0907 es 90% eficiente a voltajes entre 24 a 48 VDC. Corriente continua de 100 amperios a 48 V CC. Este es un motor síncrono de imán permanente trifásico conectado en Y con un entrehierro axial.

- Este es un motor de 8 polos (4 pares de polos).
- La resistencia del devanado de fase a fase es de 0.013Ω .
- La velocidad máxima recomendada del rotor es de 5000 RPM.
- Voltajes de 0 a 72 VDC de entrada al control.
- Par constante de $0.13 \frac{Nm}{A}$
- La Inductancia Fase a Fase es 0.10 Milli-Henry.
- La inercia de la armadura es de $52 Kg Cm^2$.

- Corriente continua de 80 A.
- Corriente pico de 220 amperios A por 1 minuto.
- Peso de 22 libras.
- Par máximo de pérdida si 38 Nm.

Las curvas que caracterizan al motor se muestran a continuación.

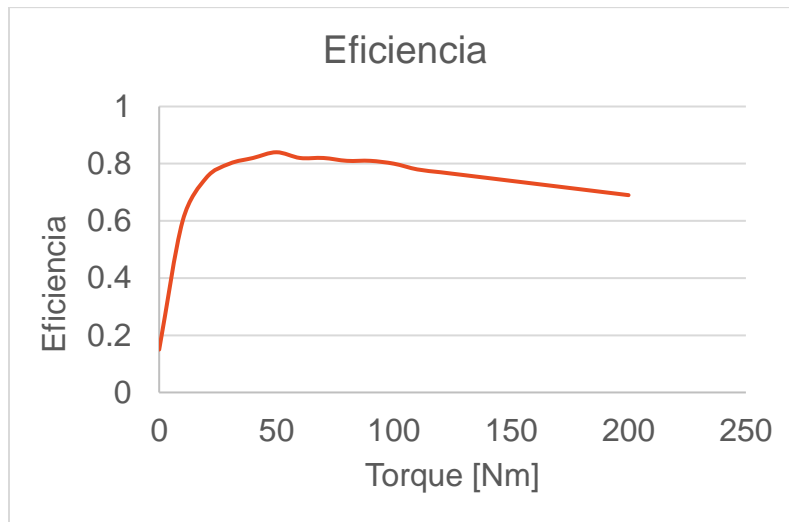


Ilustración 44: Curva de eficiencia del motor

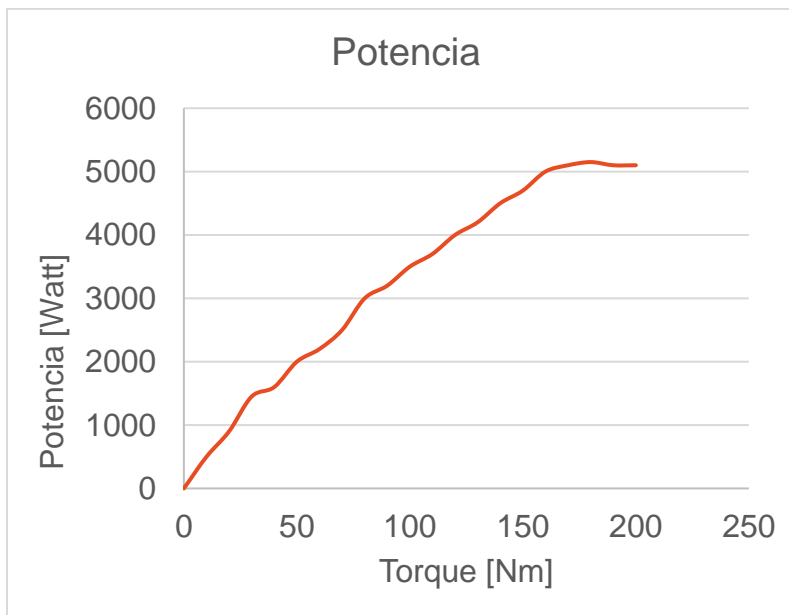


Ilustración 45: Curva de potencia del motor

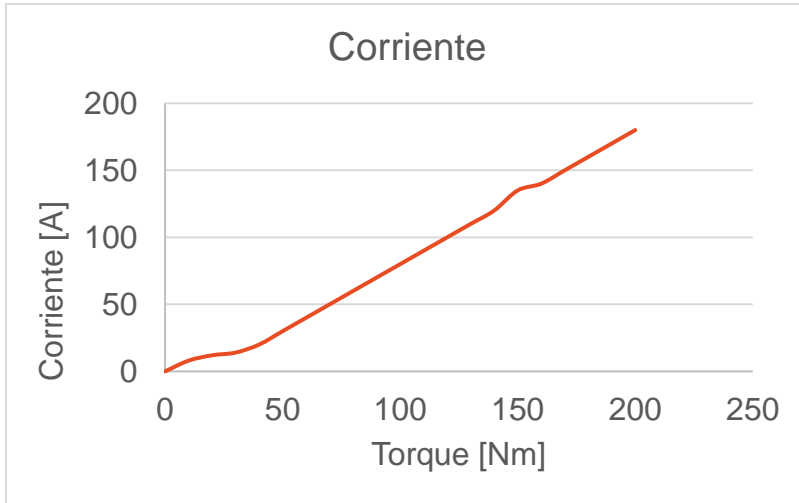


Ilustración 46: Curva de corriente

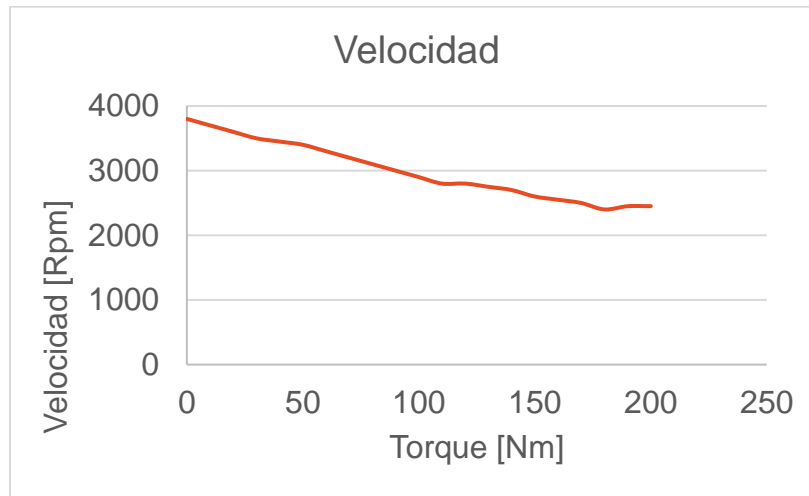


Ilustración 47: Curva de velocidad



Ilustración 48: Controlador Sevcon Gen 4

Los controladores Sevcon Gen4 están diseñados para controlar motores de inducción de CA trifásicos e imán permanente Motores de CA (PMAC) en aplicaciones de bombeo y tracción con batería. El controlador adapta su corriente de salida para adaptarse a las condiciones de carga y al ambiente en el que se encuentra. También se protegerá a sí mismo si está cableado incorrectamente. El cableado de la señal y las conexiones de alimentación se han diseñado para ser tan simples y directas como posible. Se proporcionan entradas y salidas de señal analógica y digital para interruptores, sensores, contactores, válvulas hidráulicas y comunicaciones CAN. Estas señales eléctricas se pueden asignar al software Gen4

- Gen4 incluye un conjunto de entradas y salidas (I / O).
- 8 entradas digitales
- 2 entradas analógicas (se pueden configurar como digitales)
- 3 salidas de contactor / solenoide
- 1 salida de alimentación del codificador
- 5 V o 10 V programables
- Un bus CANopen
- Configurable como control de vehículo maestro o motor esclavo.



Ilustración 49: Batería 80AH

Para la selección de las baterías se parte de los siguientes postulados:

- El motor tiene un consumo de corriente ≤ 52.3 [A] a 50Km/h
- 8 horas es un valor común del tiempo de carga para las baterías en similares aplicaciones.
- Debido a la selección de baterías, el exponente de Peukert será asumido como 1,1.
- La autonomía será alrededor de 100 Km o 1.5 horas a 50Km/h.

$$t = \frac{H}{\left(\frac{I * H}{c}\right)^k}$$

t: Tiempo en horas de autonomía.

H: Es el tiempo en horas indicado por el fabricante que indica en qué base de tiempo está calculada la capacidad nominal.

C: Es la capacidad de la batería en $A * H$

k: Es el exponente de Peukert y es un valor inherente al tipo de batería.

I: Es la intensidad de corriente que se necesita de la batería en A.

$$1.5 = \frac{20}{\left(\frac{52.3 * 20}{c}\right)^{1.1}} = 72.3 AH$$



Ilustración 50: CVT transmisor de potencia

Para transmitir la potencia a la llanta se implementó el sistema CVT que consiste en un par de rodillos unidos mediante una banda que permite la variación de diámetros y de esta manera regular la relación de diámetros para suministrar la fuerza necesaria durante la conducción.

12.7. DISEÑO CAD



Ilustración 51: Llanta, freno de disco y parte de suspensión delantera CAD

Para poder realizar la ingeniería de detalle para todos los elementos se debió plantear un modelo CAD que contuviera todos los detalles como podemos observar en la ilustración anterior.



Ilustración 52: Diseño CAD del manubrio y de la bomba del freno

Para el manubrio se utilizaron cuatro componentes que son la estructura, el acelerador y los dos frenos, todo el sistema debe ir cableado tanto eléctricamente como hidráulicamente pues el freno de disco funciona con un líquido.

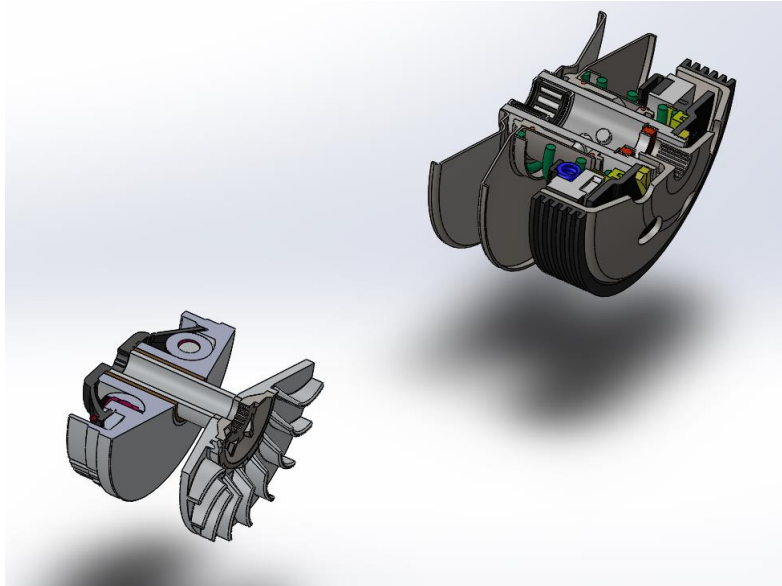


Ilustración 53: Vista de sección del sistema de transmisión de movimiento sin banda CAD

Para el sistema de transmisión se implementó una correa junto con un dispositivo CVT. Una transmisión variable continua o CVT es un tipo de transmisión semiautomática que puede cambiar la relación de cambio a cualquier valor dentro de sus límites y según las necesidades de la marcha gracias a la variación de los rodillos que ajustan la banda.



Ilustración 54: Vista isométrica de moto CAD

El sistema completo se puede ver en la ilustración anterior que es el CAD final con todos los detalles, más adelante se mencionaran algunas diferencias con el prototipo construido debido a errores humanos en la manufactura.

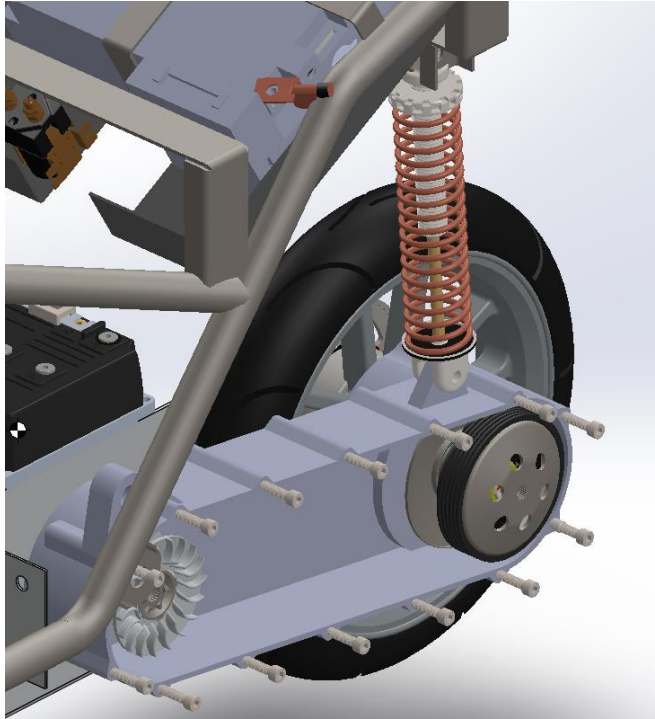


Ilustración 55: Vista de transmisión de movimiento en detalle

En la ilustración anterior se pudo ver el posicionamiento de la transmisión del vehículo y también una vista rápida de la suspensión trasera del vehículo.

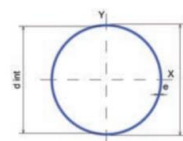
13. CONSTRUCCION

Se parte del hecho de que, aunque los análisis arrojan resultados que se comportarían de la manera como se diseñó en el mercado es complicado llegar hasta estas soluciones bien sea por su costo o por su escasez, una vez aclarada esta parte se selecciona el acero a usar



PROCESO DE PRODUCCIÓN

Los perfiles estructurales se fabrican partiendo de bandas de acero laminado en caliente, que al pasar por una serie de rodillos sufren un proceso de formado en frío dando la geometría de cada perfil. El cerrado se hace mediante soldadura por inducción con alta frecuencia (electrofusión ERW)



PERFIL CIRCULAR													
DIÁMETRO			ESPESOR DE PARED (mm)	PESO		FLEXIÓN				MÓDULO PLÁSTICO Z cm ³	TORSIÓN		UNIDAD DE EMPAQUE
NOMINAL PULG.	EXT. (pulg)	EXT. (cm)		NEGRO (kg/m)	ÁREA cm ²	MOMENTO INERCIA - I cm ⁴	MÓDULO SECCIÓN - S cm ³	RADIO DE GIRO - r cm	MOMENTO INERCIA - J cm ⁴		MÓDULO ELÁSTICO - B cm ³		
1/2	0,84	2,13	1,50	0,73	0,89	0,40	0,40	0,67	0,54	0,81	0,79	37	
3/4	1,05	2,67	2,00	1,22	1,51	1,11	0,85	0,86	1,17	2,22	1,70	37	
			2,50	1,91	2,39	2,78	1,69	1,08	2,32	5,56	3,38	37	
1	1,32	3,34	3,00	2,25	2,82	3,19	1,94	1,06	2,69	6,37	3,87	37	
			2,50	2,45	3,12	6,17	2,92	1,41	3,95	12,33	5,85		
1 1/4	1,66	4,22	3,00	2,90	3,70	7,16	3,39	1,39	4,63	14,32	6,78	19	
			1,50	1,73	2,20	6,03	2,50	1,66	3,28	12,06	5,00		
1 1/2	1,9	4,83	2,00	2,28	2,91	7,81	3,23	1,64	4,29	15,62	6,47	19	
			2,50	2,82	3,56	9,20	3,84	1,61	5,15	18,41	7,69		

Ilustración 56: medidas del acero 1020 que fue el utilizado para el chasis

El acero que se usó fue acero 1020 rolando en caliente y el perfil usado fue la tubería hueca de 1" y de 1 1/2" para algunas partes que necesitaban refuerzos según los análisis.

La manufactura se basó en los planos que podemos encontrar en el Anexo 2 de esta tesis.



Ilustración 57: proceso de soldadura y electrodo usado.

Se comenzó por la construcción del chasis donde el mismo estudiante utiliza soldadura de MIG 0.9mm (Electrodo de acero al carbono) para hacer la estructura del chasis, se debe tener muy en cuenta los elementos de seguridad además de que la soldadura produce deformaciones del orden de las decimas de milímetros en el material que algunas veces deforman la estructura si no se tiene la experticia.



Ilustración 58: chasis finalizado

Para la sujeción de los diferentes elementos al chasis se implementaron platinas de acero 1020, finalmente el chasis se cubrió con una capa de pintura anticorrosiva negra para evitar el óxido y para mejorar la estética se le aplicó una pintura de color plateado.

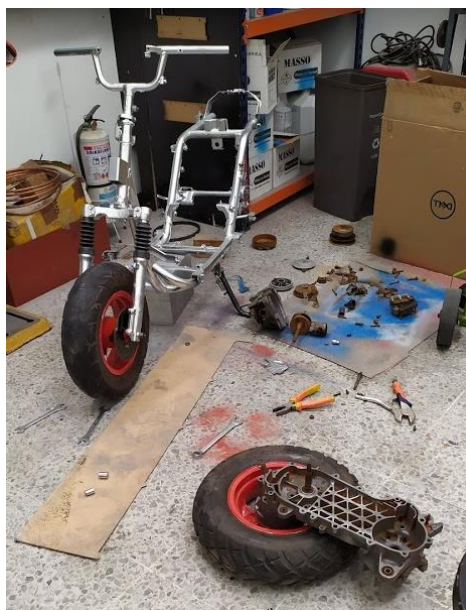


Ilustración 59: Montaje de la suspensión y las llantas, armado del CVT

Una vez el chasis estuvo completamente construido se incluyeron las ruedas, se ensambló la suspensión y se armó la transmisión mediante el CVT; es importante resaltar que los ajustes mecánicos presentan bastantes novedades si se le aplica una soldadura cerca pues las altas temperaturas de esta última provocan pequeñas deformaciones en el material que desajusta las uniones con otras piezas mecánicas. Por ejemplo, los cilindros donde van los rodamientos que sostienen la horquilla tomaron una forma ovalada luego de que se aplicara la soldadura entonces se tuvo que repasar el mecanizado.



Ilustración 60: Ajuste de las llantas

A pesar de que la moto eléctrica no presenta vibraciones en su funcionamiento normal el camino si puede aplicar cargas al vehículo en una frecuencia que desajusta la tornillería por esta razón es muy importante usar tuercas de seguridad y dar ajuste con torques específicos a algunas tuercas de la moto, por ejemplo, las tuercas que ajustan el manubrio deben ser de 47 lb*pie



Ilustración 61: Montaje mecánico terminado

Mientras se va haciendo el ensamblaje de todos los componentes se debe ir haciendo verificaciones de la alineación de los componentes y su simetría pues errores humanos en este aspecto produciría un centro de gravedad inclinado hacia un costado lo que deriva en una fuerza incomoda en la conducción.



Ilustración 62: Montaje eléctrico

Para la parte del montaje eléctrico se debe tener especial cuidado en los aislamientos de las conexiones debido a que estamos manejando corrientes de hasta 50A y un corto con esta cantidad de corriente produciría daños a una persona o en su defecto derretimiento instantáneo del acero del chasis.



Ilustración 63: Conexión de los sensores

Para la parte de los sensores (hago referencia al acelerador) y los botones de mando debe manejarse lo más corto posible y lo más alejados del motor debido a que los cables pueden generar interferencia con las ondas trifásicas que le llegan al motor



Ilustración 64: moto terminada

14. PRUEBAS Y VALIDACIONES

Una vez que todo el sistema estuvo construido y se hizo la puesta en marcha se procedió a una serie de pruebas y evidencias del comportamiento de la moto tanto en la parte eléctrica como en la parte del desempeño de la moto.

El motor que fue utilizado para darle movimiento a la motocicleta envía de vuelta al controlador un tren de pulsos generados por un encoder para medir la velocidad del motor cuando está en marcha, este tren de pulsos se puede evidenciar en la siguiente ilustración.

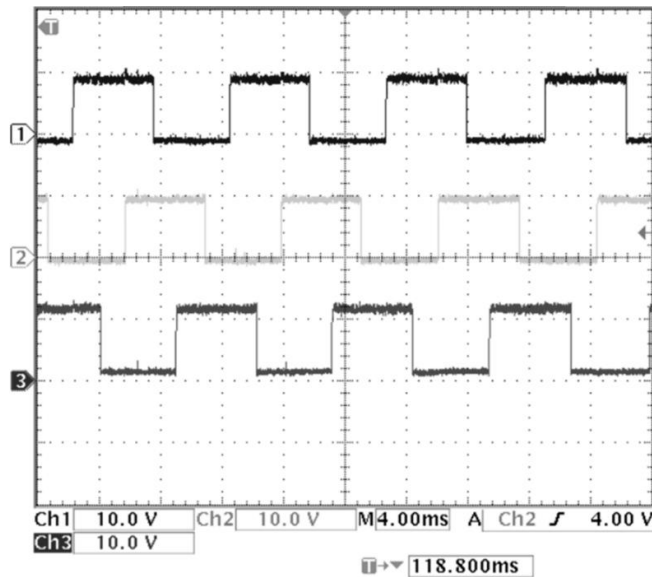


Ilustración 65: Tren de pulsos para la lectura de velocidad

Se debe recordar que, aunque el sistema funciona con corriente continua el motor es trifásico esto quiere decir que el controlador también tiene una sección que se encarga de hacer la forma de onda senoidal necesaria para que el motor gire además de que también varía la frecuencia para regular la velocidad del motor.

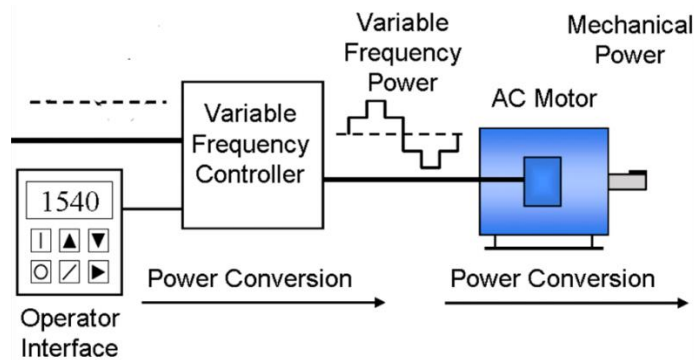


Ilustración 66: Proceso de tratamiento de señal para dar giro al motor (Motoenergy Inc, 2010)

Es muy importante entender el proceso de conversión de energía eléctrica a mecánica pues las conexiones de las bobinas, el arranque del motor y la caracterización del sensor juegan un papel fundamental a la hora de la puesta en marcha de la motocicleta.

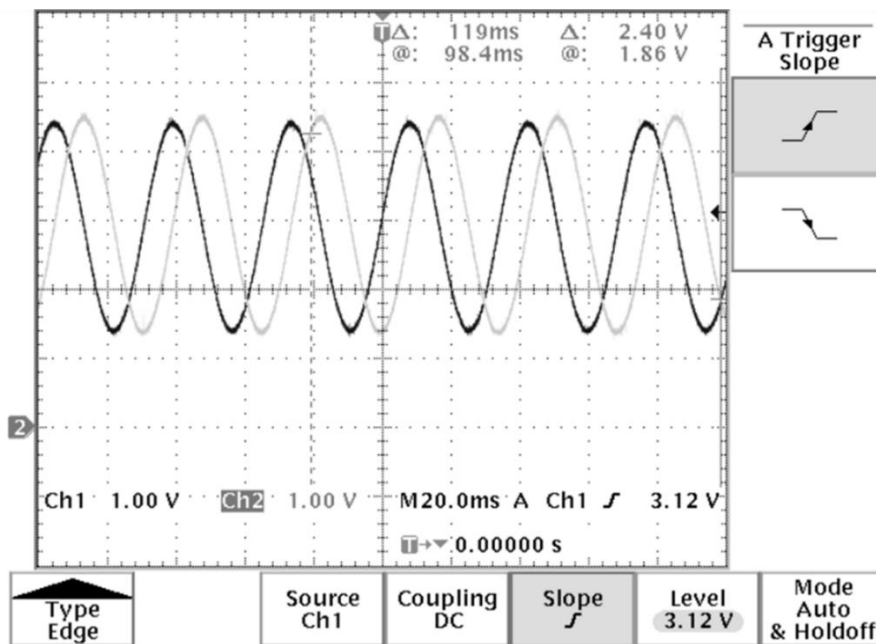


Ilustración 67: Formas de onda senoidal generadas por el controlador para energizar las bobinas del motor

El motor puede variar la velocidad gracias a la técnica de las pulsaciones por ancho de banda modificando de esta manera el valor medio cuadrático o valor de onda eficaz reduce el voltaje haciendo que se reduzca su velocidad. Estas ondas reguladas por PWM se pueden evidenciar en la siguiente ilustración:

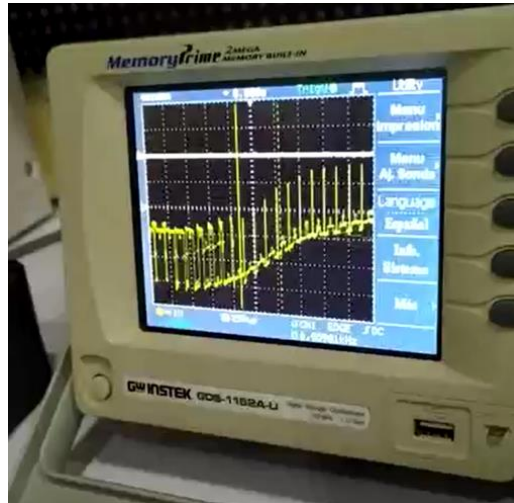


Ilustración 68: Onda senoidal regulada por PWM

En la ilustración anterior podemos ver la señal sinusoidal que se le suministra al motor, pero en intervalos de apagado y encendido que es el efecto de las pulsaciones por ancho de banda que realiza el controlador para regular la velocidad del motor.

También se hicieron pruebas de desempeño donde se pudo medir los ciclos de conducción y sus correspondientes graficas se presentan en las siguientes ilustraciones:

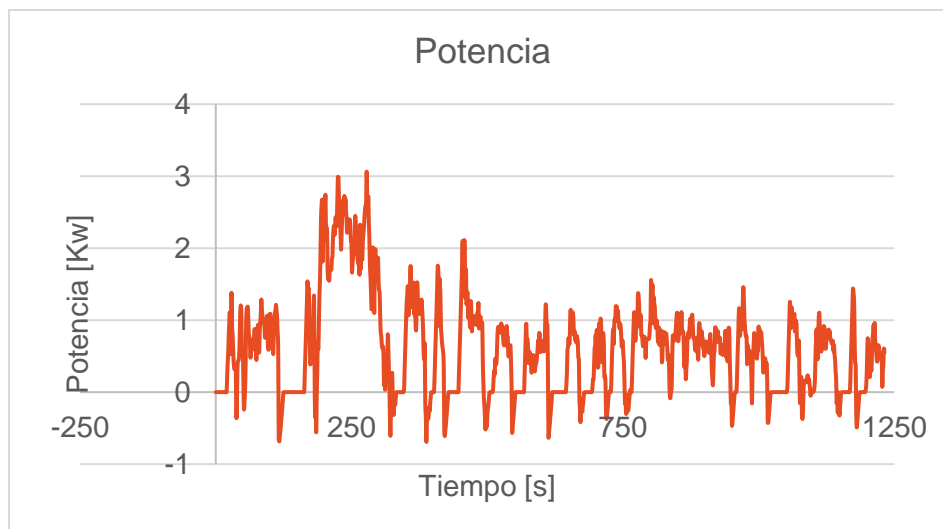


Ilustración 69: Potencia eléctrica instantánea.

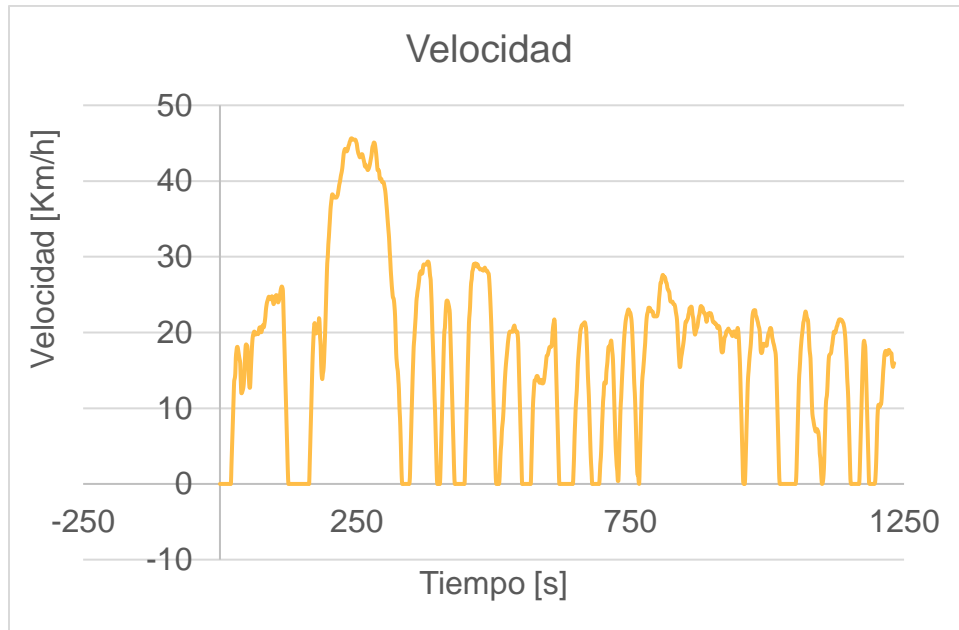


Ilustración 70: Velocidad experimental

Las dos ilustraciones anteriores se permite evidenciar el mismo ciclo de conducción que se utilizó para los diseños, pero esta vez aplicado al prototipo construido y podemos ver que la demanda en rueda es un poco superior a la que se estimó en los cálculos. También podemos ver que los picos de potencia se mantienen por un tiempo prolongado pues las altas velocidades de la moto producen un consumo bastante considerable por parte del motor que hace que las baterías sufran descarga

También se puede observar que al principio la motocicleta se somete a su máxima velocidad cosa que hace que se descarguen las baterías considerablemente y que en las aceleraciones después del tiempo 450 ya no se sobrepasen los 30 km/h y que poco a poco se vaya disminuyendo la potencia que se puede suministrar en llanta.

La validación de este proyecto se hizo únicamente con el conductor y en un terreno plano debido a las normas de tránsito locales se presentaban complicaciones al hacer recorridos con este vehículo.

Para la obtención de los datos que se usaron en las gráficas experimentales se midieron tres variables que fueron la velocidad, la corriente y el voltaje. Lo primero que se hizo fue para medir la corriente y el voltaje, para esto se usó una herramienta que habilita el controlador en sus opciones avanzadas para la toma de datos eléctricos durante un recorrido. Para la medición de la velocidad se usaron dos métodos; el primero fue usando una aplicación móvil durante el manejo y el segundo fue habilitar la opción de registrar los trenes de pulsos que envía de regreso al controlador el encoder que tiene internamente el motor para luego interpretarlo.

Las curvas de rendimiento de la motocicleta se presentan a continuación.

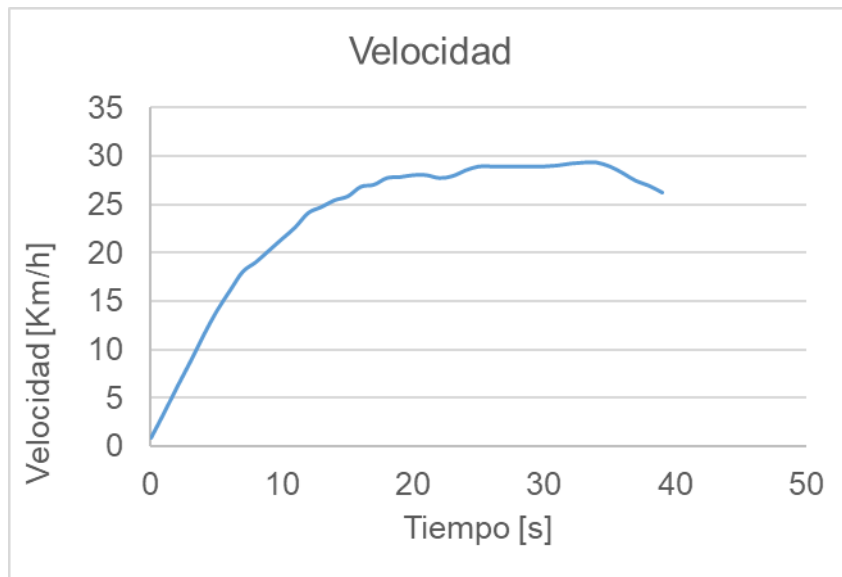


Ilustración 71: Intervalo de tiempo y velocidad

En la gráfica anterior podemos observar un rango de velocidad que fue para la cual se hicieron las curvas características de la motocicleta

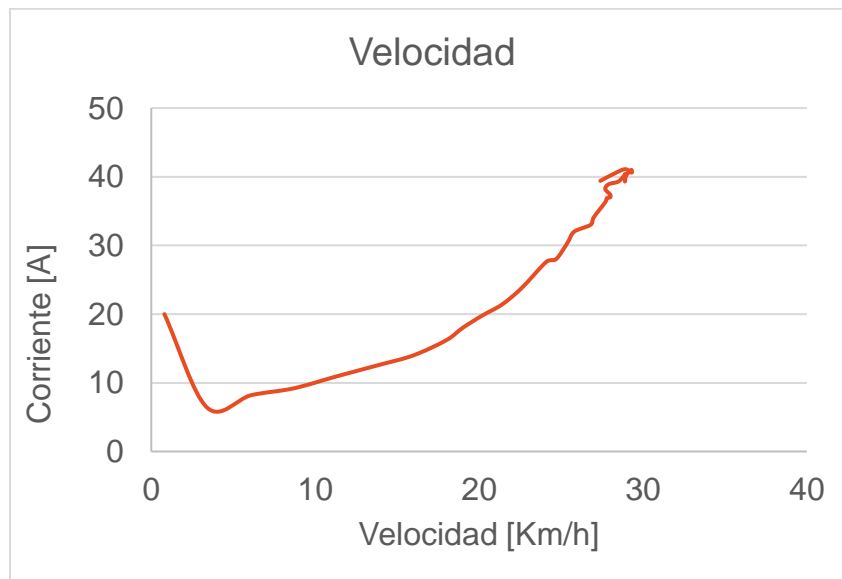


Ilustración 72: Curva de corriente consumida contra velocidad

En la ilustración anterior podemos ver el comportamiento de la corriente a medida que aumenta la velocidad en el motor, al principio se presenta un pico de corriente bastante pronunciado, este se debe a que en un principio la motocicleta estaba estacionada y para romper la inercia se necesita bastante corriente.

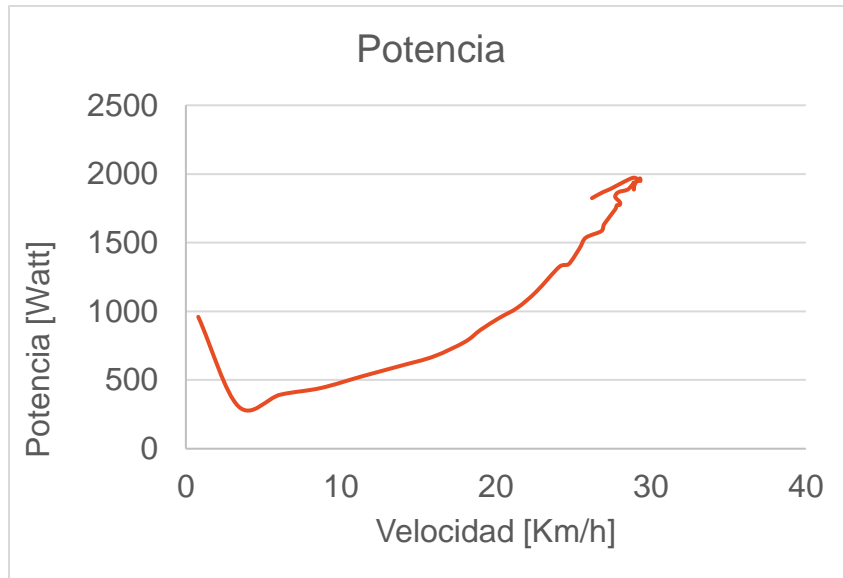


Ilustración 73: Curva de potencia consumida contra velocidad

En la ilustración anterior se ve la potencia instantánea a medida que la moto cambia su velocidad, podemos observar que, aunque el motor puede suministrar más de 2kw este se veía limitado por el suministro de energía que producían las baterías debido a que también se usaron unas baterías con las que se contaba, unas baterías que ya tenían un nivel de desgaste.

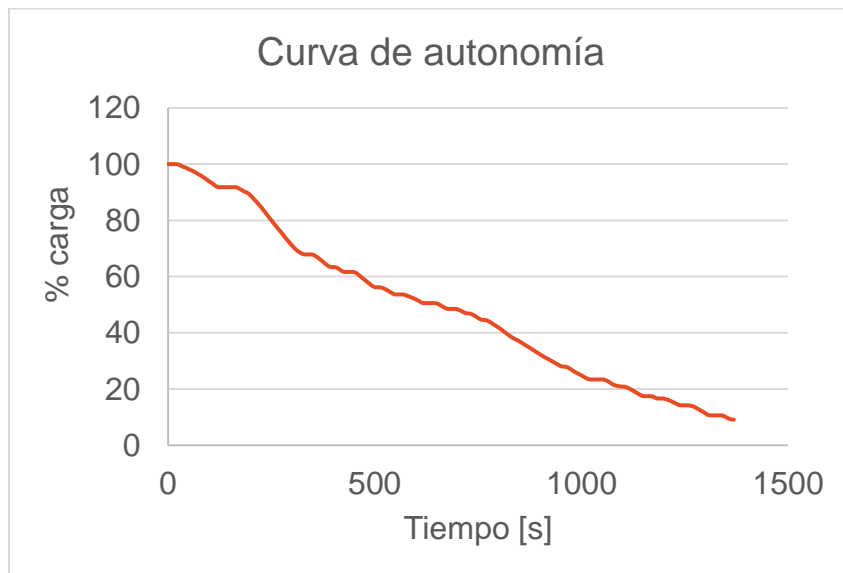


Ilustración 74: Curva de autonomía

En la ilustración anterior podemos ver que la autonomía de las baterías estaba en 23 minutos, pero se resalta que la potencia entregada por las baterías no es la

misma durante todo el recorrido pues en el ciclo de conducción experimental podemos ver que luego del segundo 420 ya no se pueden superar los 30km/h.

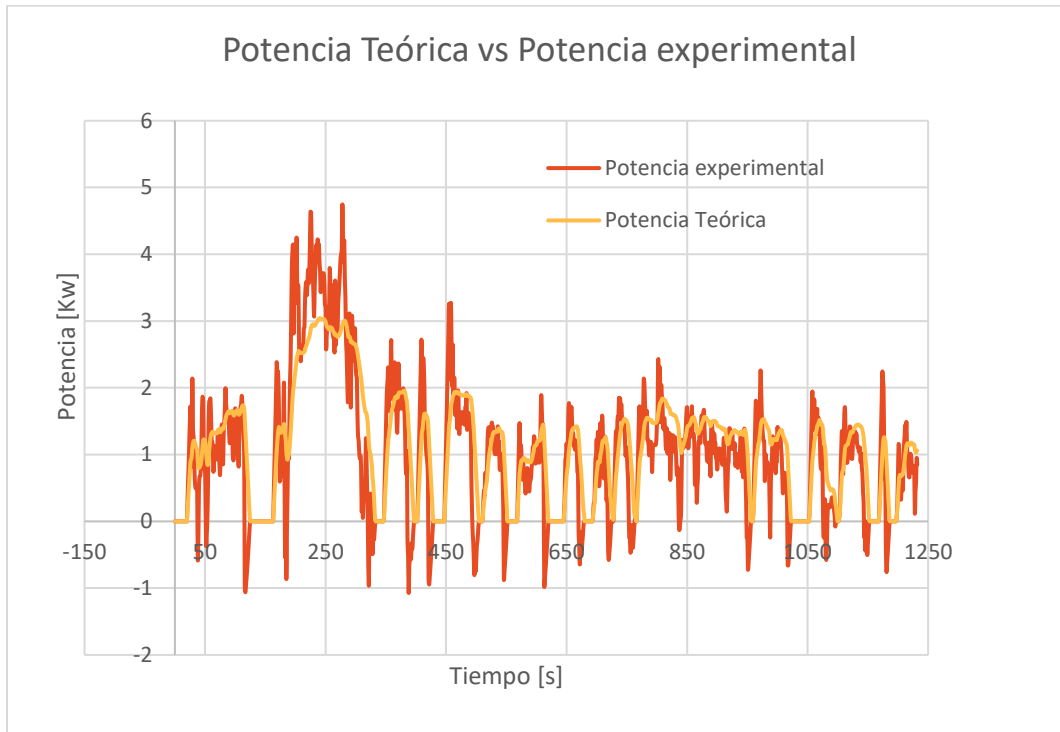


Ilustración 75: Comparación de resultados

En la ilustración anterior se presenta la conclusión de los resultados, claramente la potencia experimental me da mayor debido a cuestiones de pérdidas y fricción además de que en numerales anteriores se mencionó que la moto no quedó perfectamente simétrica lo que produce fuerzas que aumentan la carga en el eje del motor. Es de resaltar que en cada uno de los arranques hay picos de corriente que exceden hasta un 50 % lo diseñado, esto se debe a que existen múltiples factores que no se tuvieron en cuenta como lo son el estado de las llantas, el estado de la carretera y la alineación de la transmisión que estuvo ligeramente inclinada.

También resalta la gráfica en $t=250$ donde la potencia experimental se eleva demasiado debido a las pérdidas por calor que presentaba el sistema.

15. PRESUPUESTO

Componentes	Precio
Chasis	700.000
Ruedas	400.000
Suspensión	1.200.000
Motor	2.000.000
Sistema de control	1.200.000
Elementos varios	100.000
Imprevistos	300.000
Total	5.900.000

Ilustración 76: Tabla de presupuestos

16. CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

- Se debe tener especial cuidado en cuestiones de la manufactura a la hora de hacer los ajustes mecánicos y las soldaduras; es recomendable primero soldar y luego dar ajuste pues el proceso de soldadura deforma el acero gracias a las temperaturas que alcanza (los ajustes mecánicos hacen referencia a los mecanizados usados para evitar el juego entre componentes de la moto).
- Es recomendable estandarizar las medidas de los tornillos tomando como ejemplo las motos convencionales, estas vienen con máximo cuatro medidas para tornillos pues es más sencillo realizar ajustes, reparaciones y cambios.
- La alineación del eje del motor debe garantizarse (Ojalá con equipos especializados) para evitar esfuerzos que puedan causarle daños al motor y corrientes que deriven en sobre calentamiento.
- En cuestiones de costos no resulta rentable a baja ni a media escala en el entorno de la industria colombiana automotriz la construcción de motos eléctricas es mejor reutilizar motos comerciales, caracterizarlas y adaptarles el sistema eléctrico.
- Para la construcción del chasis se recomienda tomar un curso especializado de este tipo de estructuras porque, aunque el chasis quedó funcional no quedó perfectamente simétrico.

17. TRABAJOS A FUTURO

Durante el desarrollo del proyecto se encontraron algunos consejos para su mejora y trabajos a futuro.

- Se debe añadir una carrocería debido a cuestiones de protección (cualquier elemento en la vía puede ser un objeto que atente contra la integridad del conductor), desempeño (la carrocería reduce el coeficiente de fricción al tener una geometría frontal que reduce el coeficiente de fricción) y estéticas (el aspecto exterior es importante a la hora del marketing).
- Es de vital importancia trabajar en un mecanismo de seguridad para la motocicleta debido a que esta queda expuesta a la manipulación de cualquier persona
- Se deben agregar las herramientas de conducción básicas como lo son espejos, direccionales, luces, pito etc.

18. BIBLIOGRAFÍA

- Asociacion Nacional de Empresarios de Colombia. (20216). *www.andi.com.co*. Obtenido de <http://www.andi.com.co/Uploads/LasMotocicletasEnColombia.pdf>
- Bloomerg new energy finance. (2017). *Ihodl*. Obtenido de <https://es.ihodl.com/technologies/2017-04-28/las-petroleras-estan-resignadas-los-coches-electricos-son-el-futuro/>
- Cao, L. W. (2008). *Hierarchical Modeling Control of A Motorcycle Semi-Active Suspension with Six Degree-Freedoms*. Xián: International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics.
- CARACOL RADIO. (2017). En Colombia hay más motos que carros. Bogota. Obtenido de http://caracol.com.co/radio/2017/07/04/nacional/1499199041_053652.html
- Casajús, L. (Marzo de 2012). *Centro Zaragoza Instituto de investigacion sobre vehículos*. Recuperado el 28 de Julio de 2018, de http://www.centrozaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R51_A2.pdf
- COMSOL Multiphysics®. (2020). *COMSOL Multiphysics*. Obtenido de <https://www.comsol.com/>
- Corbalán, J. A. (2013). *Diseño y fabricación de un chasis de una motocicleta de 125cc 2T para la I competición internacional Motostudent*. Cartagena: Universidad Politecnica de Cartagena.
- Damgaard, B. F. (2009). *Modelling and Dimensioning the Rear Suspension of a Mountain Bike*. Aalborg : Aalborg University.
- Díaz, I. L. (2014). *DISEÑO DE UNA MOTO ELÉCTRICA DE*. Pamplona.
- Dimitrios, M. (2017). *Motorcycle Design Defining a new typology and form for the electric motorcycle of the 21st century*. Thessaloniki: International Hellenic University.
- Electrika. (2018). Obtenido de Electrika motos: <http://www.electrika.co/>
- Estudiantes de automoción. (s.f.). *Motocicletas, Chasis y suspensión*.
- Foale, T. (2002). *Motorcycle Handling and Chassis Design the art and science*. Spain.
- GAMONEDA, Y. N. (2016). *DISEÑO DE UN CHASIS LIGERO MONOVIGA PARA UNA MOTOCICLETA OFFROAD*. Madrid: UNIVERSIDAD CARLOS III.

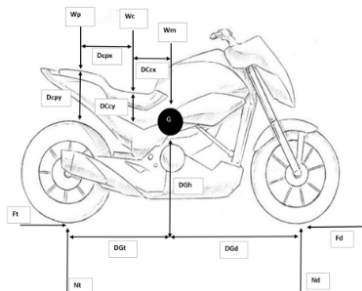
- González, A. A. (2014). *Diseño y construcción de una bicicleta de transmisión eléctrica*. Oviedo: UNIVERSIDAD DE OVIEDO.
- Gowda, D. V. (2016). *Optimization of Motorcycle Pitch with Non Linear control*. India: IEEE International Conference On Recent Trends In Electronics Information Communication Technology.
- IÑIGUEZ, D. A. (s.f.). *“Implementación de un motor eléctrico sobre el chasis de una motocicleta Yamaha TTR125”*. Cuenca: UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA.
- JUHARI, M. N. (2017). *STRUCTURAL DYNAMIC INVESTIGATION OF MOTORCYCLE CHASSIS*. Pahang : UNIVERSITI MALAYSIA PAHANG.
- Kymco. (2006). *autecomobility*. Obtenido de <https://mas.autecomobility.com/wp-content/uploads/2018/11/MANUAL-DE-PARTES-TOP-BOY.pdf>
- Liu, C. (2017). *A Multibody Dynamics Model of a Motorcycle*. Windsor: University of Windsor.
- Lopez, L. M. (2013). *Diseño y análisis de un chasis de motocicleta eléctrica*. Mexico DF.
- Maioglou, D. (2017). Motorcycle Design Defining a new typology and form for the electric. *International Hellenic University, Thessaloniki*.
- Manchego, M. M. (3 de abril de 2018). ¿Por qué la gente se baja del bus y se sube a las motos? *El Tiempo*. Obtenido de <http://www.eltiempo.com/economia/sectores/sigue-en-aumento-la-venta-de-motos-en-colombia-200866>
- Ministerio de transporte. (2002). *Código Nacional de Tránsito Terrestre*. Bogota.
- Motoenergy Inc. (2010). *thunderstruck-ev*. Obtenido de <http://thunderstruck-ev.com/images/ME0907.pdf>
- Najera, L. M. (2013). Diseño y análisis de un chasis de motocicleta eléctrica. *Instituto politécnico nacional, México*.
- Organizacion mundial de la salud. (2016). *World Health Organization*. Recuperado el 28 de 07 de 2018, de <http://www.who.int/globalchange/publications/didyouknow-young-people-es.pdf?ua=1>
- PINTO, A. J. (2014). *SUSPENSIÓN TRASERA REGULABLE DE UNA MOTO DE COMPETICION*. Bilbao.
- Rechena, D. (2014). *MOTORCYCLE CHASSIS ANALYSIS*. Lisboa: University of Lisbon.

- Research council for automobile repairs. (2009). *Motorcycle design guide*.
- RÓMULO, A. J. (2013). *DISEÑO, ADAPTACIÓN Y CONVERSIÓN DE UNA MOTOCICLETA DE 100 C.C. A GASOLINA EN ELÉCTRICA*. Sangolquí.
- Rubio, M. B. (2011). *ANALYSIS AND DESIGN OF A MOTORBIKE CHASSIS*. Pamplona: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN.
- Ruiz, À. S. (2015). *Diseño de una motocicleta deportiva eléctrica*. Cataluna: Universitat politecnica de catalunya.
- RYBECKY, J. P. (2014). *Análisis de Viabilidad Técnica, Económica y Financiera de Proyecto de Fabricación de Bicicletas Eléctricas*. Cordoba: Universidad nacional de cordoba.
- Sarmiento, J. A. (2009). *Diseño y construccion de una motocicleta deportiva*. Bucaramanga.
- SERNA, O. E. (2014). *DISEÑO DEL TREN DE POTENCIA DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA*. Pereira: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA.
- Sevcon. (2012). *thunderstruck-ev*. Obtenido de <https://www.thunderstruck-ev.com/images/Gen4%20Product%20Manual%20V3%204.pdf>
- SHARP, R. S. (2001). *A Motorcycle Model for Stability and Control Analysis*. Netherlands.: Kluwer Academic Publishers.
- United States Environmental Protection Agency. (2011). *Dynamometer Drive Schedules*.
- vmotosoco. (2018). *Vmotosoco*. Obtenido de <https://en.vmotosoco.com/ts-overview/>

19. ANEXO 1:

ECUACIONES PARA ESTABLECER LA CARGA EN LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DURANTE UN CICLO DE CONDUCCIÓN

Carga estática



$$F_t = F_d = 0$$

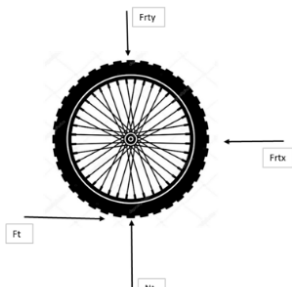
$$\sum F_y = 0$$

$$N_t + N_d = W_m + W_c + W_p$$

$$\sum M = 0$$

$$-N_t * D_{gt} + N_d * D_{gd} + W_c * D_{ccx} + W_p * (D_{cpv} + D_{ccv}) = 0$$

Table of variables		Value	Unit
Nd	Front normal force	602.003329	N
Nt	Rear normal force	1948.59667	N
Fd	Front friction	0	N
Ft	Rear friction	0	N



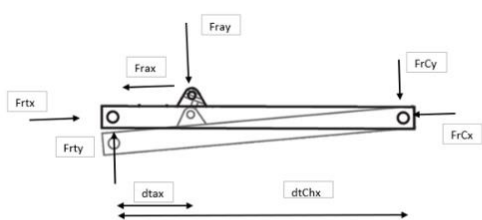
$$\sum F_y = 0$$

$$F_{rty} = N_t$$

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{rtx} = F_t$$

Table of variables		Value	Unit
Frty	Reactive force on the rear wheel in Y	1948.59667	N
Frtx	Reactive force on the rear wheel in Y	0	N



$$\sum F_y = 0$$

$$F_{rty} = F_{ray} + F_{rcy}$$

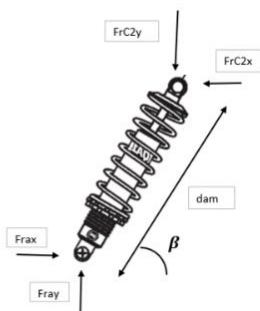
$$\sum F_x = 0$$

$$F_{rtx} = F_{rax} + F_{rcx}$$

$$\sum M = 0$$

$$-F_{ray} * (d_{tax} - d_{txhz}) + F_{rty} * d_{txhz} = 0$$

Table of variables		Value	Unit
Fray	Reactive force on the shock absorber in Y	1143.447352	N
Frax	Reactive force on the shock absorber in X	-349.282471	N
FrCx	Reactive force in the chassis in Y	349.2824708	N
FrCy	Reactive force in the chassis in X	805.1493189	N



$$\sum F_y = 0$$

$$F_{ray} = F_{rc2y}$$

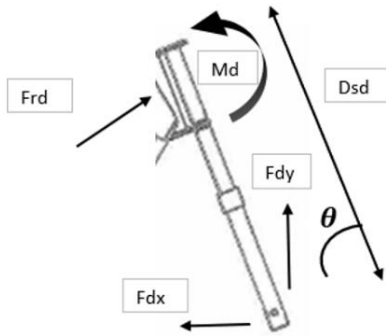
$$\sum F_x = 0$$

$$F_{rax} = F_{rc2x}$$

$$\sum M = 0$$

$$-F_{rax} * d_{am} * \sin(\beta) + F_{ray} * d_{am} * \cos(\beta) = 0$$

Table of variables		Value	Unit
Fray	Reactive force on the shock absorber in Y	1143.447352	N
Frax	Reactive force on the shock absorber in X	-349.282471	N
FrC2x	Reactive force in the chassis in Y	-349.282471	N
FrC2y	Reactive force in the chassis in X	1143.447352	N



$$\sum F_y = 0$$

$$F_{dy} = F_{rd} * \sin(\theta + 90)$$

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{dx} = F_{rd} * \cos(\theta + 90)$$

$$\sum M = 0$$

$$-F_{rd} * d_{sd} - Md = 0$$

Table of variables		Value	Unit
Mrd	Reactive moment	303.3903482	N
Frd	Front reactive force	746.5313685	N*m

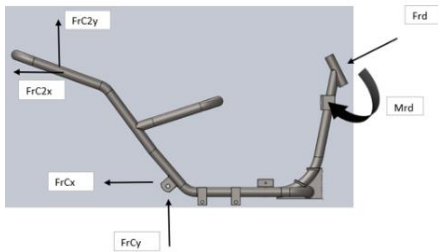
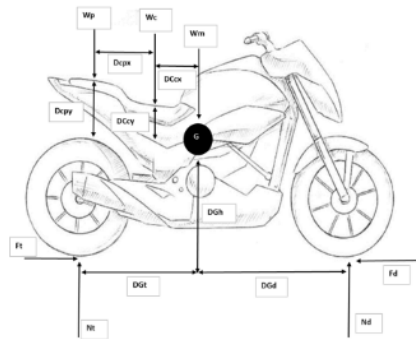


Table of variables		Value	Unit
Mrd	Reactive moment	303.3903482	N
Frd	Front reactive force	746.5313685	N*m
FrC2x	Reactive force in the chassis in Y	-349.282471	N
FrC2y	Reactive force in the chassis in X	1143.447352	N
FrCx	Reactive force in the chassis in Y	349.2824708	N
FrCy	Reactive force in the chassis in X	805.1493189	N

Máxima aceleración



$$N_d = F_d = 0$$

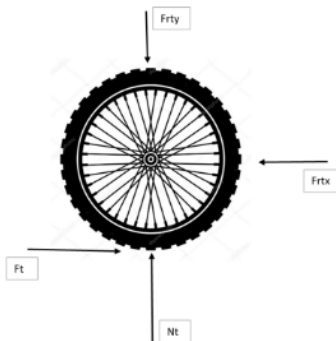
$$\sum F_y = 0$$

$$N_t = W_m + W_c + W_p$$

$$\sum M = 0$$

$$-N_t * D_{gt} + F_t * D_{gh} + W_c * D_{ccx} + W_p * (D_{cpx} + D_{ccx}) = 0$$

Table of variables		Value	Unit
Nd	Front normal force	0	N
Nt	Rear normal force	2550.6	N
Fd	Front friction	0	N
Ft	Rear friction	2798.631	N



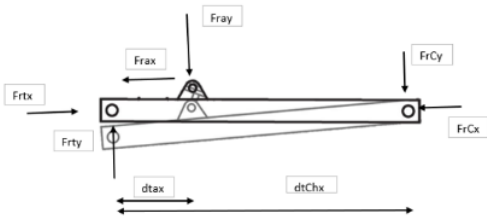
$$\sum F_y = 0$$

$$F_{rty} = N_t$$

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{rtx} = F_t$$

Table of variables		Value	Unit
Frty	Reactive force on the rear wheel in Y	2550.6	N
Frtx	Reactive force on the rear wheel in X	2798.631	N



$$\sum F_y = 0$$

$$F_{rty} = F_{ray} + F_{rcy}$$

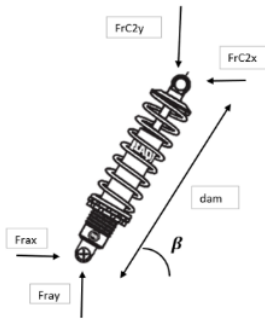
$$\sum F_x = 0$$

$$F_{rtx} = F_{rax} + F_{rcx}$$

$$\sum M = 0$$

$$-F_{ray} * (d_{tax} - d_{txhz}) + F_{rty} * d_{txhz} = 0$$

Table of variables		Value	Unit
Frax	Reactive force on the shock absorber in X	-457.19	N
FrCy	Reactive force in the chassis in X	1053.894	N
Frax	Reactive force on the shock absorber in Y	1496.706	N
FrCx	Reactive force in the chassis in Y	3255.821	N



$$\sum F_y = 0$$

$$F_{ray} = F_{rc2y}$$

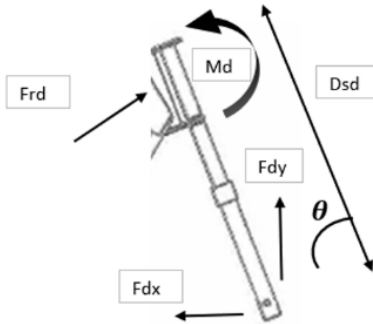
$$\sum F_x = 0$$

$$F_{rax} = F_{rc2x}$$

$$\sum M = 0$$

$$-F_{rax} * d_{am} * \sin(\beta) + F_{ray} * d_{am} * \cos(\beta) = 0$$

Table of variables		Value	Unit
FrC2x	Reactive force in the chassis in Y	-457.19	N
FrC2y	Reactive force in the chassis in X	1496.706	N
Frax	Reactive force on the shock absorber in X	-457.19	N
Frax	Reactive force on the shock absorber in Y	1496.706	N



$$\sum F_y = 0$$

$$F_{dy} = F_{rd} * \sin(\theta + 90)$$

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{dx} = F_{rd} * \cos(\theta + 90)$$

$$\sum M = 0$$

$$-F_{rd} * d_{sd} - Md = 0$$

Table of variables		Value	Unit
Mrd	Reactive moment	0	N
Frd	Front reactive force	0	N*m

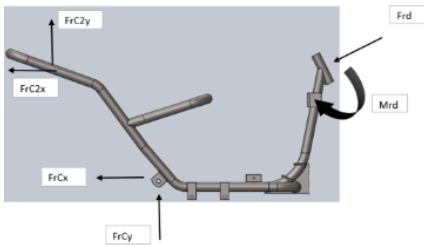
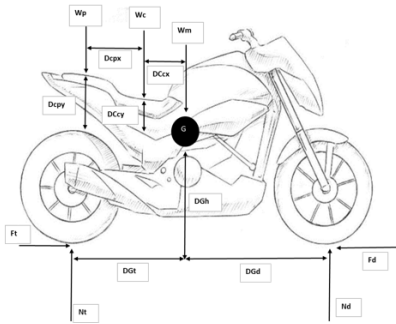


Table of variables		Value	Unit
Mrd	Reactive moment	0	N
FrC2x	Reactive force in the chassis in Y	-457.19	N
FrC2y	Reactive force in the chassis in X	1496.706	N
FrCx	Reactive force in the chassis in Y	3255.821	N
FrCy	Reactive force in the chassis in X	1053.894	N
Frd	Front reactive force	0	N*m

Máxima frenada



$$N_t = F_t = 0$$

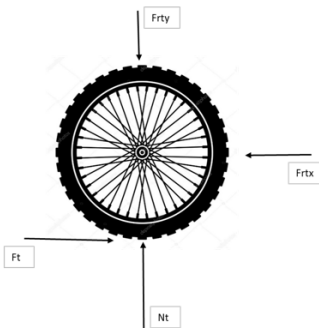
$$\sum F_y = 0$$

$$N_d = W_m + W_c + W_p$$

$$\sum M = 0$$

$$N_d * D_{gd} - F_d * D_{gh} + W_c * D_{cck} + W_p * (D_{cpk} + D_{cck}) = 0$$

Table of variables		Value	Unit
Nd	Front normal force	2550.6	N
Nt	Rear normal force	0	N
Fd	Front friction	9058.758	N
Ft	Rear friction	0	N



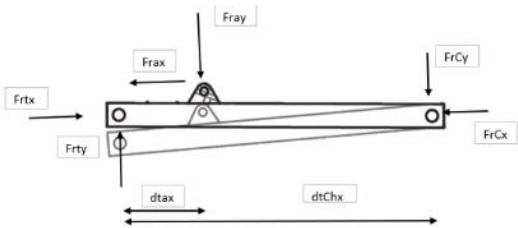
$$\sum F_y = 0$$

$$F_{rty} = N_t$$

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{rtx} = F_t$$

Table of variables		Value	Unit
Frty	Reactive force on the rear wheel in Y	0	N
Frtx	Reactive force on the rear wheel in X	0	N



$$\sum F_y = 0$$

$$F_{rty} = F_{ray} + F_{rcy}$$

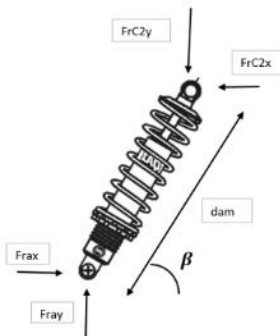
$$\sum F_x = 0$$

$$F_{rtx} = F_{rax} + F_{rcx}$$

$$\sum M = 0$$

$$-F_{ray} * (d_{tax} - d_{txhz}) + F_{rty} * d_{txhz} = 0$$

Table of variables		Value	Unit
Fray	Reactive force on the shock absorber in Y	0	N
Frax	Reactive force on the shock absorber in X	0	N
FrCx	Reactive force in the chassis in Y	0	N
FrCy	Reactive force in the chassis in X	0	N



$$\sum F_y = 0$$

$$F_{ray} = F_{rc2y}$$

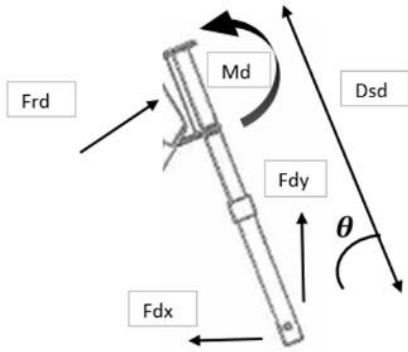
$$\sum F_x = 0$$

$$F_{rax} = F_{rc2x}$$

$$\sum M = 0$$

$$-F_{rax} * d_{dam} * \sin(\beta) + F_{ray} * d_{dam} * \cos(\beta) = 0$$

Table of variables		Value	Unit
Fray	Reactive force on the shock absorber in Y	0	N
Frax	Reactive force on the shock absorber in X	0	N
FrC2x	Reactive force in the chassis in Y	0	N
FrC2y	Reactive force in the chassis in X	0	N



$$\sum F_y = 0$$

$$F_{dy} = F_{rd} * \sin(\theta + 90)$$

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{dx} = F_{rd} * \cos(\theta + 90)$$

$$\sum M = 0$$

$$-F_{rd} * d_{sd} - Md = 0$$

Table of variables		Value	Unit
Mrd	Reactive moment	1285.421	N
Frd	Front reactive force	3162.944	N*m

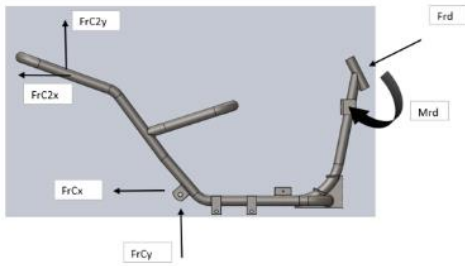


Table of variables		Value	Unit
Mrd	Reactive moment	1285.421	N
Frd	Front reactive force	3162.944	N*m
FrC2x	Reactive force in the chassis in Y	0	N
FrC2y	Reactive force in the chassis in X	0	N
FrCx	Reactive force in the chassis in Y	0	N
FrCy	Reactive force in the chassis in X	0	N

20. ANEXO 2: PLANOS DE CONSTRUCCIÓN

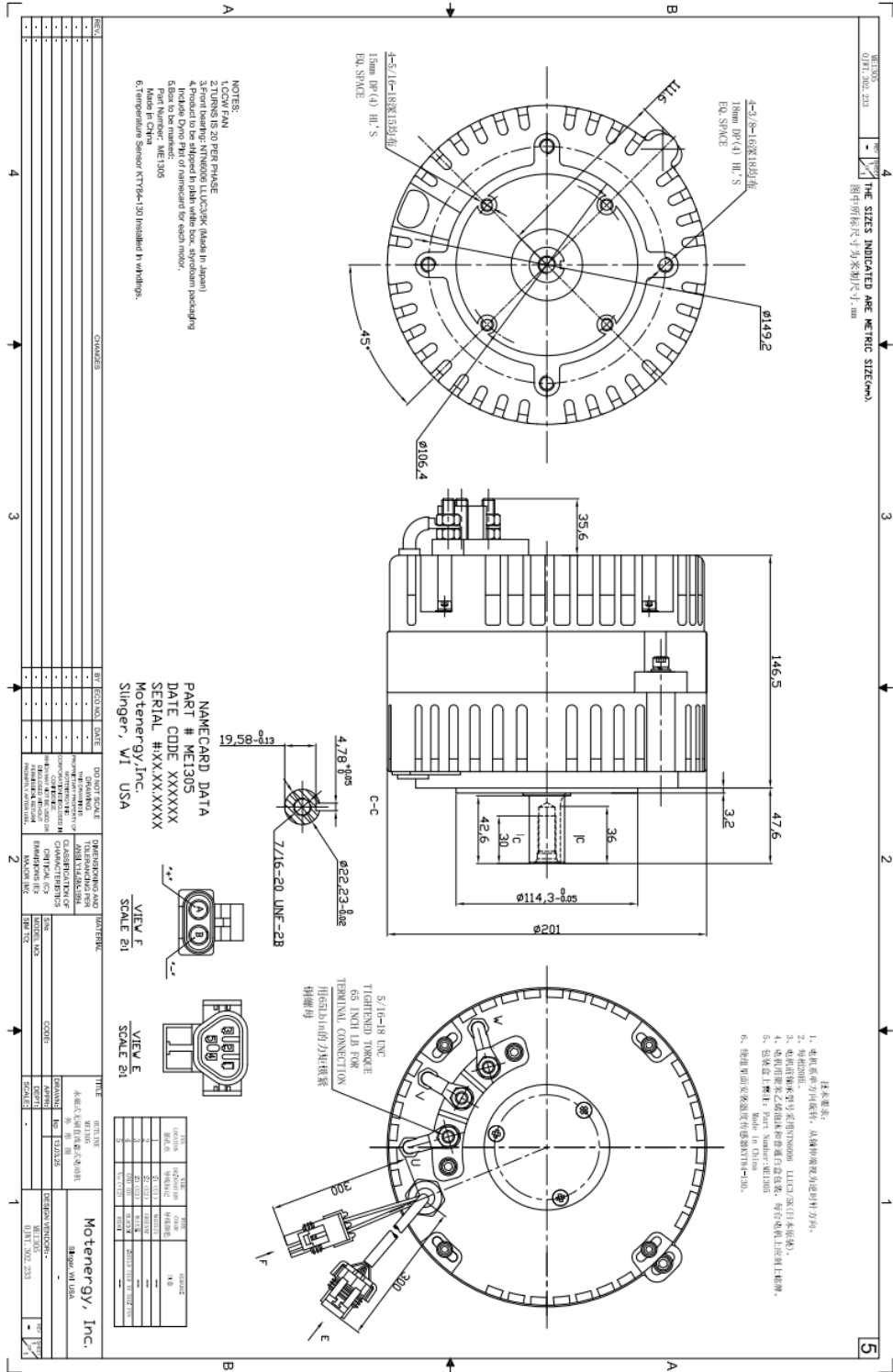


Ilustración 77: Plano suministrado por el proveedor del motor (Motoenergy Inc, 2010)

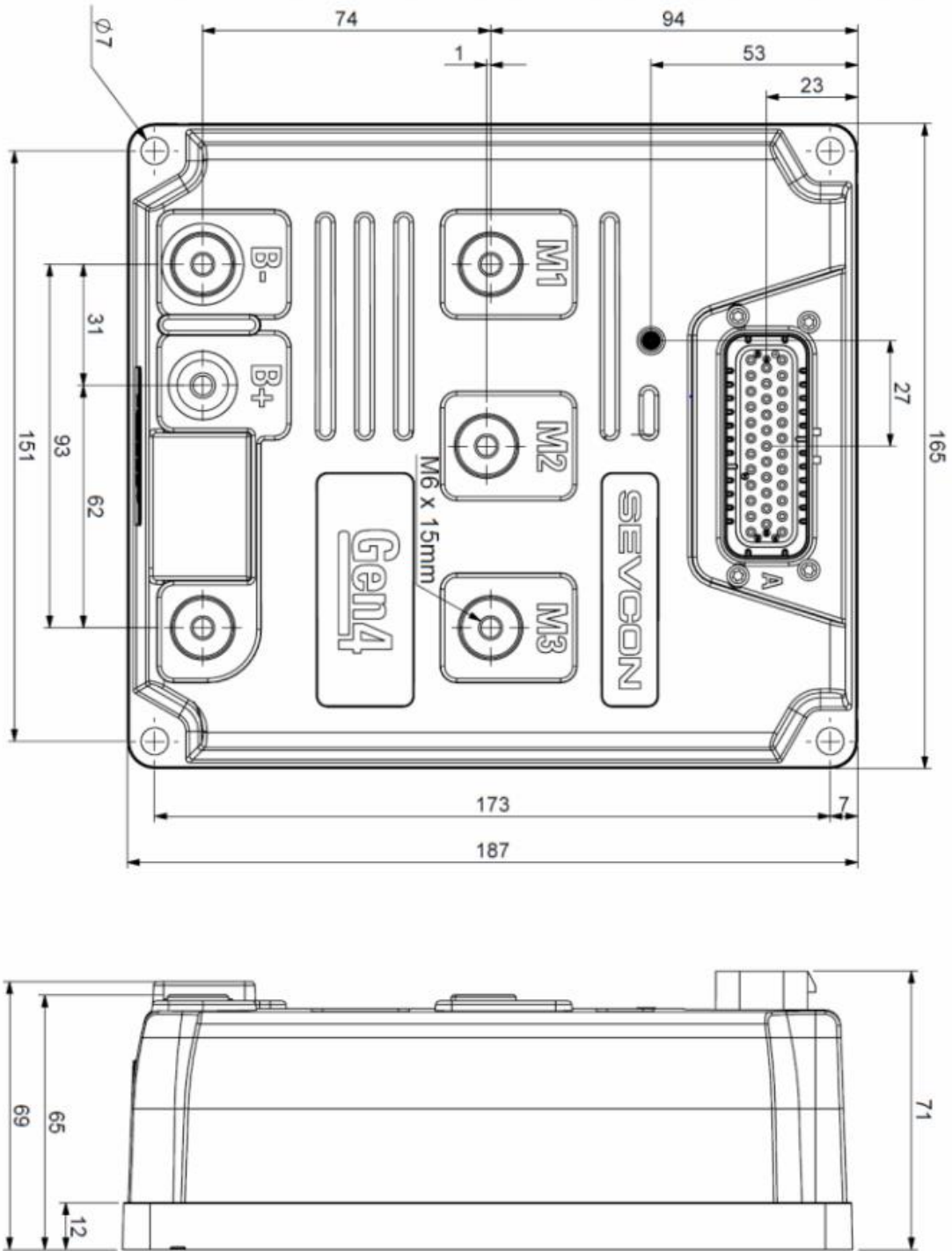


Ilustración 78: plano suministrado por el proveedor del controlador (Sevcon, 2012)

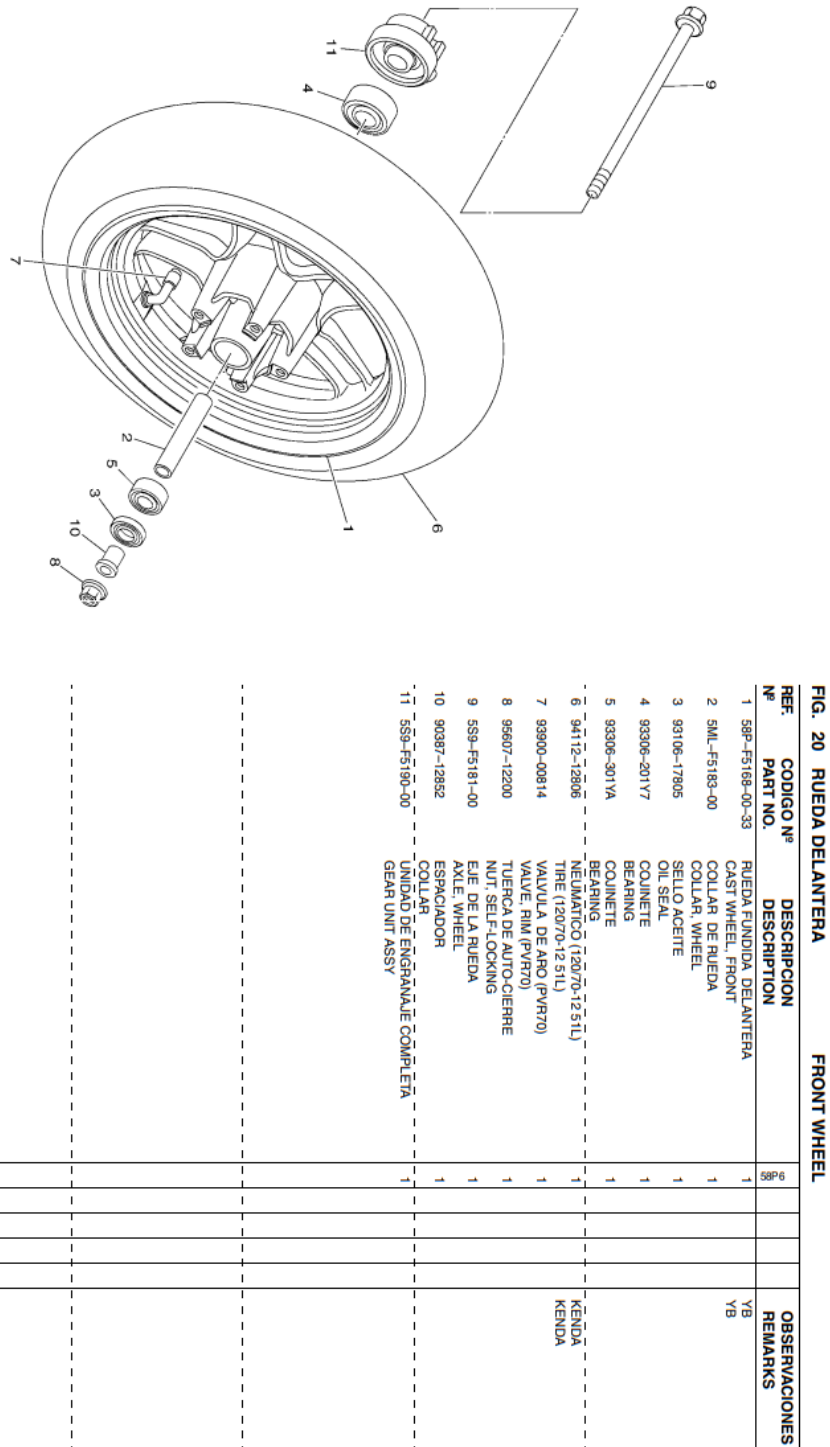


Ilustración 79: Plano suministrado por el proveedor de las llantas (Kymco, 2006)

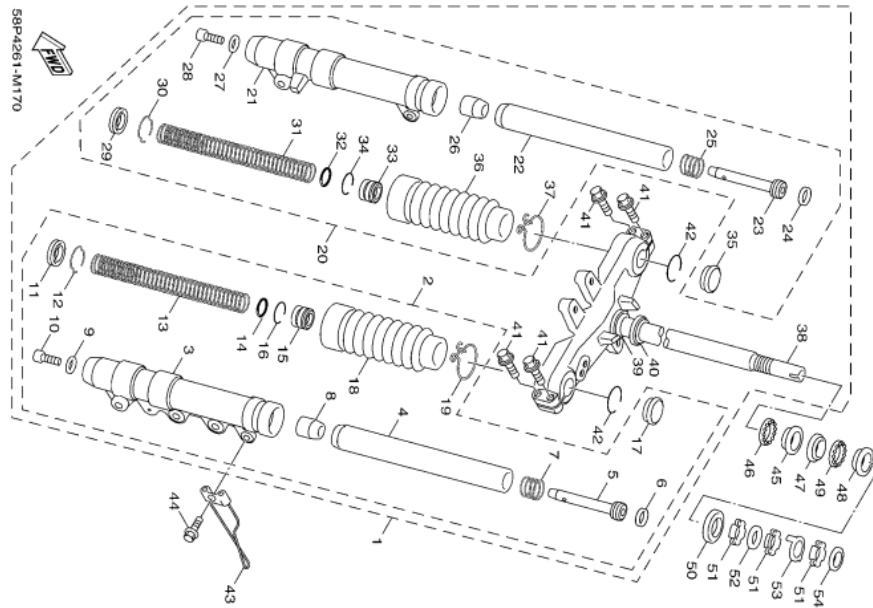


FIG. 17 HORQUILLA DELANTERA FRONT FORK

REF. Nº	CODIGO Nº PART NO.	DESCRIPCION DESCRIPTION	96 98	OBSERVACIONES REMARKS
1	24P-F3101-10	HORQUILLA DELANTERA COMPLETA FRONT FORK ASSY	1	
2	24P-F3102-10	HORQUILLA DELANTERA COMPL.(M) FRONT FORK ASSY (LH)	1	
3	5S9-F3126-10	TUBO EXTERIOR (IZQUIERDO) TUBE OUTER (LH)	1	
4	5S9-F3110-00	TUBO INTERIOR COMPLETO 1 INNER TUBE COMP 1	1	
5	24P-F3142-00	ASIENTO DEL MUELLE SUPERIOR SEAT, SPRING UPPER	1	
6	40G-F318X-00	AVILLO DE PISTON PISTON RING	1	
7	40G-F3151-00	RESORTE DE REBOTE SPRING, REBOUND	1	
8	40G-F3171-00	PISTON HORQUILLA DELANT. PISTON, FRONT FORK	1	
9	40G-F3158-00	EMPAQUE GASKET	1	
10	40G-F3181-00	TORNILLO CABEZAHEXAGONAL BOLT HEXAGON SOCKET HEAD	1	
11	40G-F3149-00	RETENDE ACEITE OIL SEAL	1	(KALFA)
12	40G-F3157-00	AVILLO DEL PISTON RING, PISTON	1	(KALFA)
13	5S9-F3141-00	RESORTE HORQUILLA DELANT. SPRING, FRONT FORK	1	
14	40G-F3147-00	ARO O-RING	1	(KALFA)
15	40G-F3113-00	COLLAR COLLAR	1	
16	40G-F3155-00	AVILLO DE FILTRO RING, FELT	1	
17	40G-F3154-00	TAPON TUBO INTERIOR CAP	1	
18	40G-F3191-00	FLUNDA BOOT	1	
19	40G-F3192-00	BANDA BAND	1	
20	24P-F3103-10	HORQUILLA DELANTERA COMPL.(MD) FRONT FORK ASSY (RH)	1	
21	48P-F3136-00	TUBO EXTERIOR 2 TUBE, OUTER	1	
22	5S9-F3110-00	TUBO INTERIOR COMPLETO 1 INNER TUBE COMP 1	1	
23	24P-F3142-00	ASIENTO DEL MUELLE SUPERIOR SEAT, SPRING UPPER	1	
24	40G-F318X-00	AVILLO DE PISTON PISTON RING	1	
25	40G-F3151-00	RESORTE DE REBOTE SPRING, REBOUND	1	
26	40G-F3171-00	PISTON HORQUILLA DELANT. PISTON, FRONT FORK	1	
27	40G-F3158-00	EMPAQUE GASKET	1	

92

Ilustración 80: Planos suministrados por el proveedor de la suspensión delantera (Kymco, 2006)

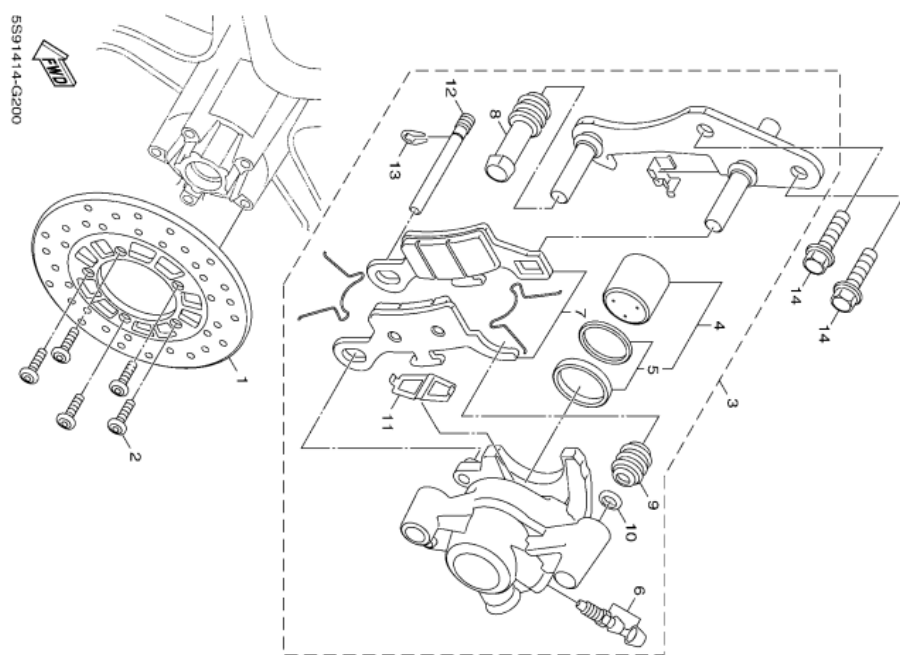


FIG. 21 CALIBRE FRENO DELANTERA FRONT BRAKE CALIPER

REF. Nº	CODIGO Nº PART NO.	DESCRIPCION DESCRIPTION	58 Pg	OBSERVACIONES REMARKS
1	SS9-F392U-00	DISCO DE FRENO (DERECHO) DISK, BRAKE (RIGHT)	1	
2	90149-08814	TORNILLO DE REGLAJE SCREW	5	
3	SS9-F390T-21	CALIBRE COMPLETO (IZQUIERDO) CALIPER ASSY (LEFT)	1	
4	SS9-W0057-00	PISTON COMPLETO PINZA PISTON ASSY CALIPER	1	
5	SS9-W0047-00	JUEGO DE HERNES DE PINZA CALIPER SEAL KIT	1	
6	SS9-W0048-00	CIJO TORNILLO DE PURGA BLEED SCREW KIT	1	
7	SS9-W0045-00	JUEGO DE COJIN DE FRENO BRAKE PAD KIT	1	
8	SS9-F3917-00	FUNDA DE CALIBRE BOOT, CALIPER	1	
9	SS9-F3937-00	FUNDA BOOT 2	1	
10	SS9-F3913-00	RETEN	1	
11	SS9-F3919-00	RETEN SOPORTE DE PASTILLAS SUPPORT PAD	1	
12	SS9-F3924-10	PASADOR PIN, PAD	1	
13	SS9-F3925-00	PREESILLA CLIP	1	
14	90105-10638	TORNILLO BOLT FLANGE	2	

Ilustración 81: planos suministrados por el proveedor del freno delantero (Kymco, 2006)

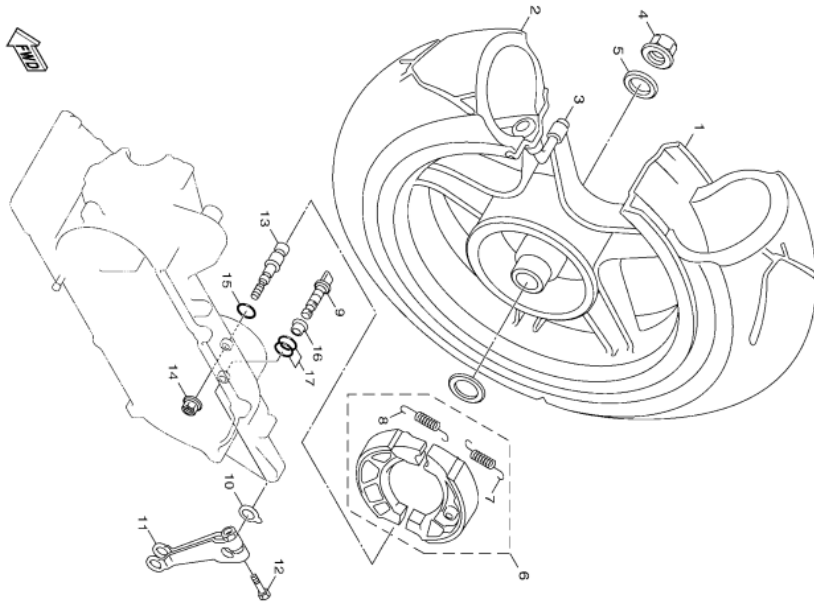


FIG. 22 RUEDA TRASERA

REAR WHEEL

REF. N°	CODIGO N° PART NO.	DESCRIPCION DESCRIPTION	QTY	REMARKS
1	5ML-F5338-20-33	RUEDA FUNDIDA TRASERA CAST WHEEL, REAR	1	
2	94113-12802	NEUMATICO (130/70-12 58L) TIRE (130/70-12 58L)	1	VB KENDA KENDA
3	93900-00814	VALVULA DE ARO (PVR70) VALVE, RIM (PVR70)	1	
4	90185-14124	TUERCA AUTOBLOQUEANTE NUT, SELF-LOCKING	1	
5	90201-220U8	ARANDELA PLANA WASHER, PLATE	1	
6	5ML-XF533-00	JUEGO DE ZAPATA DE FRENO BRAKE SHOE SET	1	
7	90506-13900	RESORTE DE TENSION SPRING, TENSION	1	
8	90506-16802	RESORTE DE TENSION SPRING, TENSION	1	
9	5S9-F5351-00	ARBOL DE LEVAS CAMSHAFT	1	
10	4VP-F5394-00	PLACA INDICADOR PLATE, INDICATOR	1	
11	5S9-F5355-00	PALANCA DE ARBOL DE LEVAS LEVER, CAMSHAFT	1	
12	90101-06278	TORNILLO BOLT	1	
13	5ML-F5328-00	PASADOR PIVOTE PIN, PIVOT	1	
14	95707-10500	TUERCA DE BRIDA NUT, FLANGE	1	
15	93210-08959	ANILLO O ORING	1	
16	5ML-F5377-00	COLLAR DE RUEDA COLLAR, WHEEL	1	
17	93210-14802	ANILLO O ORING	2	

Ilustración 82: Planos suministrados por el proveedor del freno trasero (Kymco, 2006)

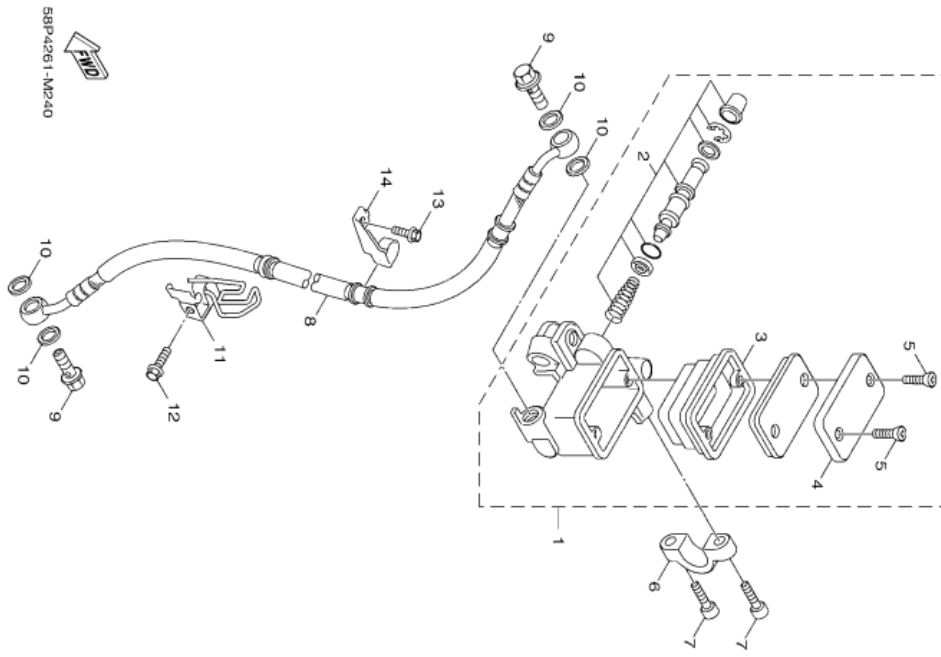
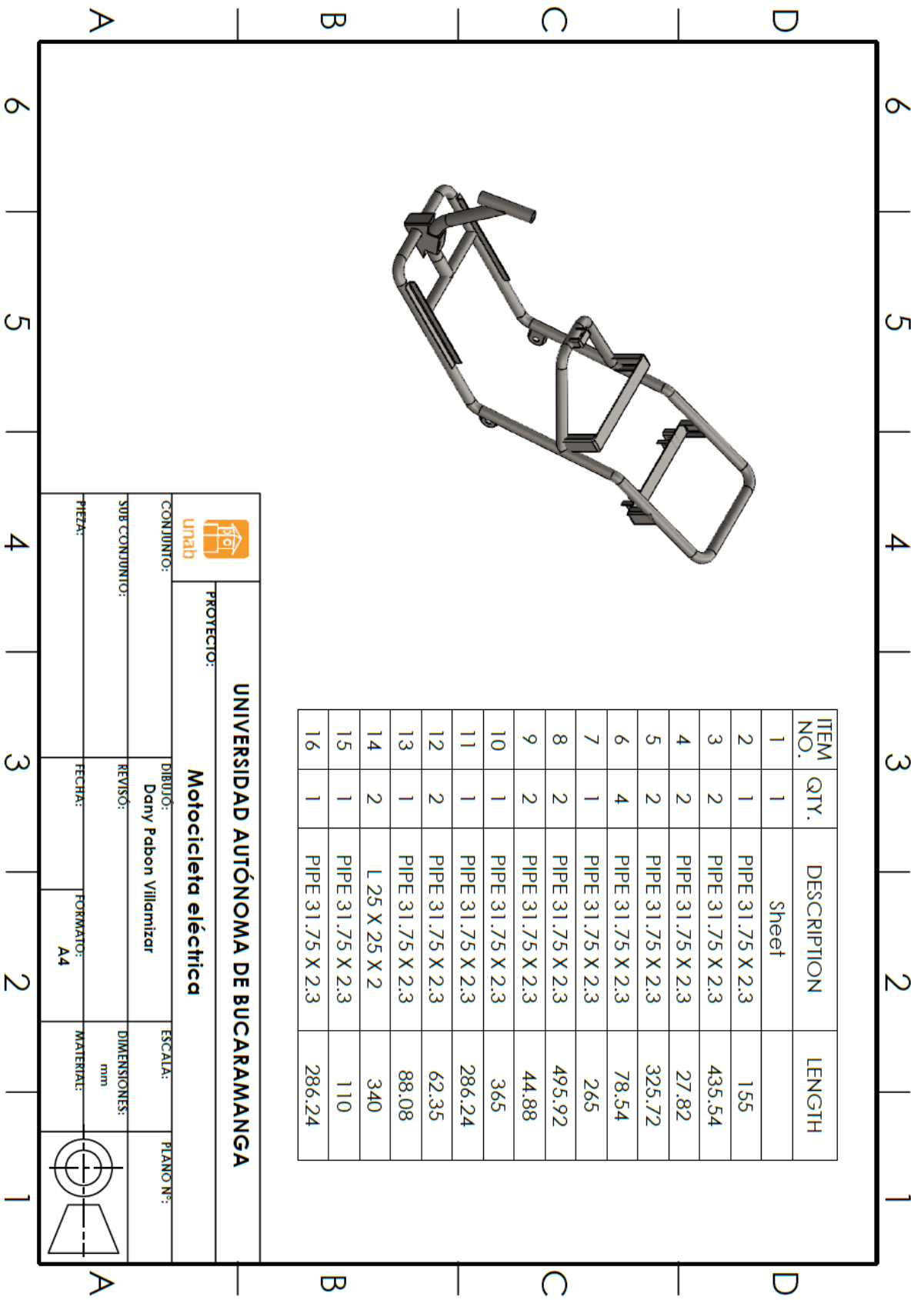



FIG. 24 CILINDRO MAESTRO DELANTERO FRONT MASTER CYLINDER

REF. N°	CODIGO N° PART NO.	DESCRIPCION DESCRIPTION	58P6	OBSERVACIONES REMARKS
1	5S9-F5870-00	CILINDRO MAESTRO COMPLETO MASTER CYLINDER SUB ASSY	1	
2	5S9-W0041-00	JUEGO DE CILINDRO MAESTRO CYLINDER KIT, MASTER	1	
3	5S9-F5854-00	EMPAQUE DIAFRAGMA DIAPHRAGM, RESERVOIR	1	
4	5S9-F5852-00	TAPA DE TANQUE DE RESERVA CAP, RESERVOIR	1	
5	98707-04012	TORNILLO DE CABEZA PLANA SCREW, FLAT HEAD	2	
6	3GF-F5867-00	SOPORTE DE CILINDRO MAESTRO BRACKET, MASTER CYLINDER	1	
7	91317-08025	PERNO BOLT	2	
8	5S9-F5872-10	MANGUERA DE FRENO 1 HOSE, BRAKE 1	1	
9	90401-10805	PERNO DE UNION BOLT, UNION	2	
10	90201-10118	ARANDELA PLANA WASHER, FLAT	4	
11	5S9-F5875-20	SOPORTE DE MANGUERA FRENO 1 HOLDER, BRAKE HOSE 1	1	
12	95807-08012	TORNILLO BOLT, FLANGE	1	
13	95807-08012	TORNILLO BOLT, FLANGE	1	
14	5S9-F5876-00	SOPORTE DE MANGUERA FRENO 2 HOLDER, BRAKE HOSE 2	1	

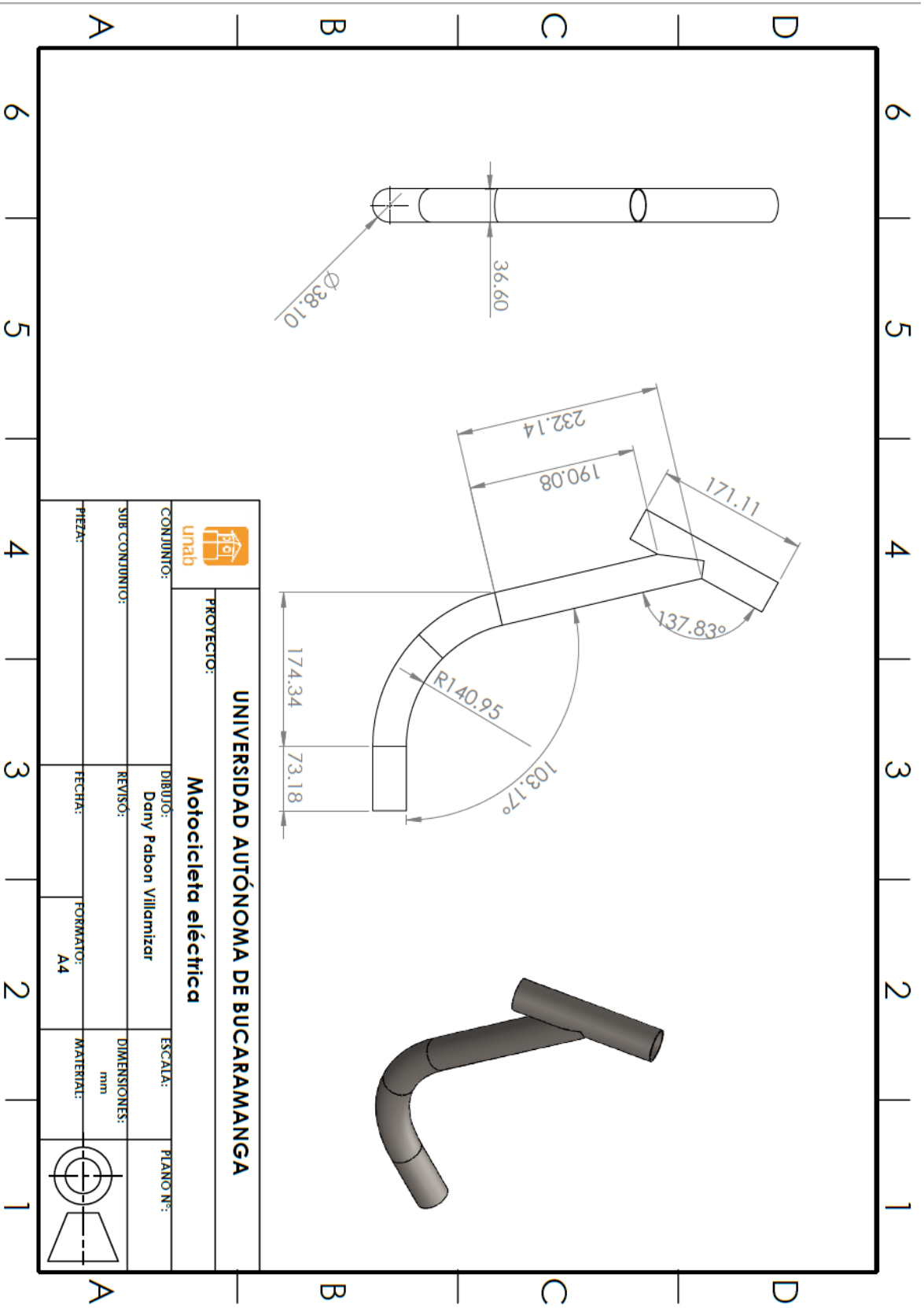
Ilustración 83: Planos suministrados por el proveedor de la bomba del freno (Kymco, 2006)




ITEM NO.	QTY.	DESCRIPTION	LENGTH
1	1	sheet	
2	1	PIPE 31.75 X 2.3	155
3	2	PIPE 31.75 X 2.3	435.54
4	2	PIPE 31.75 X 2.3	27.82
5	2	PIPE 31.75 X 2.3	325.72
6	4	PIPE 31.75 X 2.3	78.54
7	1	PIPE 31.75 X 2.3	265
8	2	PIPE 31.75 X 2.3	495.92
9	2	PIPE 31.75 X 2.3	44.88
10	1	PIPE 31.75 X 2.3	365
11	1	PIPE 31.75 X 2.3	286.24
12	2	PIPE 31.75 X 2.3	62.35
13	1	PIPE 31.75 X 2.3	88.08
14	2	L 25 X 25 X 2	340
15	1	PIPE 31.75 X 2.3	110
16	1	PIPE 31.75 X 2.3	286.24

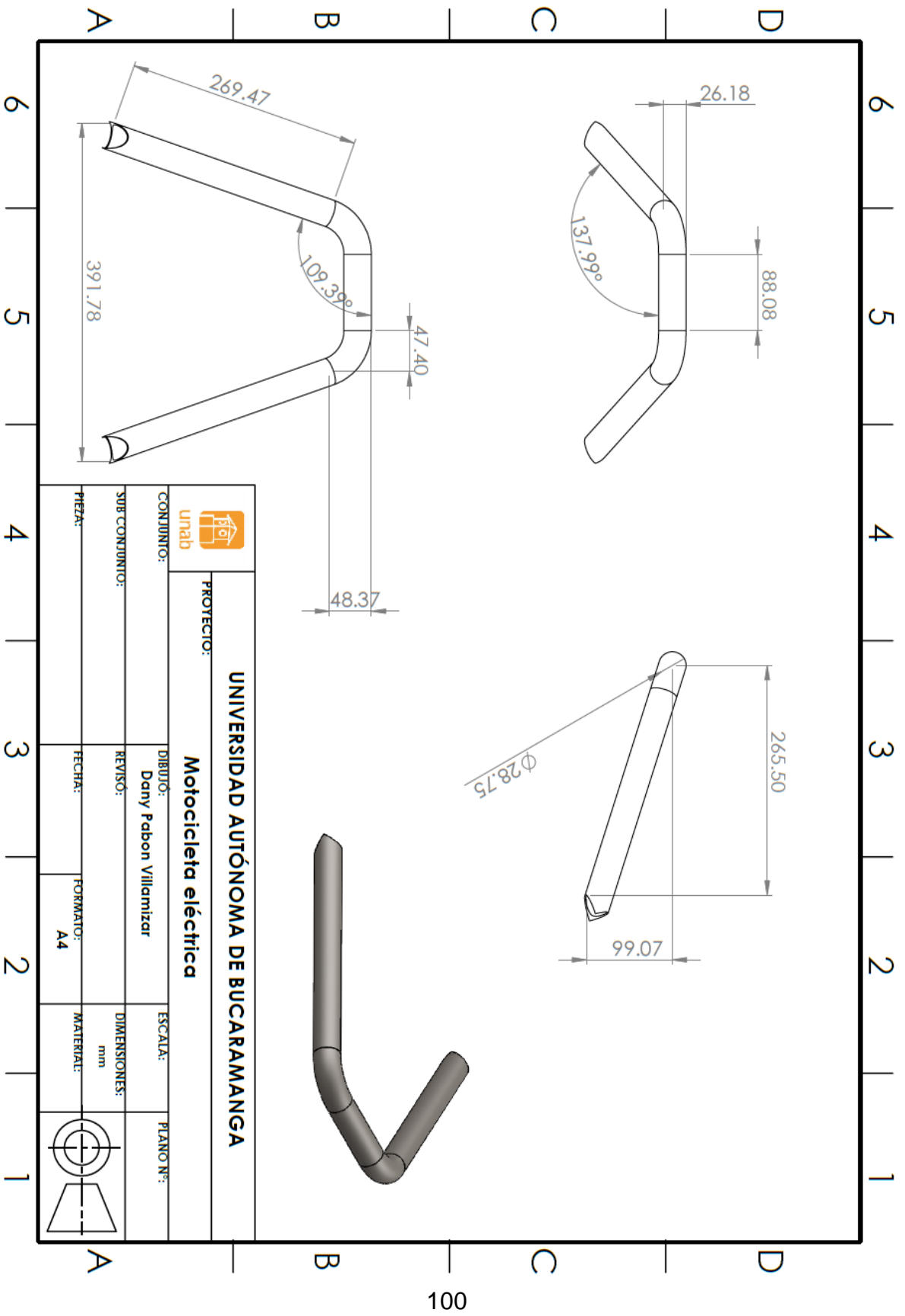
		UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCHARAMANGA	
		Proyecto: Motocicleta eléctrica	
CONJUNTO:	DIBUJO:	ESCALA:	PLANO N°:
SUB CONJUNTO:	Dany Pabon Villamizar		
REVISO:		DIMENSIONES:	
		mm	
PIEZA:	FECHA:	FORMATO:	MATERIAL:
		A4	

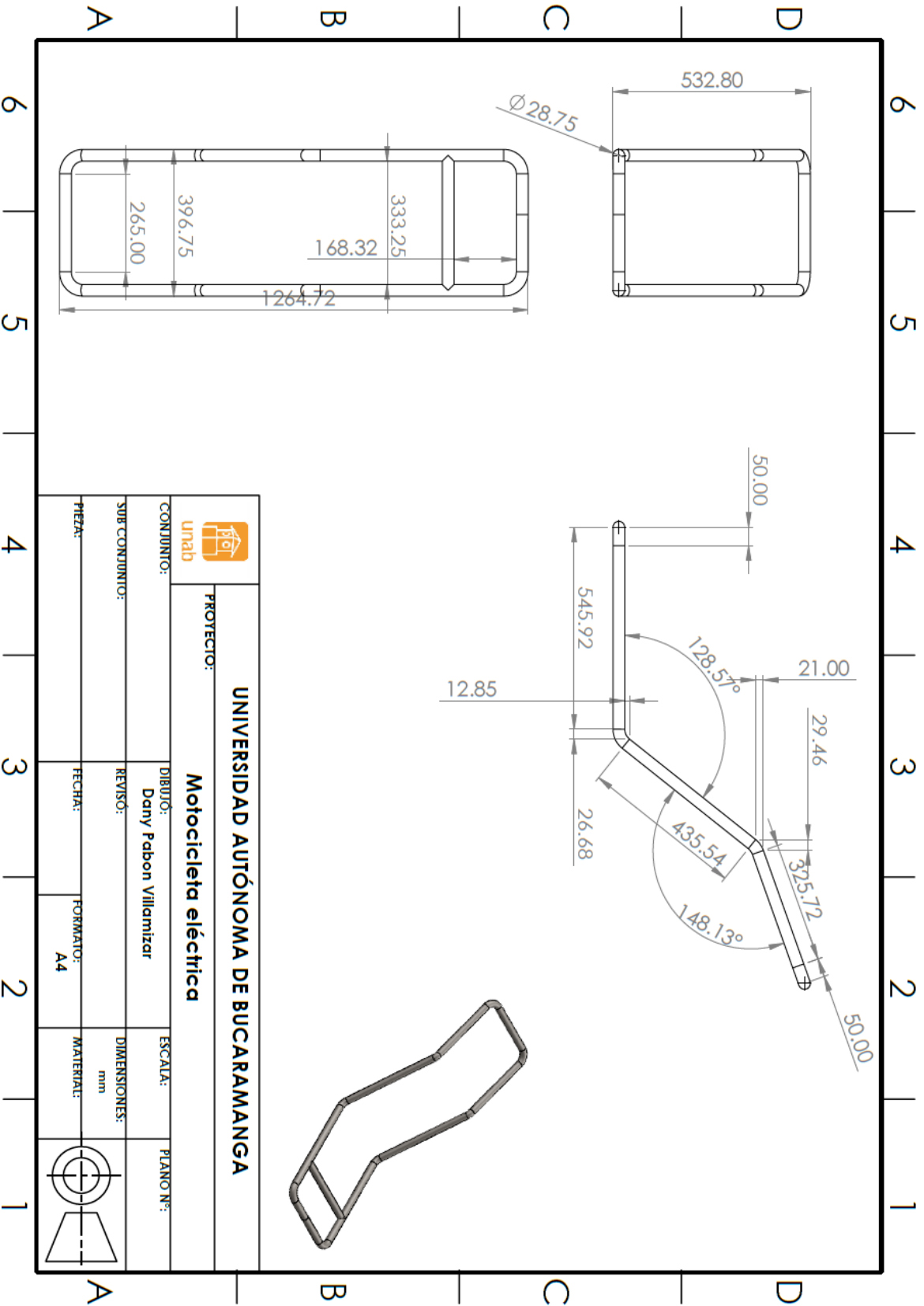


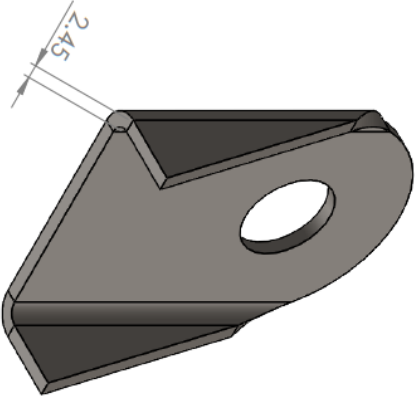
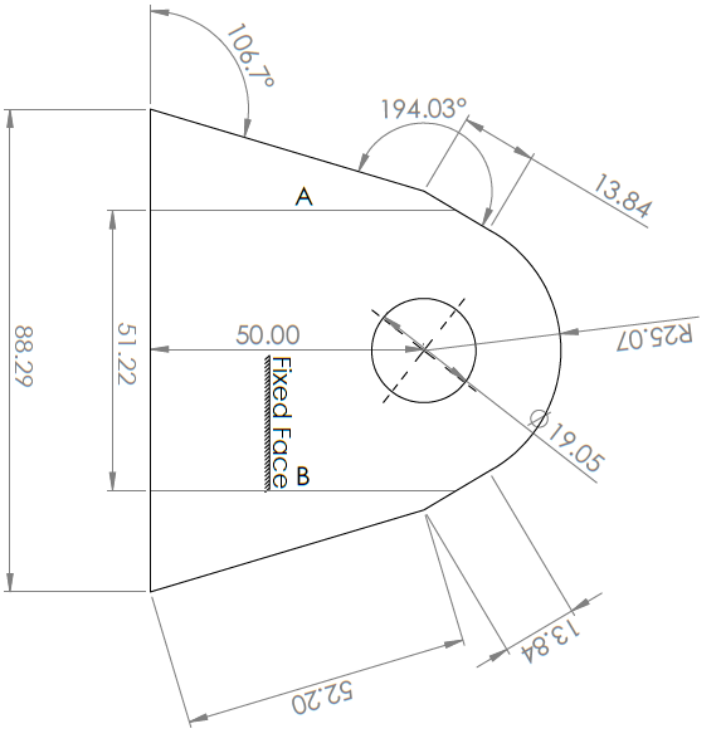


		UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA	
		Motocicleta eléctrica	
CONJUNTO:	DIBUJO:	ESCALA:	PLANO N.º:
SUB CONJUNTO:	Dany Peñon Villamizar		
REVISO:		DIMENSIONES:	
		mm	
FECHA:		MATERIALE:	
PIEZA:		FORMATO:	
		A4	



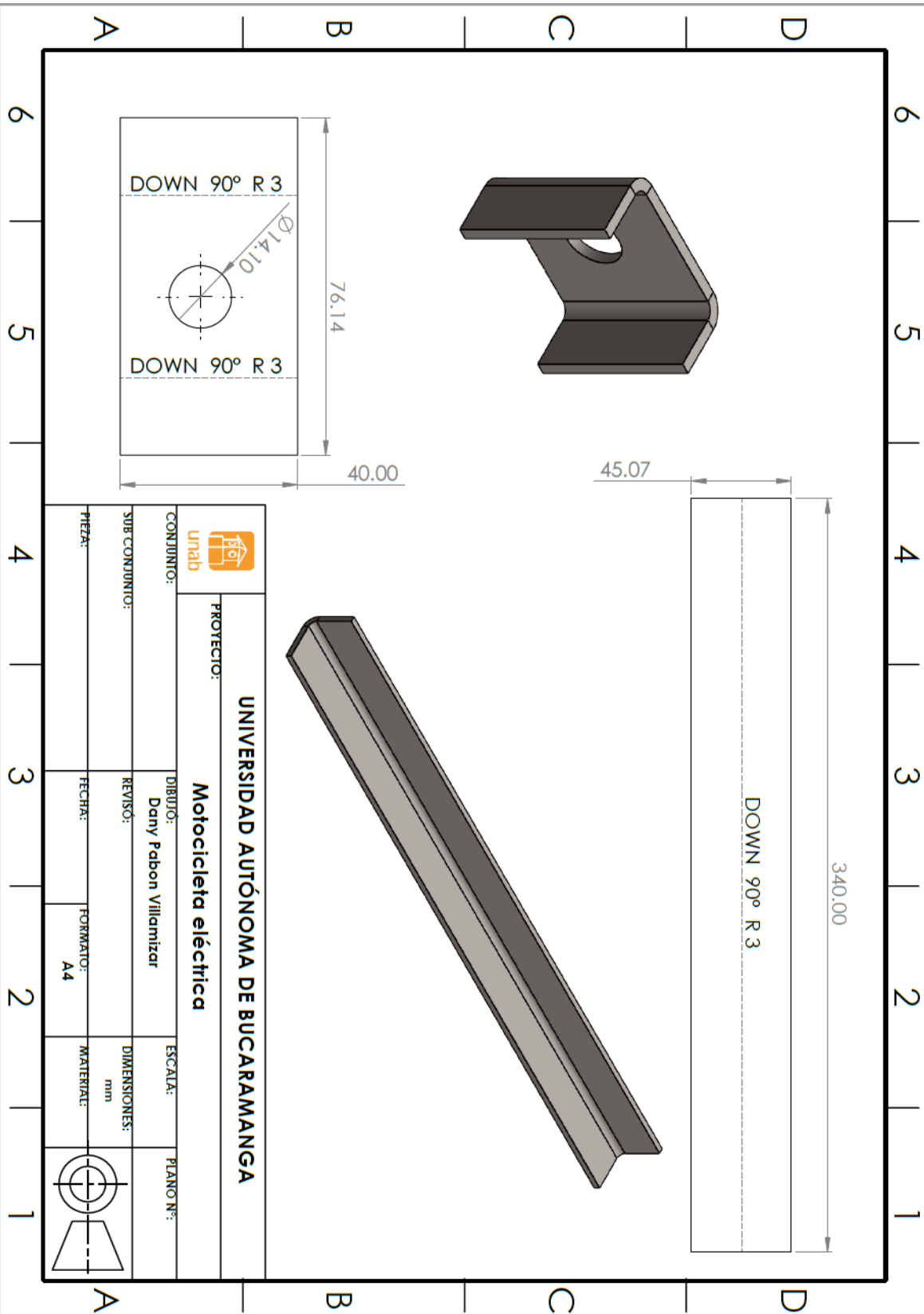


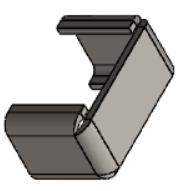
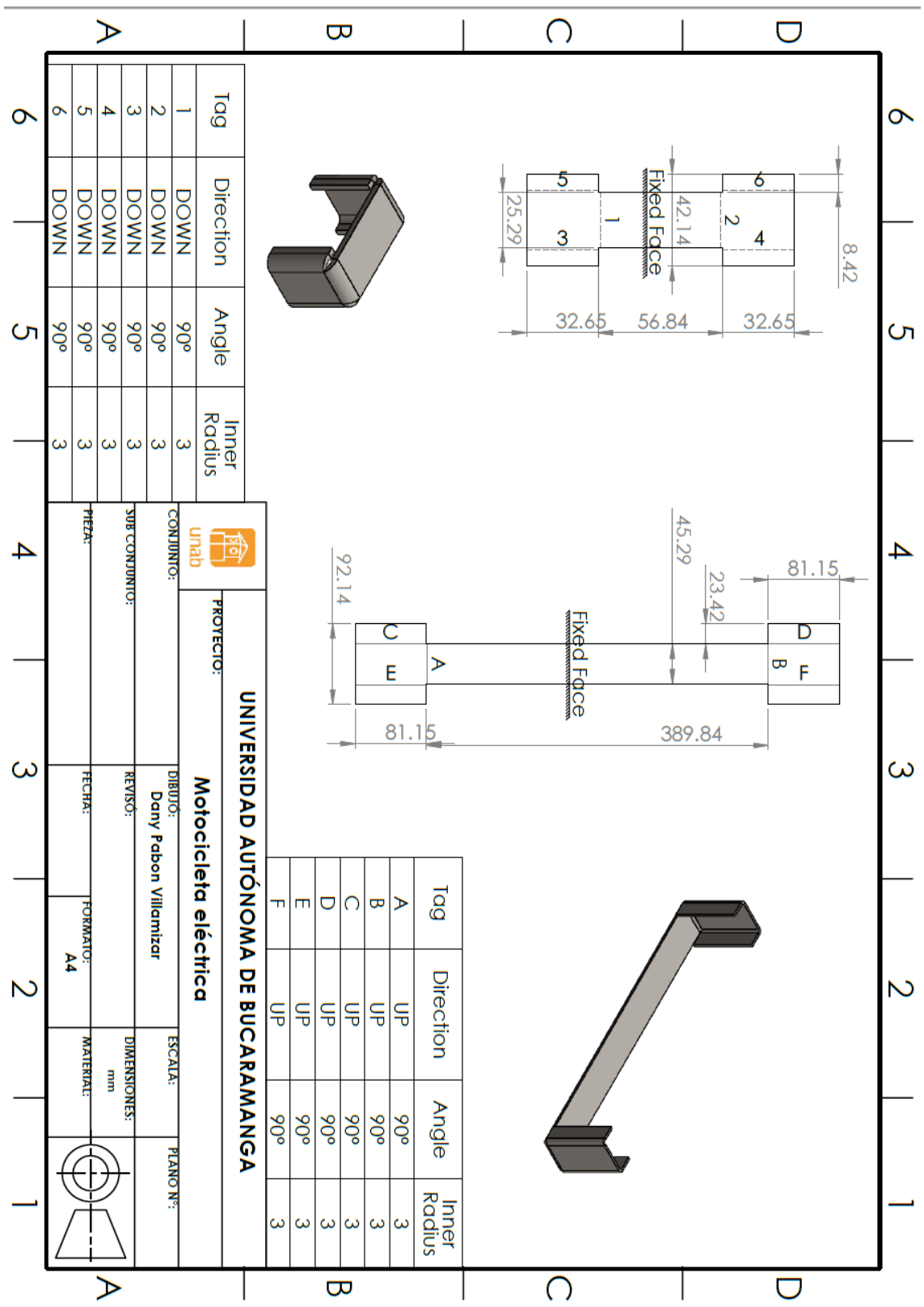




Tag	Direction	Angle	Inner Radius
A	UP	90°	3
B	UP	90°	3

		UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA	
PROYECTO: Motocicleta eléctrica		DIBUJO: Dany Pabon Villamizar	
CONJUNTO:		REVISO:	
SUB CONJUNTO:		FECHA:	
PIEZA:		FORMATO: A4	
ESCALA:		PLANO N°:	
DIMENSIONES: mm			
MATERIAL:			





Tag	Direction	Angle	Inner Radius
A	UP	90°	3
B	UP	90°	3
C	UP	90°	3
D	UP	90°	3
E	UP	90°	3
F	UP	90°	3

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCHARAMANGA

Motocicleta eléctrica

PROYECTO:

CONJUNTO: Unab

DIBUJO: Dany Fabon Villamizar

REVISO:

ESCALA:

PLANO N°:

SUB CONJUNTO:

PIEZA:

FECHA:

FORMATO: A4

DIMENSIONES: mm

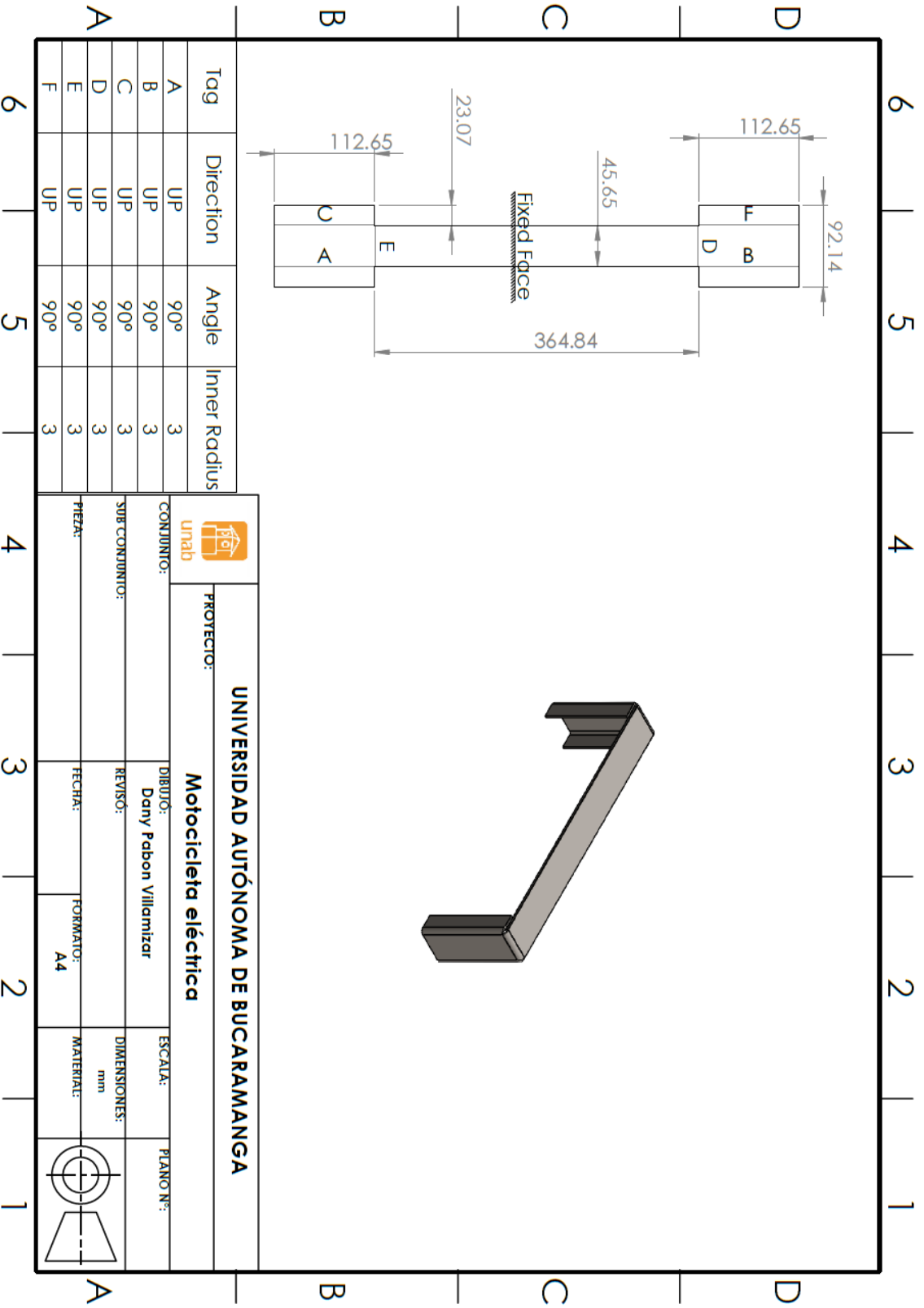
MATERIAL:

6 5 4 3 2 1


A B C D

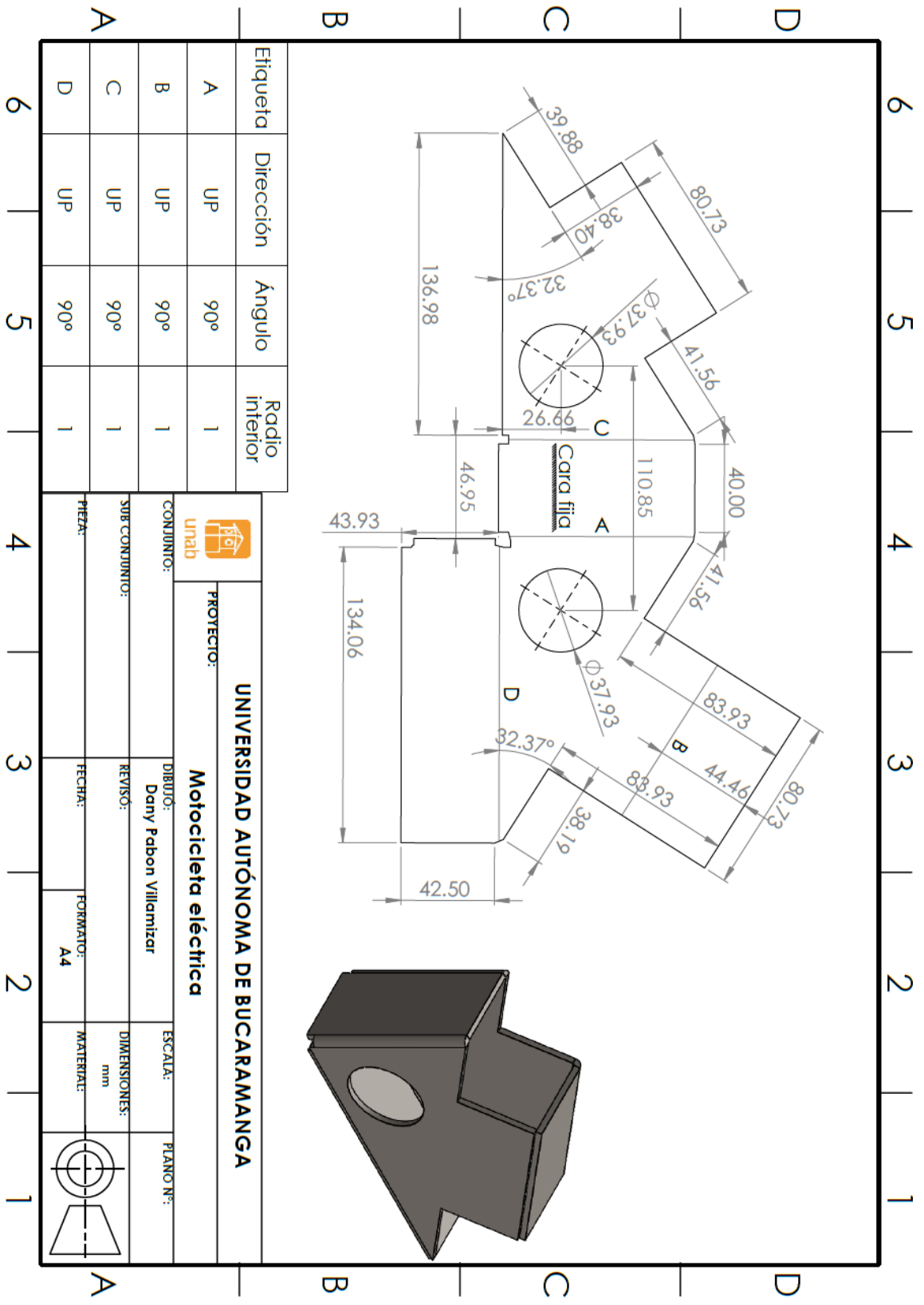
6 5 4 3 2 1

A B C D




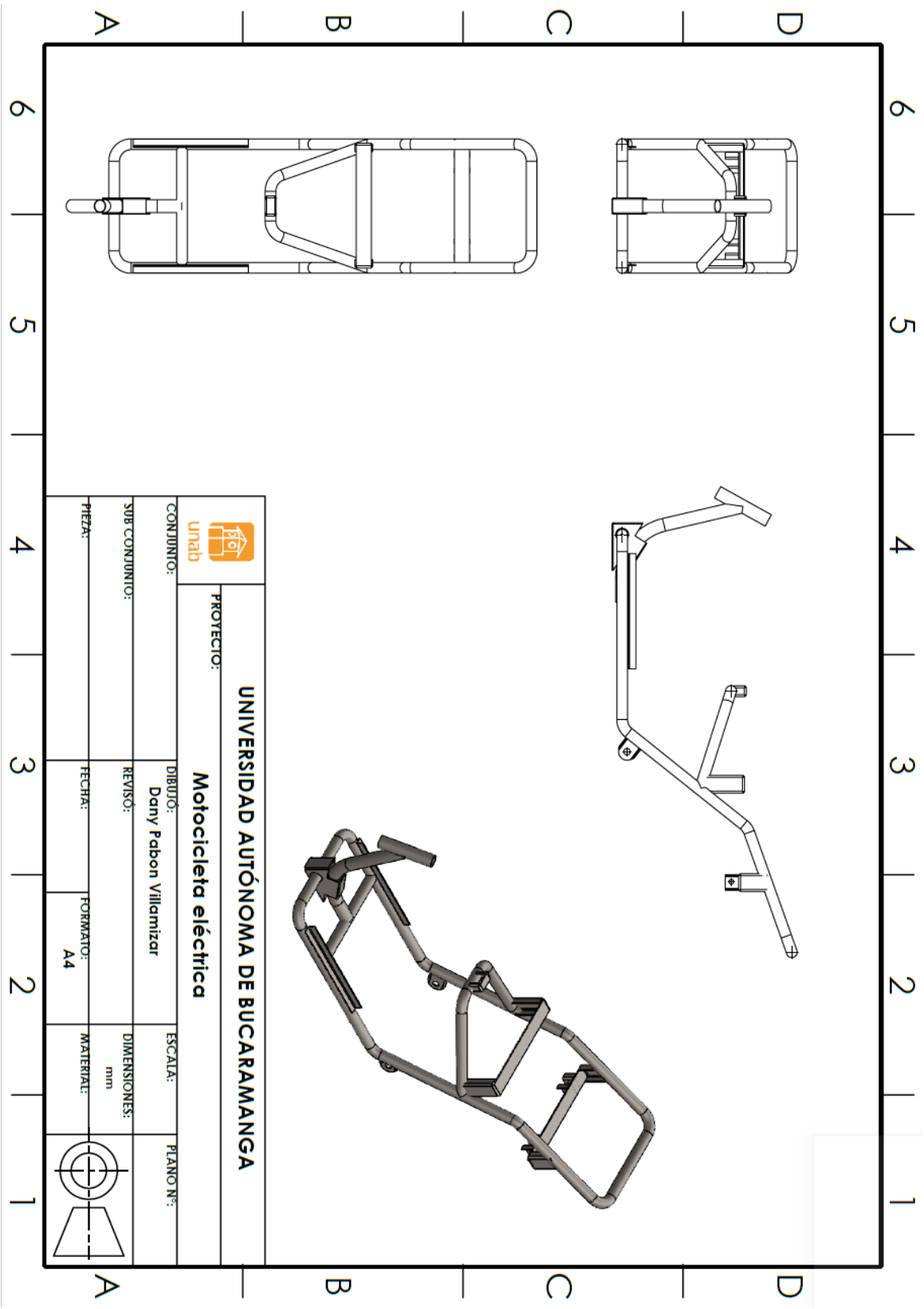
Tag	Direction	Angle	Inner Radius
A	UP	90°	3
B	UP	90°	3
C	UP	90°	3
D	UP	90°	3
E	UP	90°	3
F	UP	90°	3



		UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCCARAMANGA	
CONJUNTO:		PROYECTO:	
SUB CONJUNTO:		Motoциcleta eléctrica	
PIEZA:		DIBUJO:	
		Dany Fabon Villamizar	
		REVISÓ:	
		FECHA:	
		FORMATO:	
		A4	
		ESCALA:	
		DIMENSIONES:	
		mm	
		MATERIAL:	
		PLANO N°:	
		1	

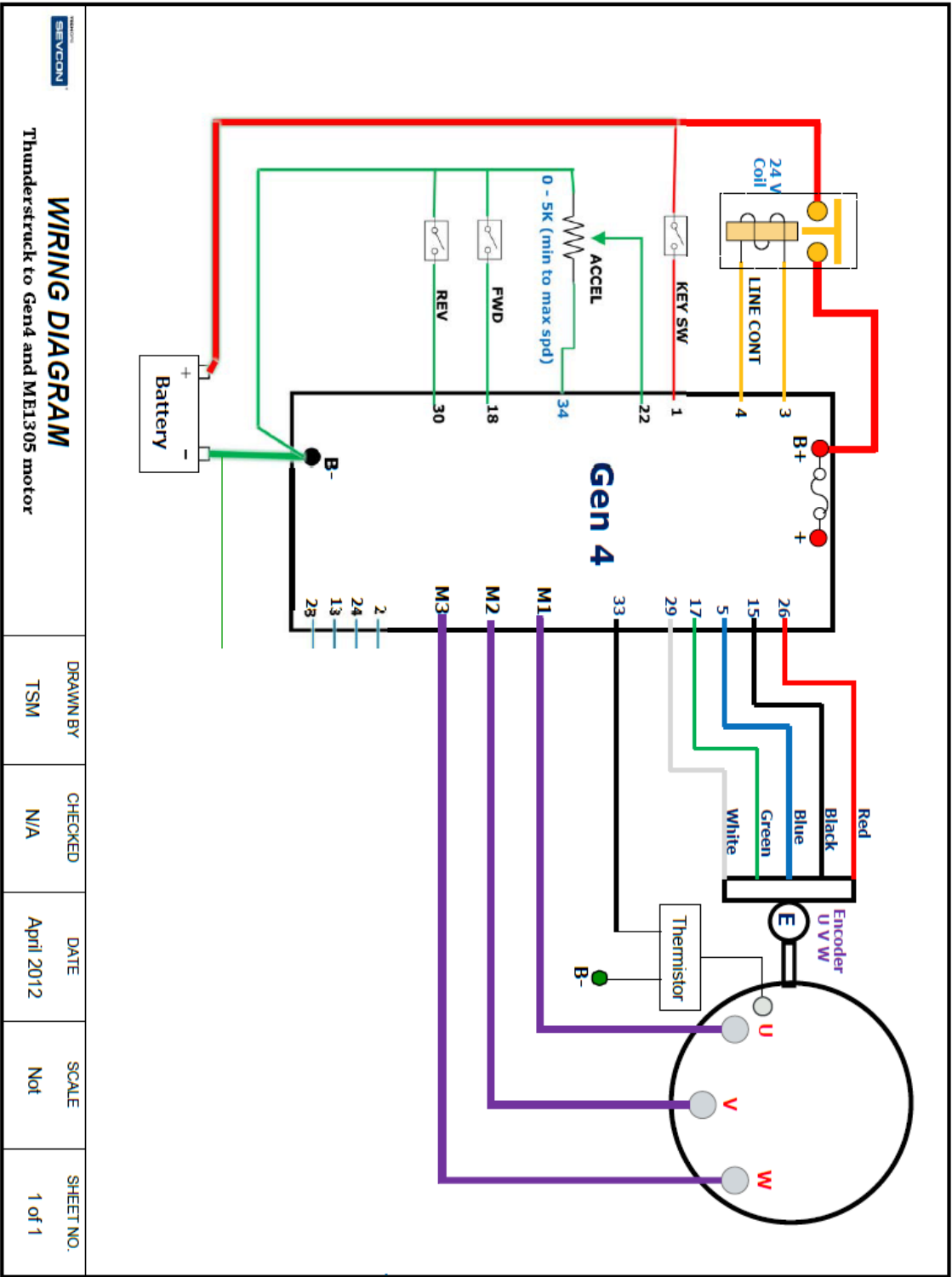


Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	UP	90°	1
B	UP	90°	1
C	UP	90°	1
D	UP	90°	1

		UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCCARAMANGA	
PROYECTO:		Motocicleta eléctrica	
CONJUNTO:		DIBUJO:	
		Dany Fabon Villanizar	
SUB-CONJUNTO:		REVISÓ:	
PIEZA:		FECHA:	
		FORMATO:	
		A4	
		ESCALA:	
		PLANO N°:	
		DIMENSIONES:	
		mm	
		MATERIALES:	



		UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCCARAMANGA			
		Proyecto: Motocicleta eléctrica			
CONJUNTO:		DIBUJO:	Dany Pabon Villamizar		
SUB CONJUNTO:		REVISO:			
PIEZA:		FECHA:	FORMATO:	A4	MATERIAL:
					



	WIRING DIAGRAM Thunderstruck to Gen4 and ME1305 motor	DRAWN BY TSM	CHECKED N/A	DATE April 2012	SCALE Not	SHEET NO. 1 of 1
--	---	-----------------	----------------	--------------------	--------------	---------------------

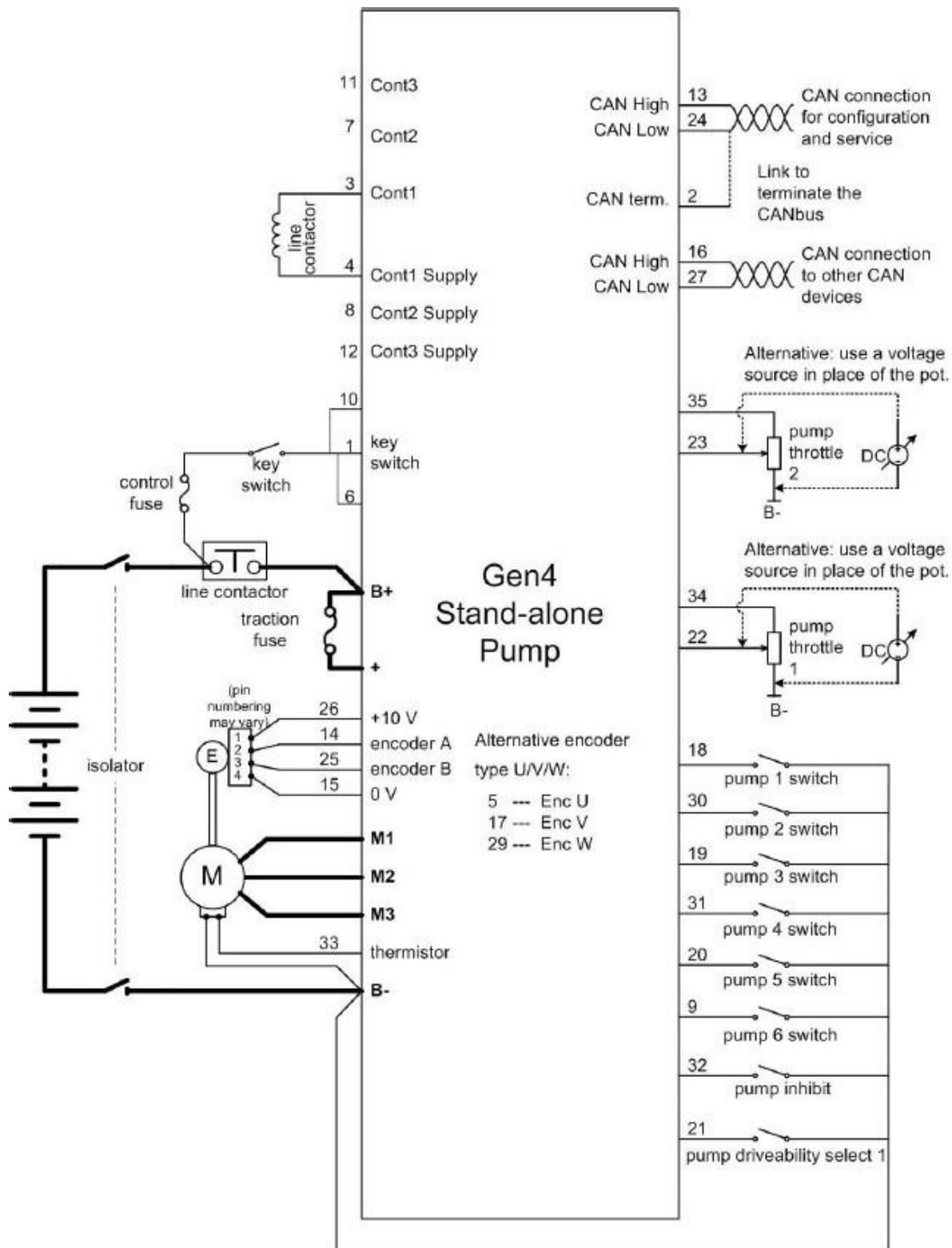


Ilustración 84: Planos eléctricos suministrados por el proveedor del controlador (Sevcon, 2012)

21. ANEXO 3

EVIDENCIA DE LA AUSENCIA DE EQUIPOS EN UN CDA PARA LA REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE RENDIMIENTO



Bucaramanga, Santander

26 de junio de 2020

CDA Autopista Floridablanca
Cra 31 N 114 - 140
Departamento comercial

Estimado Dany Pabon

Le informamos que nosotros no realizamos pruebas de velocidad y torque para el rendimiento de motocicletas eléctricas en nuestro CDA. Nosotros realizamos pruebas de frenos, gases, intensidad de luces, labrado de llantas, entre otros.

Sin más a que hacer referencia, y en espera de su comprensión quedamos pendientes de cualquier otra inquietud.

Nota de aprobación

Proyecto de grado titulado “Diseño, construcción e implementación del chasis, suspensión y tren de potencia”, presentado por el estudiante Dany Pabón Villamizar para optar por el título de ingeniero mecatrónico

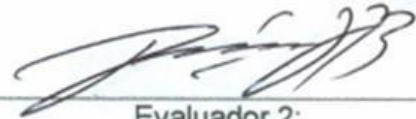


Firma director



Evaluador 1:

M Sc Ing. Jessica Maradey



Evaluador 2:

M Sc Ing. Darío Hernández