

# UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK



Facultad de Arquitectura e Ingeniería

Pregrado Ingeniería Mecánica Automotriz

Diseño de Brazo Basculante para Motocicleta Eléctrica con Motor en la Rueda Posterior

Pablo Andrés Flores Mesías

Nota del autor

Pablo Andrés Flores Mesías, Facultad de Ingeniería Arquitectura e Ingeniería, Universidad Internacional SEK

Director Ing. Diego Bustamante, M.Sc.

Codirector Ing. Javier Martínez, M.Sc.

Cualquier correspondencia concerniente a este trabajo puede dirigirse a:

[pflores.mec@uisek.edu.ec](mailto:pflores.mec@uisek.edu.ec)

## **Declaración Juramentada**

Yo, Pablo Andrés Flores Mesías, portador de la cédula de ciudadanía número 1715739114, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

**PABLO ANDRÉS FLORES MESÍAS**

C.C.: 1715739114

## Índice de contenidos

Declaración Juramentada .....	2
Abreviaturas.....	11
Resumen .....	12
Abstract.....	13
Introducción .....	14
Antecedentes.....	14
Planteamiento del problema .....	16
Justificación.....	16
Hipótesis .....	18
Estado del Arte .....	18
Método .....	45
Análisis y discusión de resultados.....	66
Proceso de construcción del prototipo.....	69
Conclusiones .....	75
Recomendaciones.....	76
Bibliografía.....	77
Anexos.....	85

## Índice de figuras

Figura 1. Motocicleta Electrica Eride. Perez, 2018.....	14
Figura 2. Suspensión trasera Motocicleta Bonelli BN600 R. Méndez, 2014.....	15
Figura 3. Vehículos Eléctricos Hanteng en Guayaquil. Faustos, 2019.....	17
Figura 4. Contaminación ambiental. Rosas, 2019.....	19
Figura 5. Vista Ciudad de México. Guerrero, 2019.....	19
Figura 6. Grosor Cabello, PM 2.5 y PM 10. 2019. ....	20
Figura 7. Calidad de la gasolina. Pastor, 2012.....	21
Figura 8. Grafica contaminación NOx y PM. 2016. ....	22
Figura 9. Renault Twizy en Galápagos. Bravo, 2016. ....	23
Figura 10. Tipología de vehículos eléctricos. WWFN, 2016.....	24
Figura 11. Componentes principales de un coche eléctrico. 2016.....	24
Figura 12. Precio del petróleo. ABC Noticias, 2018.....	26
Figura 13. Super Soco TS1200R. 2020.....	27
Figura 14. Patente bicicleta eléctrica 1895. 2014.....	28
Figura 15. Damon Hypersport. 2020.....	29
Figura 16. KYMCO SuperNEX. Toll, 2019. ....	29
Figura 17. Cuadro de Motocicleta. 2018.....	30
Figura 18. Motor eléctrico de 3KW. 2016. ....	30
Figura 19. Baterías de motocicleta eléctrica. 2019. ....	31
Figura 20. Manillar motocicleta. Cano, 2015.....	32
Figura 21. Carenado de motocicleta. Revista Moto, 2017.....	32
Figura 22. Partes del sistema de freno de disco. Autopartes, 2020.....	33
Figura 23. Suspensión delantera. California Motorcycles, 2017. ....	33

Figura 24. Brazo basculante. Moto1Pro, 2017.....	34
Figura 25. Motocicleta BMW. Talleres BMW, 2015.....	35
Figura 26. Suspensión conexión directa, Yamaha XJR 1300. YamahaParts, 2016.....	35
Figura 27. Suspensión conexión por bieletas, Honda NC7000X. Burns, 2017. ....	36
Figura 28. Ducati 1325 Marianna Sport. MCS, 2017. ....	37
Figura 29. Yamaha FJ1100 1985. Yamaha, 2015.....	37
Figura 30. BMW HP4 Race. Conner, 2017.....	38
Figura 31. Honda Elf E 1978. 2019. ....	38
Figura 32. Amortiguadores traseros motocicleta. Schleider, 2018. ....	39
Figura 33. Tipos de amortiguadores con gas. Rodiauto, 2017.....	39
Figura 34. Amortiguador con cámara de gas y depósito de aceite separados. 2019.....	40
Figura 35. Muelle precarga. Jurado, 2014.....	41
Figura 36. Amortiguador de gama alta. EPS Mecánicos, 2019. ....	41
Figura 37. Super Soco TC1500. Patcona Motos, 2019. ....	44
Figura 38. Brazo basculante y amortiguador Super Soco TC1500. Super Soco, 2019.....	44
Figura 39. Planificación del proyecto Parte 1. Flores, 2020. ....	46
Figura 40. Planificación del proyecto Parte 2. Flores, 2020. ....	46
Figura 41. Logo Autodesk Inventor. Autodesk, 2020.....	47
Figura 42. Brazo basculante Super Soco TC1500. Super Soco, 2019. ....	47
Figura 43. Vista trasera superior derecha basculante TC 1500. Flores, 2020.....	47
Figura 44. Vista frontal superior izquierda basculante TC1500. Flores, 2020. ....	48
Figura 45. Vista lateral derecha basculante TC1500. Flores, 2020.....	48
Figura 46. Vista Superior basculante TC1500. Flores, 2020. ....	48
Figura 47. Vista trasera basculante TC1500. Flores, 2020. ....	48
Figura 48. Vista superior basculante mejorado y basculante TC1500, Flores, 2020. ....	49

## Diseño de Brazo Basculante para Motocicleta Eléctrica con Motor en la Rueda Posterior

Figura 49. Vista trasera superior derecha basculante mejorado. Flores, 2020.....	49
Figura 50. Vista frontal superior izquierda basculante mejorado. Flores, 2020 .....	49
Figura 51. Vista lateral derecha basculante mejorado. Flores, 2020.....	50
Figura 52. Vista superior basculante mejorado. Flores, 2020.....	50
Figura 53. Vista frontal basculante mejorado. Flores, 2020. ....	50
Figura 54. Fuerzas prueba estática. Motostudent, 2019.....	51
Figura 55. Distribución de cargas en plano horizontal motocicleta TC1500. Flores, 2020.....	53
Figura 56. Distribución de cargas en plano inclinado motocicleta TC1500. Flores, 2020. ....	54
Figura 57. Centro de gravedad motocicleta TC1500. Flores, 2020. ....	55
Figura 58. Prueba estática TC1500. Flores, 2020. ....	55
Figura 59. Estructura simplificada subchasis. Flores, 2020.....	57
Figura 60. Estructura simplificada dirección. Flores, 2020. ....	57
Figura 61. Estructura simplificada basculante. Flores, 2020. ....	58
Figura 62. Estructura simplificada chasis. Flores, 2020.....	59
Figura 63. Coeficiente de rozamiento. Cascajosa, 2018. ....	60
Figura 64. Resultado de simulación estática Aluminio 6061 T6, Tensión de Von Mises. ....	64
Figura 65. Resultado de simulación estática Aluminio 6061 T6, Primera tensión principal. ..	64
Figura 66. Resultado de simulación estática Aluminio 6061 T6, Tercera tensión principal. ..	64
Figura 67. Resultado de simulación estática Aluminio 6061 T6, Deformación y desplazamiento. .....	65
Figura 68. Resultado de simulación estática Aluminio 6061 T6, Coeficiente de seguridad....	65
Figura 69. Resultado de simulación estática Acero ASTM a36, Tensión de Von Mises. ....	67
Figura 70. Resultado de simulación estática Acero ASTM a36, Primera tensión principal. ...	67
Figura 71. Resultado de simulación estática Acero ASTM a36, Tercera tensión principal.....	67

## Diseño de Brazo Basculante para Motocicleta Eléctrica con Motor en la Rueda Posterior

Figura 72. Resultado de simulación estática Acero ASTM a36, Desplazamiento y deformación. .....	68
Figura 73. Resultado de simulación estática Acero ASTM a36, Coeficiente de seguridad.....	68
Figura 74. Tronzadora DeWalt DW872. 2018.....	70
Figura 75. Cortadora de tubos, boca de pescado.....	71
Figura 76. Soldadora eléctrica UTW 11801.....	71
Figura 77. Maquina fresadora CNC Xk7136c China.....	71
Figura 78. Conjunto basculante y partes de brazos. Flores, 2020.....	72
Figura 79. Conjunto basculante, eje chasis y soporte amortiguador-brazos-chasis. Flores, 2020. .....	72
Figura 80. Conjunto basculante, soporte lateral y soporte central. Flores, 2020. ....	73
Figura 81. Conjunto basculante, platina-seguro de eje, platina soporte de eje y platina conexión amortiguador. Flores, 2020. ....	73
Figura 82. Ensamble conjunto basculante. Flores, 2020.....	74
Figura 83. Ensamble conjunto final y motor eléctrico con neumático. Flores, 2020.....	74

## Índice de tablas

Tabla 1. Criterios para selección de brazo basculante. Flores, 2020.....	43
Tabla 2. Distribución de pesos en plano horizontal motocicleta Super Soco TC1500. Flores, 2020.....	52
Tabla 3. Distribución de pesos en plano inclinado motocicleta Super Soco TC1500. Flores, 2020.....	54
Tabla 4. Composición química aleación de aluminio 6061. Flores, 2020. ....	63
Tabla 5. Propiedades mecánicas y físicas aleación de aluminio 6061. Flores, 2020. ....	63
Tabla 6. Propiedades mecánicas y físicas del Acero ASTM A36. Flores, 2020.....	69
Tabla 7. Material para la fabricación del brazo basculante. Flores, 2020.....	70
Tabla 8. Maquinaria necesaria para la construcción del brazo basculante. Flores, 2020.....	70

## Índice de anexos

Anexo 1. Toma de pesos y medidas de la motocicleta en plano inclinado. ....	85
Anexo 2. Toma de pesos de la motocicleta en plano inclinado. ....	85
Anexo 3. Diseño y toma de medidas del brazo basculante de la motocicleta Super Soco TC1500. .....	86
Anexo 4. Motocicleta eléctrica Super Soco TC1500 usada de referencia. ....	86
Anexo 5. Motor eléctrico de rueda posterior QSMOTOR. ....	87
Anexo 6. Motor eléctrico de rueda posterior QSMOTOR 2. ....	87
Anexo 7. Ficha técnica Motocicleta eléctrica Super Soco TC1500. ....	88
Anexo 8. Ficha técnica motor eléctrico QSMOTOR. ....	88
Anexo 9. Composición de la aleación de aluminio 6061 T6. ....	88
Anexo 10. Propiedades mecánicas de la aleación de aluminio 6061. ....	89
Anexo 11. Propiedades mecánicas del Acero ASTM a36. ....	89
Anexo 12. Composición química del Acero ASTM a36. ....	89
Anexo 13. Especificaciones Perno acero negro de cabeza hexagonal. ....	89
Anexo 14. Características Electrodo E9018 G. ....	90
Anexo 15. Dimensiones Rodamientos rígidos de bolas. ....	90
Anexo 16. Plano conjunto brazo basculante. ....	91
Anexo 17. Plano brazo derecho 1. ....	91
Anexo 18. Plano brazo derecho 2. ....	92
Anexo 19. Plano brazo izquierdo 1. ....	92
Anexo 20. Plano brazo izquierdo 2. ....	93
Anexo 21. Plano eje chasis-basculante. ....	93
Anexo 22. Plano soporte amortiguador-brazos-eje. ....	94

## Diseño de Brazo Basculante para Motocicleta Eléctrica con Motor en la Rueda Posterior

Anexo 23. Plano soporte central.....	94
Anexo 24. Plano soporte lateral. ....	95
Anexo 25. Plano platina eje de rueda.....	95
Anexo 26. Plano platina de seguro de eje. ....	96
Anexo 27. Plano platina conexión de amortiguador. ....	96

## **Abreviaturas**

PM = Particle Matter (materia particular)

WHO = World Health Organization (Organización Mundial de la Salud)

INEN = Instituto Ecuatoriano de Normalización

HEV = Hybrid electric vehicle (vehículo eléctrico híbrido)

PHEV = Plug-in hybrid electric vehicle (vehículo eléctrico híbrido enchufable)

BEV = Battery electric vehicle (vehículo eléctrico a batería)

AC = Corriente Alterna

DC = Corriente Continua

## Resumen

El siguiente trabajo detalla un estudio realizado para diseñar y construir un brazo basculante para una motocicleta eléctrica con motor en la rueda trasera. En el proyecto se utilizó como referencia una motocicleta eléctrica comercializada en el país que cuenta con un motor con características parecidas al motor eléctrico disponible usado para el proyecto. Primero se realizó el diseño en 3D de un modelo del brazo basculante de la motocicleta eléctrica de referencia en Autodesk Inventor, luego, se ejecutó un análisis de las fuerzas que actuaran sobre la estructura, y, posterior a esto y con los resultados de los cálculos, se seleccionó un material que cumple con las cualidades necesarias para resistir a las fuerzas que sufrirá la pieza. Finalmente, con estos cálculos, pruebas y material seleccionado, se validó el prototipo mediante simulaciones estáticas realizadas igualmente en Autodesk Inventor. Una vez terminada la fase de diseño y ya que el estudio dio resultados positivos, concluyendo que el brazo basculante podrá ser diseñado y construido, se realizaron los planos de cada pieza para su fabricación, y se especificaron los procesos de construcción para cada parte del brazo basculante y todas las máquinas y herramientas necesarias para dichos procesos.

**Palabras clave:** diseño, prototipo, brazo basculante, motocicleta eléctrica.

## **Abstract**

The following work details a study carried out to design and build a swinging arm for an electric motorcycle with a motor on the rear wheel. The study uses as reference an electric motorcycle marketed in the country that has an electric motor with similar characteristics to the electric motor available for the project. First, a 3D design of a swinging arm of the electric motorcycle of reference was made in Autodesk Inventor, then with the drawings an analysis of the forces that will act on the structure was executed, and after that, with the results of the calculations a material that satisfies the qualities necessary to resist the forces that the piece will suffer was selected. Finally, with these calculations, tests and selected material, the prototype was validated through a static simulation also performed in Autodesk Inventor. Once the design phase is finished, and since the study gave positive results, concluding that the swing arm can be designed and built, the diagrams of each part were made for its manufacture, and also every construction processes of each part of the swing arm was specified, as well as all the machines and tools necessary for every processes.

**Keywords:** design, prototype, swing arm, electric motorcycle.

## Introducción

### Antecedentes

En la actualidad, con los avances de la tecnología en el campo automotriz y las nuevas tendencias y normativas sobre el cuidado del medio ambiente, las empresas que fabrican vehículos están optando por la construcción de nuevos modelos amigables con el medio ambiente, como lo son vehículos híbridos o totalmente eléctricos.

**Figura 1.**  
*Motocicleta Eléctrica Eride. Pérez, (2018).*



Un claro ejemplo de lo mencionado es la creciente llegada y ensamblaje de vehículos pequeños, como motocicletas eléctricas, en nuestro país (figura 1). Esto se debe a que un vehículo eléctrico cuenta con varios beneficios como son los bajos impuestos anuales que se deben pagar, el bajo costo de mantenimiento de la motocicleta, el no uso de combustible fósil y la no contaminación del medio ambiente, la baja contaminación auditiva y, sobre todo, el bajo consumo de electricidad y, a su vez, el bajo precio de la electricidad (Torres, 2015).

Los modelos de las diferentes motocicletas eléctricas que se encuentran en el mercado son basados en estudios y planos previos de motocicletas con motor a combustión; todos los sistemas del vehículo eléctrico son parecidos o iguales a los tradicionales sistemas de las motocicletas a combustión, a diferencia de la unidad de poder que, en este caso, viene a ser un motor eléctrico.

## Diseño de Brazo Basculante para Motocicleta Eléctrica con Motor en la Rueda Posterior

Uno de los sistemas más importantes de las motocicletas en general es el brazo basculante. El basculante es el elemento donde se aloja la rueda trasera y la une con el chasis (figura 2), permitiendo movimiento relativo entre ambos, este elemento junto al amortiguador son los encargados de mantener la rueda posterior sobre el camino y absorber todo tipo de vibraciones producidas por el terreno donde se desplaza la motocicleta, brindando estabilidad, confianza, seguridad y, sobre todo, ofrecer un gran confort para el piloto al momento de la conducción (Jareño, 2013).

**Figura 2.**

*Suspensión trasera Motocicleta Bonelli BN600 R. Méndez, (2014).*



En general, la mayoría de suspensiones traseras usadas por los diferentes fabricantes de motocicletas a combustión o eléctricas –que son destinadas a ser usadas dentro de la ciudad, en caminos pavimentados y técnicamente en buen estado–, son bastante rígidas, pues no necesitan de un alto grado de amortiguación y son bastante simples para su diseño y construcción.

En las motocicletas eléctricas, una de las variables más importantes que se debe considerar para el diseño y construcción de este sistema es si el motor eléctrico viene a ser parte de la rueda trasera o si el motor eléctrico está ubicado en la parte central de la motocicleta y necesita de un sistema de arrastre con cadena. Estos son los dos tipos de configuración de motor más usados en las motocicletas eléctricas y se debe tomar en cuenta diferentes variables de diseño en cada caso.

## **Planteamiento del problema**

Las diferentes partes de motocicletas que llegan al país son fabricadas en países constructores como China, principalmente, Japón o India, mientras que en el Ecuador no existe ningún tipo de producción de partes para motocicleta más que algunos chasis y brazos basculantes de fabricación casera. Estas partes fabricadas rudimentariamente no tienen un estudio previo más que la experiencia de los operarios que construyen estas partes.

El brazo basculante es muy importante en las motocicletas debido a que tienen varias misiones primordiales, entre las que destacan: sujetar la rueda posterior de la motocicleta, unir la rueda y el chasis y, junto al amortiguador, reducir las fuerzas producidas por el estado del terreno, mantener en contacto las ruedas con el suelo y conservar la altura óptima de la motocicleta. En virtud de que el brazo basculante es una pieza esencial de la estructura de la motocicleta, debe contar con un estudio previo que confirme que las características del diseño y las resistencias que esta pieza serán las adecuadas (Sarmiento, & Delgado, 2009).

Mencionado esto, la problemática de la investigación de este proyecto será diseñar un brazo basculante para una motocicleta eléctrica con motor ubicado en la rueda trasera, basándonos en una motocicleta comercializada en el país y, luego, validar el diseño de este prototipo mediante análisis estáticos y dinámicos; y, simulaciones de la pieza diseñada.

## **Justificación**

En el campo automotriz, con los avances tecnológicos y las nuevas normativas sobre el cuidado del medio ambiente, se están realizando cambios en el sector y los diferentes estudios para futuras generaciones y producción de vehículos están siendo enfocados en vehículos totalmente eléctricos. Actualmente al país han empezado a ingresar vehículos pequeños (figura 3) y motocicletas, pero totalmente eléctricas, lo que confirma que el sector automotriz poco a poco está cambiando de dirección.

**Figura 3.**

*Vehículos Eléctricos Hanteng en Guayaquil. Faustos, (2019).*



Con este cambio de dirección en el parque automotriz, es imperioso actualizarse con estudios relacionados para que el país progrese junto con el avance de la tecnología y realizar distintos proyectos en el ámbito de vehículos eléctricos que favorecerán de muchas maneras al sector y a la población. Además, la implantación del vehículo eléctrico representa un aporte al desarrollo de la matriz productiva y energética del país (Santana, 2016).

El objetivo del proyecto es diseñar un brazo basculante para una motocicleta eléctrica mediante referencias de motocicletas ya comercializadas; la realización de cálculos de fuerzas que actuarán sobre la pieza; la selección de un material adecuado; y, la validación del prototipo mediante simulaciones, para contribuir en la construcción de una motocicleta eléctrica con motor ubicado en la rueda trasera disponible en la universidad.

En este contexto, con la finalidad de alcanzar el objetivo principal, los objetivos específicos planteados son los siguientes:

1. Ejecutar una investigación previa sobre los diferentes tipos de brazos basculantes, de los diferentes tipos de motocicletas ya existentes para usar de guía al momento de diseñar el proyecto.
2. Determinar dimensiones y variables necesarias del proyecto para realizar el diseño del prototipo del basculante en 3D con el programa Inventor de Autodesk.
3. Realizar un análisis estático y dinámico para calcular las fuerzas que serán aplicadas a la estructura de la motocicleta y sus partes.

4. Elegir el tipo de material a ser utilizado en el basculante para la motocicleta basado en los resultados de los cálculos y dimensiones.

5. Realizar simulaciones en Autodesk Inventor del diseño planteado para validar sus tolerancias bajo condiciones de funcionamiento.

## **Hipótesis**

A partir de proyectos de motocicletas eléctricas ya existentes en el mercado, de cálculos, bocetos, simulaciones y pruebas ya realizadas en estudios previos, que se usarán de guía, se diseñará el prototipo de un brazo basculante adecuado para una motocicleta con motor eléctrico ubicado en la rueda trasera.

## **Estado del Arte**

### **1. Contaminación del medio ambiente por parte del sector automotriz**

La contaminación es el ingreso de sustancias nocivas a un ecosistema determinado, afectando su equilibrio y transformándolo en un ambiente tóxico e inseguro. Esto ocurre cuando las sustancias contaminantes se encuentran en concentraciones elevadas, afectando de forma negativa el ecosistema y dejando secuelas perjudiciales y, en ciertos casos, irreversibles (Chango, 2017). La causa principal de la contaminación ambiental es el acelerado crecimiento de la población, lo que conlleva a un desequilibrio en el ecosistema por el aumento de agentes contaminantes, que son: (figura 4) físicos, aquellos causados por la actividad humana, tales como el ruido, la radioactividad o el calor; químicos, que proceden de la industria química, como ácidos, plásticos, derivados del petróleo o pesticidas; y, biológicos, los provocados por la descomposición y la fermentación de los desechos orgánicos. Todos estos contaminantes son las causas de la contaminación ambiental en cualquier ecosistema.

**Figura 4.**

*Contaminación ambiental. Rosas, (2019).*



Uno de los resultados de la contaminación del medioambiental es la polución del aire, que es causada por una mezcla de partículas sólidas y gases en el aire. El efecto invernadero es uno de los efectos más graves de la suciedad del aire ya que, al aumentar la cantidad de gases y partículas existentes en el aire de la atmósfera de forma sobrenatural, la temperatura de la Tierra aumenta drásticamente, lo que se conoce como calentamiento global. (Carranza, 2004).

Existen muchas fuentes que producen gases contaminantes como la extracción de hidrocarburos como el petróleo, carbón o gases naturales, la ignición de bosques tropicales o la combustión de combustibles en el sector del transporte, la que se constituye en la principal fuente de contaminación del aire de la atmósfera.

**Figura 5.**

*Vista Ciudad de México. Guerrero, (2019).*



Investigaciones previas sobre la contaminación ambiental indican que los medios de transporte que usan combustible fósil, causan el 50% de la contaminación del aire en la Tierra

ya que, a nivel mundial, cada segundo se producen dos vehículos; en la actualidad existen más de mil millones de vehículos circulando en todo el mundo.

En el Ecuador, como en la gran parte de países, la mayor fuente contaminante de la atmósfera es causada por los vehículos de transporte, principalmente terrestres como motocicletas, automóviles, autobuses y camiones. En el país existen alrededor de 1.9 millones de vehículos pequeños (motocicletas, automóviles, SUV o camionetas) y unos 400 mil vehículos comerciales (camiones, busetas o autobuses).

Las ciudades del Ecuador con más cantidad de vehículos son: Guayaquil, en primer lugar, con aproximadamente 592 mil unidades y, en segundo lugar, Quito, con unos 540 mil vehículos; estas cantidades las convierte en las ciudades con mayor contaminación del aire a nivel nacional por el gran número de vehículos. Sin embargo, Santo Domingo de los Tsáchilas, con más o menos 82 mil vehículos, es la provincia más contaminada del país por la relación entre la cantidad de vehículos que circulan en la provincia y la superficie de la provincia (TECNISEGUROS, 2018).

**Figura 6.**  
*Grosor Cabello, PM 2.5 y PM 10. (2019).*



La Organización Mundial de la Salud recomienda un máximo de contaminación del aire de 10 microgramos por cada metro cúbico de PM 2.5 para que el aire del ambiente no sea tóxico y no provoque secuelas. Las PM (Particle Matter) (figura 6) son material sólido que se encuentra en diminutas partículas con medidas de 2.5 micras como lo son el polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, entre otras. Estas partículas son producidas mayormente por las emisiones

de gases contaminantes generados por los diferentes tipos de vehículos de transporte. Lo peligroso de estas partículas es que, por su tamaño, ingresan fácilmente a los pulmones y hasta el torrente sanguíneo, por lo que causan alrededor de 4 millones de muertes al año por diferentes problemas cardíacos o respiratorios en todo el mundo (World Health Organization, 2018).

Santo Domingo de los Tsáchilas, en el año 2016, registró en el aire una cantidad de PM 2.5 superior a 30 microgramos por cada metro cúbico, lo que es tres veces mayor al número de PM 2.5 recomendado por la OMS, demostrando que las urbes del país tienen un alto grado de contaminación del aire atmosférico y que ese grado de contaminación no muestra ninguna señal de disminuir. Por lo contrario, estas cifras de contaminación van a aumentar por el rápido crecimiento de la población en cada ciudad y provincia del Ecuador, al igual que otros factores muy importantes como el poco control por parte de los entes reguladores, la falta de recursos y la mala calidad de los combustibles existentes en el país (Sorgato, 2016).

El octanaje de la gasolina es un valor que permite medir la calidad de la gasolina de resistir la presión y las altas temperaturas, en otras palabras, la capacidad para evitar una detonación; mientras mayor sea el octanaje, mayor será la resistencia a la explosión de la gasolina. Se podría decir que la gasolina con mayor número de octanaje es de mejor calidad.

**Figura 7.**  
*Calidad de la gasolina. Pastor, (2012).*

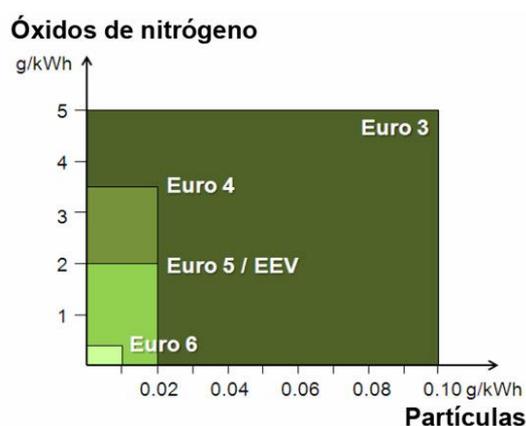


Según el Servicio Ecuatoriano de Normalización, INEN, en la última normativa estipulada en febrero del 2016, los productos derivados del petróleo, en este caso gasolina, debe

tener un mínimo de 87 octanos, la extra, y mínimo de 92 octanos, la súper. Esta norma todavía no se cumple en su totalidad ya que la gasolina Ecopaís, que es elaborada en la nación, tiene un octanaje de 85. Esto hace que las gasolinas sean de muy baja calidad en comparación con gasolinas de otros países de la región y de mucha menor calidad si la comparamos con países a nivel mundial (INEN, 2016).

En países como España y la mayoría de países de la Unión Europea cuentan con gasolina de 95 octanos la estándar y 98 octanos la Premium; y, actualmente se está empezando a elaborar y distribuir gasolina desde 100 hasta 102 octanos. La razón por la cual la calidad de la gasolina es muy buena en esta región, es la existencia de normas enfocadas en disminuir la contaminación ambiental, por lo que exigen ciertos requisitos tanto del vehículo como del combustible para que la contaminación al medio ambiente sea la menor posible.

**Figura 8.**  
*Grafica contaminación NOx y PM. (2016).*



Actualmente la normativa aplicada en el sector vehicular en la Unión Europea es la EURO 6 (figura 8), que pretende reducir drásticamente los cinco marcadores de emisiones más preocupantes: monóxido de carbono, hidrocarburos, hidrocarburos con óxido de nitrógeno, óxidos de nitrógeno y partículas sólidas (PM). Con esta normativa, la contaminación es realmente mínima en comparación con las normativas anteriores (EU Regulation, 2012).

Lastimosamente en el Ecuador la normativa vigente es la EURO 3, es decir que el país tiene un retraso de 14 años, pues esta normativa fue introducida a nivel mundial en el año 2006 y se dejó de usar en Europa hace 11 años. Estas normativas anticuadas y el rápido crecimiento del parque automotriz en el Ecuador, están generando un alto grado de contaminación medioambiental que perjudica cada vez más la salud de los ciudadanos, por lo que no solamente en el Ecuador sino a nivel mundial se están creando y aplicando nuevas alternativas para combatir el problema de la contaminación vehicular. (El Universo, 2017).

Una de las alternativas más factibles y por la cual está apostando el sector automotriz, son los vehículos eléctricos (figura 9), por la gran cantidad de beneficios que este tipo de autos poseen. La principal ventaja sobre el medio ambiente es que, al no usar combustible fósil como su fuente de poder, el vehículo no contamina en absoluto ni genera gases tóxicos perjudiciales para el aire de la atmosfera y el ser humano.

**Figura 9.**  
*Renault Twizy en Galápagos. Bravo, (2016).*

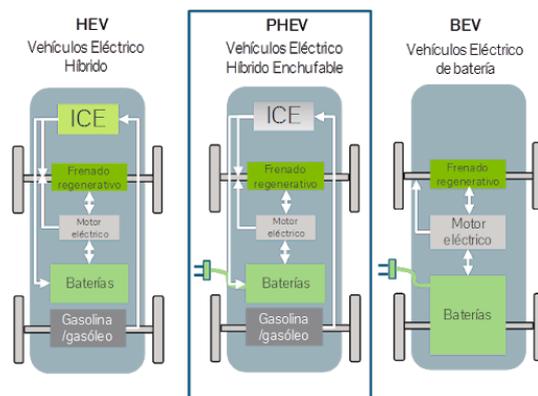


## 2. Vehículos eléctricos

El progreso de la civilización y la evolución de su conciencia es cada vez mayor, por lo que hoy en día la humanidad busca encontrar un estilo de vida mucho más íntegro, en un ambiente más limpio y saludable. Es por eso que se están realizando un gran número de cambios e imponiendo normas cada vez más estrictas sobre el cuidado del medio ambiente; tal es el caso del sector automotriz, el cual está cambiando de sentido, gracias a diversos estudios y proyectos

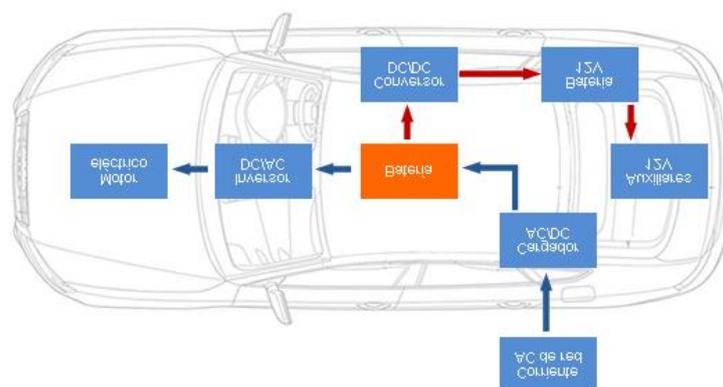
realizados, un sinnúmero de nuevos inventos y el extraordinario avance de la tecnología, y se está aventurando hacia una época totalmente diferente a la actual: la era de los vehículos eléctricos.

**Figura 10.**  
*Tipología de vehículos eléctricos. WWFN, (2016).*



Un vehículo eléctrico, en términos generales, es un vehículo que usa como fuente de poder la electricidad. Existen tres tipos principales de vehículos eléctricos: (figura 10) los vehículos eléctricos híbridos, los vehículos eléctricos híbridos enchufables y los vehículos eléctricos de batería. Los automóviles y la mayoría de vehículos eléctricos usados para el transporte son los de la última clase, los que se alimentan de electricidad almacenada en una batería. La electricidad es almacenada y suministrada desde una batería hacia uno o más motores eléctricos trifásicos, que generan el movimiento de las ruedas para impulsar el vehículo (León, & Salinas, 2017).

**Figura 11.**  
*Componentes principales de un coche eléctrico. (2016).*



## Diseño de Brazo Basculante para Motocicleta Eléctrica con Motor en la Rueda Posterior

El funcionamiento de un vehículo eléctrico depende principalmente de sus componentes y del tipo de corriente que necesita el motor, sea corriente continua o corriente alterna. Pero, en general, las partes de un vehículo eléctrico son: (figura 11)

Controlador de carga, que es el encargado de transformar la corriente alterna tomada del punto de carga a corriente continua para que pueda ser almacenada en la batería del vehículo.

Batería, cuya función es almacenar la energía recolectada por el controlador de carga – las mejores y más utilizadas baterías en la actualidad son las baterías de Ion-Litio, ya que proporcionan mayor potencia y autonomía y otra opción más económica son las baterías de plomo o las de níquel–.

Convertidor, este elemento se encarga de mantener cargadas las baterías auxiliares de 12V del vehículo, convierte la corriente continua de alta tensión de la batería principal a corriente continua de baja tensión –estas baterías son usadas para suministrar corriente a los componentes eléctricos y electrónicos del vehículo: radio, luces, aire acondicionado, pantallas y otros–.

Inversor, que tiene dos funciones: su función principal, transformar la corriente continua que es entregada por la batería a corriente alterna para ser suministrada al motor dependiendo las exigencias del conductor; y, la segunda función es cargar la batería principal cuando el motor actúa como generador al momento de usar el freno.

Finalmente, la parte más importante del vehículo, el motor eléctrico, este puede ser un motor de corriente continua o un motor de corriente alterna, pero este último es el más usado ya que posee ventajas como alta eficiencia, alta potencia, bajos costos, mayor confiabilidad y, un elemento muy importante, poco o nulo mantenimiento que se da a este tipo de motores. (Zumbado, 2015).

Como se mencionó con anterioridad, el impacto ambiental ocasionado por los medios de transporte que funcionan mediante combustible fósil, junto con el alza de precios del petróleo (figura 12), ha renovado el interés por una infraestructura de transporte eléctrico. Y no solo eso,

ya que los vehículos eléctricos poseen una gran cantidad de beneficios sobre los vehículos con motor de combustión.

**Figura 12.**  
*Precio del petróleo. ABC Noticias, (2018).*



Una de las superioridades de los vehículos eléctricos es que pueden obtener la electricidad que precisan a partir de una extensa gama de fuentes, inclusive de los mismos combustibles fósiles, de la energía nuclear o de fuentes renovables como la energía solar, eólica, mareomotriz y cualquier combinación de estas. Otra ventaja es la baja contaminación que genera este tipo de vehículos, pues incluso cuando la electricidad utilizada puede provenir de una fuente contaminante, como son los combustibles fósiles, la relación de contaminación producida por un vehículo eléctrico es la mitad o un tercio de la contaminación producida por un vehículo de combustión. Adicionalmente, los vehículos eléctricos generan mucha menos contaminación acústica, ya sea en reposo o en movimiento.

Otra ventaja sustancial es que la eficiencia de los vehículos eléctricos es aproximadamente tres veces mayor que la eficiencia de los vehículos con motor a combustión, ya que es mayor la energía aprovechada para mover el coche en este tipo de vehículos, a diferencia de los de motor a combustión, en los que mucha de su energía es desperdiciada en calor y en la contaminación del medio ambiente. Por dar un ejemplo, los motores de combustión actuales continúan funcionando incluso estando en ralentí, mientras que los eléctricos no.

Uno de los mayores beneficios de los vehículos eléctricos, es que la electricidad es más barata en comparación con la gasolina, en la mayoría de países del mundo. En España, por

ejemplo, un motor eléctrico necesita 14,38 kWh para recorrer 100km; el precio de 1 kWh está alrededor de €0,085 (Tarifaluzhora, 2020), lo que resulta en un costo de €1,22. Si se lo compara con un vehículo de gama similar, como un Renault Clío con motor diésel que consume 4,7 litros por cada 100km recorridos y considerando que el precio actual del gasóleo está en unos €0,981 por litro (Diario Expansión, 2020), da como resultado €4,61. En consecuencia, existiría un ahorro de €3,39 por cada 100km en el vehículo eléctrico. Cabe mencionar que los gobiernos actuales están facilitando la compra de vehículos eléctricos, ya que en casi todos los países estos carecen de impuestos de matriculación y, a veces, incluso de impuestos de exportación.

Si se aplica el ejemplo anteriormente planteado sustituyendo los valores con los vigentes en el Ecuador, los resultados serían los que a continuación se detallan. El vehículo eléctrico consume 14,38 kWh para recorrer 100km, lo que tiene un valor de \$1,29 –pues el precio promedio del kWh es de \$0,09– (Araujo, 2019). El vehículo de motor a combustión usa 4,7 litros de gasolina por cada 100km, lo que equivale a un gasto de \$1,91, ya que el precio del litro de gasolina extra en el país es de \$0,40 (El Comercio, 2020). El ahorro para el propietario del vehículo eléctrico es de \$0,62 cada 100km. Cabe recalcar que el precio de la gasolina es subsidiado por el Estado ecuatoriano y aun así el gasto en el uso del vehículo eléctrico es menor.

### 3. Motocicletas Eléctricas

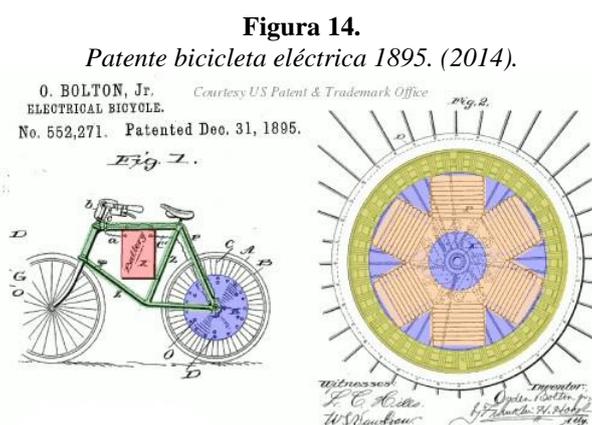
**Figura 13.**  
*Super Soco TS1200R. (2020).*



## Diseño de Brazo Basculante para Motocicleta Eléctrica con Motor en la Rueda Posterior

Una de las alternativas en crecimiento frente a los elevados costos de los combustibles, mantenimientos y vehículos grandes como automóviles, así como el tráfico, es el uso de la motocicleta, ya que este tipo de vehículo resulta mucho más económico y ahorra tiempo al usuario. Sin embargo, aun siendo un vehículo más pequeño, mucho más ligero, con muchas menos piezas y con un consumo de combustible relativamente menor al de un automóvil, la motocicleta sigue contaminando el medio ambiente y, en algunos modelos, de forma grave, los que en la actualidad están prohibidos en la mayoría de países.

Ante esta problemática, no solo los automóviles están mudándose al uso de electricidad como fuente de poder, sino también las motocicletas ya que son un segmento grande e importante del campo automotor. En este sentido, hoy en día se puede encontrar un gran número de motocicletas completamente eléctricas, destinadas para diferentes tipos de uso como motocicletas de montaña, motocicletas de pista o motocicletas para el uso diario dentro de la ciudad (López, 2013).



La primera patente de una bicicleta eléctrica fue registrada en octubre de 1895 (figura 14), fecha en la que empieza la elaboración de un sinnúmero de proyectos y diseños que terminaron en motocicletas eléctricas que ni siquiera llegaban a una velocidad de 20 km/h y tenían una autonomía menor a 50km. En la actualidad, se ha logrado construir motocicletas eléctricas como la Damon Hypersport (figura 15), fabricada por el constructor de motos canadiense,

## Diseño de Brazo Basculante para Motocicleta Eléctrica con Motor en la Rueda Posterior

Damon Motorcycles, que supera velocidades de 300 km/h y posee una autonomía mayor a 450km dentro de la ciudad, gracias a sus baterías de Ion-Litio (Gutiérrez, 2020).

**Figura 15.**

*Damon Hypersport. (2020).*



El funcionamiento de las motocicletas eléctricas, su diseño, sus piezas y hasta su construcción es muy parecido al de una motocicleta con motor de combustión, con la diferencia de que la fuente de poder es un motor eléctrico. Al tener un motor eléctrico, las variaciones que se encuentran en la motocicleta es que puede ser que no disponga de sistema de transmisión como la mayoría de vehículos eléctricos, aunque existen algunos vehículos que sí disponen como la motocicleta eléctrica deportiva KYMCO SuperNEX (figura 16) de fabricación taiwanesa, que viene con un sistema de transmisión manual de seis velocidades; y, que el motor eléctrico puede estar ubicado en la rueda trasera lo que haría que la motocicleta no cuente con un sistema de cadena que normalmente es usado cuando el motor está situado en la parte central de la motocicleta, independientemente de que el vehículo posea caja de cambios (García, 2018).

**Figura 16.**

*KYMCO SuperNEX. Toll, (2019).*



## Diseño de Brazo Basculante para Motocicleta Eléctrica con Motor en la Rueda Posterior

Las partes principales de una motocicleta eléctrica son: Chasis (figura 18), que viene a ser la columna vertebral de la motocicleta, ya que su función principal es brindar rigidez al vehículo, además de soportar los demás componentes del vehículo como el motor o las baterías, y así mismo sirve como punto de pivote para la dirección y suspensión delantera y también de punto de pivote para el basculante y suspensión trasera de la motocicleta (García, 2017).

**Figura 17.**  
*Cuadro de Motocicleta. (2018).*



Motor eléctrico, los más usados para vehículos eléctricos son los motores rotativos, que funcionan y giran gracias a la electricidad inducida por parte del estator –que es un imán permanente hacia el rotor, que es un electroimán–, generando un movimiento rotativo del rotor, lo que se traduce en movimiento de la motocicleta. Existen motores eléctricos de corriente continua y de corriente alterna; los de corriente alterna son los más usados y su potencia se mide en kilovatios (kW): 1kW equivale a 1.36 HP. Existen modelos de motocicletas eléctricas que poseen el motor eléctrico integrado en la rueda trasera (figura 18) (PubliMotos, 2019).

**Figura 18.**  
*Motor eléctrico de 3KW. (2016.)*



Batería (figura 19), es el elemento que acumula la electricidad necesitada por el vehículo eléctrico para su funcionamiento. Las baterías son las responsables directas de la autonomía del vehículo, tomando en cuenta variables como peso del conductor, modo de conducción, clima, pendiente de ruta y, principalmente, el material con el que están fabricadas estas baterías. Anteriormente se usaban baterías de plomo ácido que brindaban una muy baja autonomía y vida útil; ahora, las baterías más usadas son las de Ion-Litio, ya que proporcionan una autonomía y vida útil de la batería hasta tres veces mayor a las de plomo (Twenergy, 2019).

**Figura 19.**  
*Baterías de motocicleta eléctrica. (2019).*



Elementos electrónicos: a) controlador de carga, transforma la corriente alterna recolectada del punto de carga a corriente continua para que pueda ser almacenada en las baterías de la motocicleta; b) conversor, convierte la corriente continua de alta tensión de las baterías principales a corriente continua de baja tensión para suministrar corriente a los componentes eléctricos y electrónicos de la motocicleta como las luces, las pantallas y otros; y, c) inversor, transforma la corriente continua que está almacenada en la batería a corriente alterna para ser suministrada al motor dependiendo de las exigencias del conductor.

Manillar (figura 20), es el elemento en el cual el piloto puede actuar sobre la dirección del vehículo, para ir a la derecha o a la izquierda; y, también permite accionar sus mandos como encender la motocicleta, prender las luces, activar el pito, entre otros.

**Figura 20.**

*Manillar motocicleta. Cano, (2015).*



Carenados (figura 21), son la carrocería de la motocicleta, pues cubre la mayor parte de la misma y sus componentes. Sus funciones principales son mejorar el contacto del vehículo con el aire, reduciendo al máximo la resistencia del mismo, y aportar estética a la motocicleta.

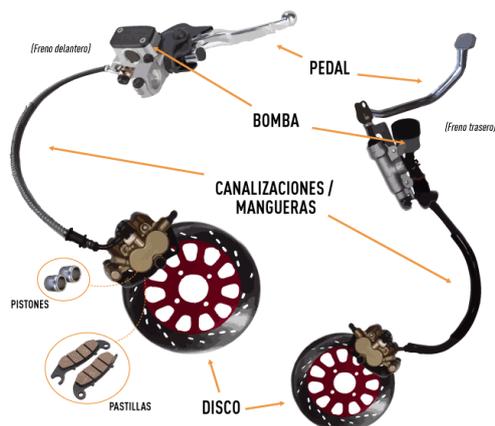
**Figura 21.**

*Carenado de motocicleta. Revista Moto, (2017).*



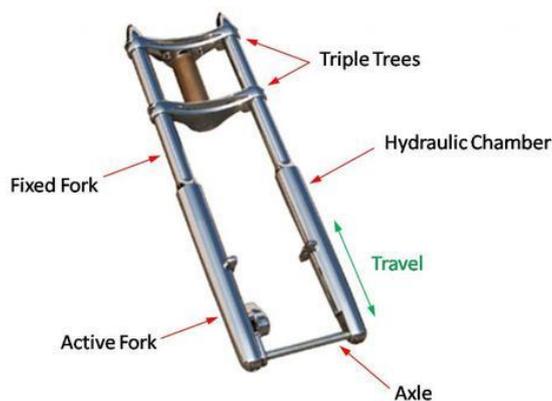
Frenos (figura 22), su función es reducir la velocidad o detener la motocicleta completamente. Por lo general, los más usados en este tipo de vehículos son frenos de disco, que cuentan con un caliper con pastillas que están sobre el disco y que, al momento de accionar la palanca de freno, la bomba hidráulica de este sistema ejerce presión sobre las pastillas que, a la vez, actúan friccionando al disco para reducir su movimiento deteniendo la motocicleta.

**Figura 22.**  
*Partes del sistema de freno de disco. Autopartes, (2020).*



Suspensión delantera (figura 23), aloja la rueda delantera y su función es mantenerla en contacto con el suelo y brindar estabilidad, comodidad, seguridad y confianza para poder maniobrar la motocicleta; también es la responsable de absorber todo tipo de vibraciones producidas por el terreno al momento de la conducción. La suspensión delantera es hidráulica y tiene forma de horquilla telescópica, que funciona como un pistón dentro de un cilindro lleno de aceite que comprime un muelle interno y se expande al momento de trabajar.

**Figura 23.**  
*Suspensión delantera. California Motorcycles, (2017).*



Brazo basculante (figura 24), aloja la rueda trasera, en la mayoría de los modelos tiene forma de horquilla. En la parte delantera, va unido al chasis y también al amortiguador trasero. Este brazo pivotea sobre su punto de anclaje en el chasis para realizar el movimiento de suspensión. Amortiguador trasero, este elemento junto al basculante son los elementos

principales de la suspensión trasera. El amortiguador es un conjunto único que consta de dos piezas: el muelle y un sistema hidráulico. Va colocado directamente sobre el basculante y el chasis, o puede ir con un sistema de bieletas, que son unas articulaciones para aportar progresividad en la amortiguación.

**Figura 24.**  
*Brazo basculante. Moto1Pro, (2017).*



En virtud de que el objetivo de este trabajo es diseñar un brazo basculante para una motocicleta eléctrica con motor en la rueda posterior, se investigarán más a fondo esta pieza y el amortiguador, ya que forma parte del conjunto de la suspensión trasera; además, se recopilará información necesaria para el desarrollo de un proyecto que cumpla con su objetivo.

#### **4. Suspensión trasera**

Las primeras motocicletas eran totalmente rígidas y no contaban con un sistema de suspensión o siquiera brazo basculante; el chasis se extendía hasta la rueda trasera y la rueda frontal era sujeta por una horquilla sin amortiguación alguna. En 1935, BMW fue la primera en patentar la horquilla telescópica (figura 25) que es la suspensión frontal de las motocicletas, usada hasta hoy en día; esa fue la primera suspensión incorporada al vehículo. Algún tiempo después, implantaron la suspensión trasera, primero de deslizamiento paralelo, la cual se podría decir que tornaba a la motocicleta en semirrígida ya que este tipo de suspensión trasera no amortiguaba casi nada.

**Figura 25.**  
*Motocicleta BMW. Talleres BMW, (2015).*



En 1950 se desarrolló el basculante unido al chasis por un par de amortiguadores. Este sistema de suspensión trasera es usado hoy en día; consta de un par de brazos independientes que alojan la rueda trasera en un extremo y va unido al chasis y al amortiguador o amortiguadores en el otro extremo, generando un buen movimiento de la suspensión (Cromer, 2020).

Existen dos tipos de sistemas de suspensión trasera muy utilizados que, probablemente, abarcan casi todas las motocicletas fabricadas a nivel mundial. El primero es la suspensión trasera con conexión directa (figura 26), que es el método más sencillo en cuanto a diseño y número de piezas; su sistema consiste en una unión directa entre el basculante, el amortiguador y el chasis del vehículo.

**Figura 26.**  
*Suspensión conexión directa, Yamaha XJR 1300. YamahaParts, (2016).*



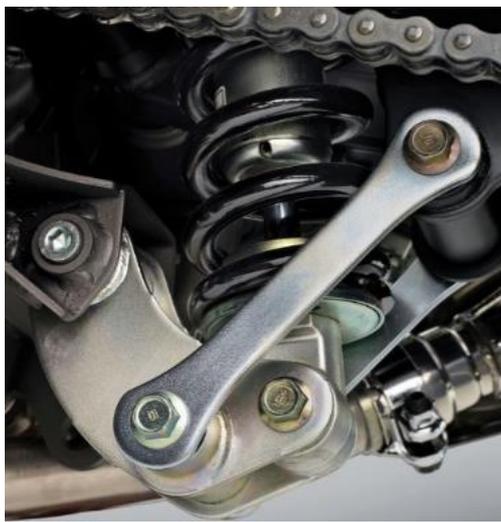
El segundo es la suspensión trasera con conexión por bieletas (figura 27). Hoy por hoy, este es el sistema más usado en motocicletas de gama media y alta, deportivas o de competición,

## Diseño de Brazo Basculante para Motocicleta Eléctrica con Motor en la Rueda Posterior

pues permite conseguir una gran progresión al momento de la amortiguación. Cuenta con mayor número de partes y su diseño es más complejo; el basculante va unido al amortiguador y al chasis mediante un juego de bieletas las que, por su forma geométrica, tamaños y configuración, pueden generar una amortiguación progresiva o regresiva (Holloway, 2014).

**Figura 27.**

*Suspensión conexión por bieletas, Honda NC7000X. Burns, (2017).*



### **Brazo basculante**

Este elemento se encuentra sujeto a numerosos esfuerzos estructurales, siendo los esfuerzos estáticos los más importantes por el peso del conductor y de las piezas de la motocicleta; y, los esfuerzos dinámicos, al acelerar o frenar. Estos esfuerzos imponen condiciones límite a la hora del diseño.

Durante la evolución del brazo basculante, se han generado cambios en su estructura, materiales y construcción, obteniendo cada vez un modelo mucho mejor que el anterior. El primer basculante básico de competición fue diseñado a mediados de los años 70, el cual actualmente es usado en la gran mayoría de las motocicletas de ciudad de media y baja cilindrada. Garantizan confianza, por cuanto el diseño es fuerte, está formado por dos tubos de acero en forma de horquilla alrededor de la rueda trasera (figura 28) y en cada brazo existen anclajes para los amortiguadores que, en este caso, son dos, uno para cada brazo.

**Figura 28.**

*Ducati 1325 Marianna Sport. MCS, (2017).*



A inicios de los 80 se desarrolló un nuevo modelo, un basculante de mono amortiguador, cuyo sistema era relativamente bueno pues buscaba reducir el peso y el número de partes, lo cual se logró con éxito, puesto que se usaba solo un amortiguador ubicado en la parte central del basculante; sin embargo, en ese entonces se producían roturas, fisuras y otro tipo de fallas en lugares críticos del diseño. A finales de década y principios de los 90, el diseño evolucionó a un sistema basculante de mono amortiguador mucho más rígido, robusto y ligero, cumpliendo el objetivo de reducir peso y número de piezas y, además, lo suficientemente resistente como para ser usado en las motocicletas de competición de esa época (figura 29) y es usado hasta la actualidad en casi la totalidad de las motocicletas.

**Figura 29.**

*Yamaha FJ1100 1985. Yamaha, (2015).*



Así como la geometría y la forma de los basculantes evolucionó, también los materiales con los que se construían cambiaron, dando paso a materiales ligeros, como el aluminio o la fibra de carbono (figura 30), pero tan resistentes como el hierro o el acero. Los basculantes de la generalidad de motocicletas para ciudad son diseñados y fabricados con aluminio, porque

este material cumple con resistencias semejantes al hierro, mas su peso es mucho menor (Román, 2018).

**Figura 30.**  
*BMW HP4 Race. Conner, (2017).*



Otro invento revolucionario ocurrió en 1978, cuando el ingeniero diseñador y preparador de automóviles de Fórmula 1, André De Cortanze, aportó su experiencia al mundo de las motocicletas de carreras, diseñando un sistema de basculante mono-brazo para reducir el tiempo de cambio de un neumático durante la competencia (figura 31). Este sistema, como su nombre lo indica, no cuenta con los dos brazos basculantes tradicionales en forma de horquilla que rodeaban la llanta, usado en la época, sino que solo disponía de un brazo que cubría un solo lado de la rueda, lo que permitía manipular la rueda de manera mucho más rápida. Este invento llamó la atención de grandes marcas, que empezaron a diseñar motocicletas con este tipo de configuración mono-brazo basculante y que actualmente no solo es usada en motocicletas de competición, sino también en las que se comercializan al público (Viveelendurance, 2019).

**Figura 31.**  
*Honda Elf E 1978. (2019).*



### Amortiguador trasero

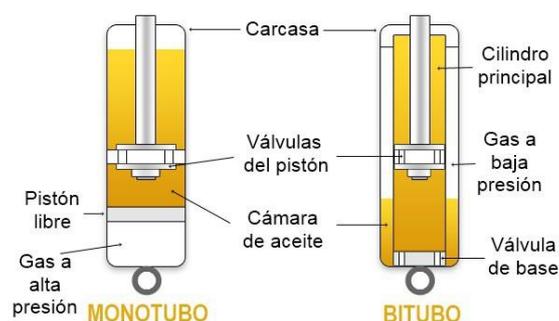
Este es un componente del sistema de suspensión trasera junto al brazo basculante y es el principal encargado de mantener la rueda posterior sobre el piso y amortiguar su movimiento. Los amortiguadores utilizados en las suspensiones traseras de motocicletas son básicamente los amortiguadores hidráulicos usados en otros tipos de vehículos.

**Figura 32.**  
*Amortiguadores traseros motocicleta. Schleider, (2018).*



Este elemento está formado por dos partes: el amortiguador en sí mismo y un resorte, que se encuentra rodeando al primer elemento (figura 32). Su funcionamiento se basa en el movimiento que genera un pistón dentro de un cilindro que está lleno de aceite y fluye de un extremo del cilindro al otro, dependiendo de las necesidades del amortiguador, sea compresión o expansión. El amortiguador tiene dos anclajes en sus extremos, uno ubicado en el extremo del cilindro, que se coloca en el chasis, y otro en el extremo opuesto del pistón, que se sitúa en el basculante; este sistema funciona tanto para compresión como para expansión.

**Figura 33.**  
*Tipos de amortiguadores con gas. Rodiauto, (2017).*



## Diseño de Brazo Basculante para Motocicleta Eléctrica con Motor en la Rueda Posterior

Existen varios tipos de amortiguadores traseros, pero los más usados son: (figura 33) Primero, el amortiguador hidráulico simple, que tiene el sistema más sencillo; consiste en un cilindro que contiene un pistón con válvulas de una sola vía que limitan el movimiento de fluido de una cámara a otra. Segundo, el amortiguador hidráulico con gas; este gas está a alta o baja presión, dependiendo del modelo. Es una evolución del anterior sistema, pues se aumenta una cámara aislada en la pared del cilindro donde se introduce un gas a presión, donde el gas se comprime, a diferencia del fluido, al momento entrar en funcionamiento el amortiguador. Por último, el amortiguador hidráulico con cámara neumática y depósito separado (figura 34). Su funcionamiento es igual que el anterior pero el depósito de aceite y la cámara de gas se ubican fuera del amortiguador para evitar el calentamiento del gas al estar sometido a una compresión y expansión constante. El calentamiento del gas genera un aumento en la presión del mismo, afectando el funcionamiento de todo el sistema de amortiguación (Velázquez, 2012).

**Figura 34.**  
*Amortiguador con cámara de gas y depósito de aceite separados. Burgaleta, (2019).*

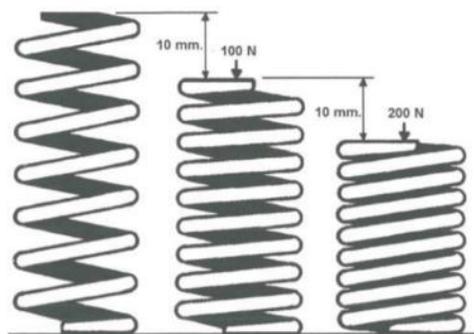


Una de las ventajas de los amortiguadores de altas prestaciones, alta calidad y, por ende, de costos más elevados, es que cuentan con un sistema de regulación (figura 36), donde se puede ajustar la precarga en el resorte e incluso se puede regular el flujo del aceite.

La precarga del muelle o resorte (figura 35) trata de someter a este elemento a una carga constante previa a su uso, lo que disminuye su longitud pero logra aumentar la fuerza necesaria

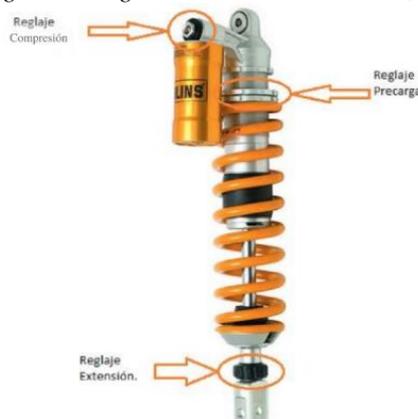
para comprimir el resorte en funcionamiento. Esta precarga sirve para que la motocicleta mantenga cierta altura de la parte trasera cuando está detenida y que baje un cierto nivel cuando se pasa una irregularidad del terreno o cuando se suma la carga de pasajeros y equipajes al vehículo. (Jurado, 2014).

**Figura 35.**  
*Mulle precarga. Jurado, (2014).*



Para regular el flujo del aceite, existe un freno hidráulico entre el cuerpo del amortiguador y el depósito exterior, el cual modifica el caudal del aceite al momento de una compresión. Lo que sucede al momento de reducir el paso del líquido, es que se aumenta la fuerza ejercida sobre el pistón, volviendo al sistema de amortiguación mucho más duro. En otras palabras, estos sistemas de regulación permiten ajustar la suspensión dependiendo de las necesidades del piloto, endureciendo o suavizando el amortiguador y el muelle y, en consecuencia, todo el sistema de la suspensión trasera.

**Figura 36.**  
*Amortiguador de gama alta. EPS Mecánicos, (2019).*



## 5. Criterios para seleccionar brazo basculante

Debido al gran número de opciones, pues existen muchos diseños de brazos basculantes en el campo de las motocicletas, diversas marcas y modelos y diferentes propósitos para usar una motocicleta, se realizará la selección de un diseño, con base en criterios de importancia personal para la realización de este proyecto.

Los criterios que se tomarán en cuenta en la selección del diseño del basculante son, primero, el peso, una característica trascendental al momento de diseñar una motocicleta, pues con mayor peso se necesitaría una mayor fuerza para mover la motocicleta y un mejor sistema de suspensión; por ello, se intentará seleccionar el conjunto que tenga el menor peso posible, pero que mantenga la rigidez deseada. El material seleccionado influirá directamente en el peso.

Luego, la rigidez, una de las características principales de un brazo basculante. La rigidez está relacionada con la deformación temporal que sufre una estructura cuando se aplica una carga y después la suprime. La estructura de la motocicleta debe ser capaz de mantener ciertos parámetros geométricos ante todas las condiciones de carga que pueda ser sometida. El basculante deberá soportar todas las cargas sin entrar en la zona plástica del material.

Además, el costo, otro de los requerimientos cardinales, puesto que los precios de diseño, fabricación, mano de obra y material a ser utilizado no pueden ser elevados debido a que el proyecto será subsidiado por la universidad.

Asimismo, la factibilidad de realizar el diseño en cuanto a la dificultad de fabricación para conseguir los resultados esperados, sin encarecer demasiado el costo y disponer de personal adecuado, herramientas y materiales necesarios para la correcta fabricación del prototipo.

Y, finalmente, la estética, que debe ser buena en virtud de que el basculante es una de las piezas más grandes del vehículo y, por tanto, muy visible y llamativa; aparte, para cualquier usuario es importante un brazo basculante que transmita seguridad a primera vista.

## Diseño de Brazo Basculante para Motocicleta Eléctrica con Motor en la Rueda Posterior

Para escoger el amortiguador trasero se juzgará el espacio disponible y la relación de este elemento con el resto de la motocicleta, sobre todo la parte del chasis y la del brazo basculante. Se utilizará un amortiguador disponible ya en el mercado que cuente con las especificaciones necesarias para el prototipo del sistema de suspensión de la motocicleta eléctrica, que se obtendrán de resultados de cálculos y simulaciones.

**Tabla 1.**  
*Criterios para selección de brazo basculante. Flores, (2020).*

	Bajo Peso	Alta Rigidez	Menor Costo	Factibilidad de Diseño (dificultad, disponibilidad)	Mejor Estética	Total
Doble brazo basculante, con doble amortiguador con conexión directa	2	5	4	5	3	19
<b>Doble brazo basculante, con mono amortiguador con conexión directa</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>23</b>
Doble brazo basculante, con mono amortiguador con conexión por bieletas	3	5	4	4	4	20
Mono brazo basculante, con mono amortiguador con conexión por bieletas	5	5	3	3	5	21

El prototipo seleccionado para diseñar, que cumple con más criterios es el basculante de doble brazo, con mono amortiguador ubicado en la parte central, con conexión directa. Se escogió este tipo de basculante y amortiguador ya que cumple el mejor puntaje en los criterios de selección. Por ejemplo, este modelo es uno de los más livianos, pues tiene menos piezas que los otros al solo tener un amortiguador conectado de forma directa. En rigidez, todos los diseños deben aguantar ciertas cargas que serán calculadas mediante fórmulas de estática. El prototipo

## Diseño de Brazo Basculante para Motocicleta Eléctrica con Motor en la Rueda Posterior

es el de menor costo ya que su diseño es relativamente fácil y por el menor número de piezas que tiene en comparación con el resto. Como se mencionó, el diseño es relativamente sencillo y muy común en las motocicletas de hoy en día, por lo que realizar e incluso construir el diseño será muy posible. Finalmente, la estética del diseño es muy buena ya que esconde el amortiguador en la parte central de la motocicleta, dándole un aspecto mucho más deportivo.

Uno de los modelos de motocicleta eléctrica con sistema de suspensión trasera de brazo basculante tipo horquilla, con mono amortiguador y conexión directa (figura 38) disponible en el país, es la motocicleta Súper Soco TC 1500 (figura 37), que además cuenta con un motor eléctrico en la rueda posterior del vehículo muy semejante al que será usado en el proyecto. Por tanto, se usará esta motocicleta como referencia para la elaboración del prototipo.

**Figura 37.**

*Super Soco TC1500. Patcona Motos, (2019).*



**Figura 38.**

*Brazo basculante y amortiguador Super Soco TC1500. Super Soco, 2019.*



## Método

### Metodología

En este proyecto se propone diseñar un prototipo de un basculante con doble brazo y mono amortiguador en la parte central, unida al chasis y al brazo mediante conexiones directas, por lo que la metodología para el trabajo será la siguiente:

1. Diseño del prototipo seleccionado: en la plataforma Autodesk Inventor se realizará un modelado 3D del diseño de referencia a ser usado en el proyecto, tomando en cuenta las dimensiones del motor eléctrico a ser utilizado. Se debe conocer los siguientes datos: anclajes del basculante al chasis y a la suspensión, y la posición de estos.

2. Calculo de cargas estáticas que soportará el basculante: se realizará un análisis estático a la motocicleta como conjunto y pieza por pieza, bajo cargas sometidas a la estructura mediante una prueba que realiza la Organización Motostudent en España a motocicletas de pista construidas por estudiantes de mecánica para una carrera anual entre universidades.

3. Selección del material a ser usado para el diseño: se realizará la selección del material tomando en cuenta los resultados de los cálculos y materiales previos ya usados en la elaboración de basculantes. Es importante conocer las características del material seleccionado para que las simulaciones sean lo más reales posibles.

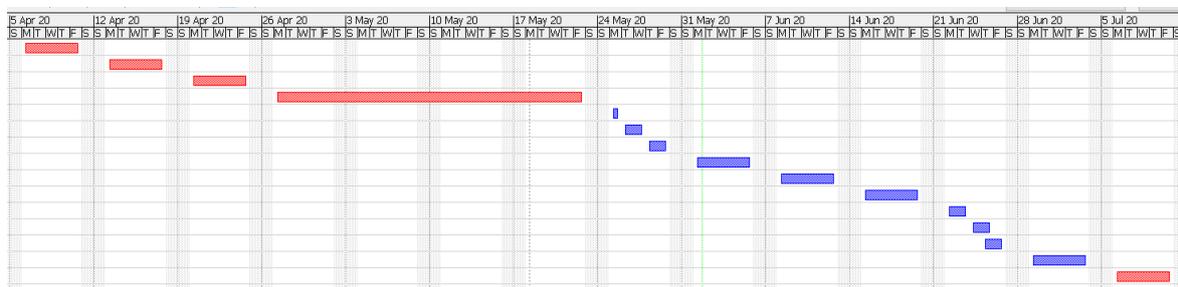
4. Simulación del prototipo: se realizará una simulación estática en Autodesk Inventor del prototipo del basculante a ser construido para validar el funcionamiento al aplicar las cargas. Es necesario el diseño 3D, los cálculos de fuerzas y las características del material con el cual se construirá.

## Planificación

**Figura 39.**  
*Planificación del proyecto Parte 1. Flores, (2020).*

		Name	Duration	Start	Finish
1		DEFINICION DEL TEMA DE TESIS	5 days?	4/6/20 8:00 AM	4/10/20 5:00 PM
2		PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5 days?	4/13/20 8:00 AM	4/17/20 5:00 PM
3		INTRODUCCION Y JUSTIFICACION	5 days?	4/20/20 8:00 AM	4/24/20 5:00 PM
4		ESTADO DEL ARTE	20 days?	4/27/20 8:00 AM	5/22/20 5:00 PM
5		PLANIFICACION DESARROLLO METODOLOGIA	1 day?	5/25/20 8:00 AM	5/25/20 5:00 PM
6		SELECCION DE BASCULANTE	2 days?	5/26/20 8:00 AM	5/27/20 5:00 PM
7		SELECCION DE AMORTIGUADOR	2 days?	5/28/20 8:00 AM	5/29/20 5:00 PM
8		CALCULOS DE DISENO	5 days?	6/1/20 8:00 AM	6/5/20 5:00 PM
9		DISENO DE PLANOS	5 days?	6/8/20 8:00 AM	6/12/20 5:00 PM
10		SELECCION DE MATERIAL Y SIMULACION	5 days?	6/15/20 8:00 AM	6/19/20 5:00 PM
11		ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS	2 days?	6/22/20 8:00 AM	6/23/20 5:00 PM
12		CONCLUSIONES, RECOMENDASIONES	2 days?	6/24/20 8:00 AM	6/25/20 5:00 PM
13		BIBLIOGRAFIA	2 days?	6/25/20 8:00 AM	6/26/20 5:00 PM
14		ULTIMA CORRECCION ANTES DE LECTORES	5 days?	6/29/20 8:00 AM	7/3/20 5:00 PM
15		MANDAR A LECTORES	5 days?	7/6/20 8:00 AM	7/10/20 5:00 PM

**Figura 40.**  
*Planificación del proyecto Parte 2. Flores, (2020).*



### 1. Diseño del basculante seleccionado

Para el diseño y construcción del brazo basculante y de cualquier pieza, es necesario dibujarla para poder tener una referencia visible de sus dimensiones y de la geometría de la pieza en sí. Con la tecnología que contamos hoy en día y la gran variedad de softwares para diseño, se puede realizar un modelado no solo de sus planos en 2D, sino también en 3D, que resulta de gran ayuda al momento de diseñar la pieza. El programa que se utilizará para el modelado 3D del prototipo será Autodesk Inventor, que es un sistema de diseño mecánico inteligente para diseño mecánico avanzado en 3D, con modelado paramétrico, directo y libre, que tiene capacidad para realizar diseño de piezas y ensambles de partes.

**Figura 41.**

*Logo Autodesk Inventor. Autodesk, (2020).*



El modelo que se usó como base para el prototipo del brazo basculante fue el de una motocicleta eléctrica marca Super Soco, modelo TC1500, con motor en la rueda trasera; este modelo tiene por basculante uno de doble brazo con mono amortiguador en la parte central (figura 42).

**Figura 42.**

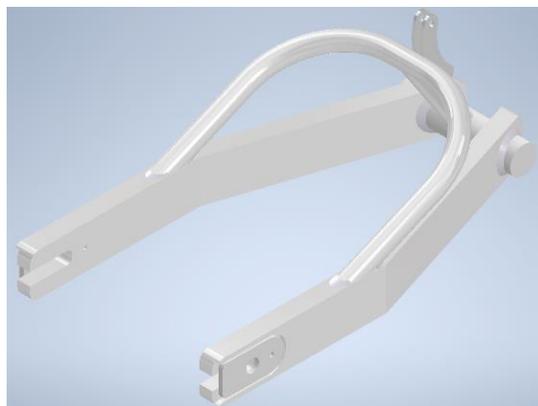
*Brazo basculante Super Soco TC1500. Super Soco, (2019).*



### Imágenes modelado 3D

**Figura 43.**

*Vista trasera superior derecha basculante TC 1500. Flores, (2020).*



**Figura 44.**

*Vista frontal superior izquierda basculante TC1500. Flores, (2020).*



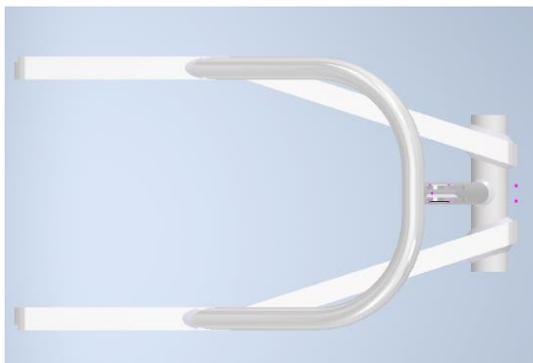
**Figura 45.**

*Vista lateral derecha basculante TC1500. Flores, (2020).*



**Figura 46.**

*Vista Superior basculante TC1500. Flores, (2020).*



**Figura 47.**

*Vista trasera basculante TC1500. Flores, (2020).*

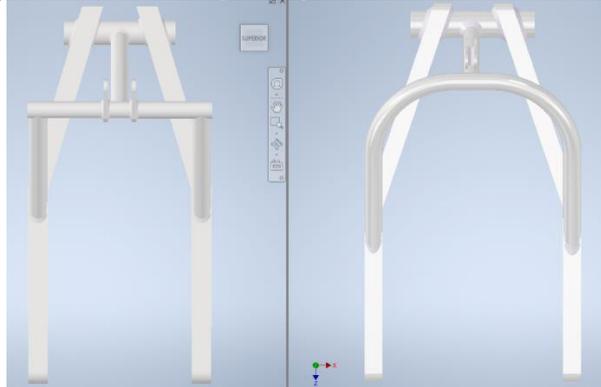


## Diseño de Brazo Basculante para Motocicleta Eléctrica con Motor en la Rueda Posterior

Diseñado el prototipo base de la motocicleta eléctrica Super Soco TC1500, se procedió a mejorar el diseño para simplificar el proceso de construcción de la pieza lo que resultaría en la reducción de tiempos y costos.

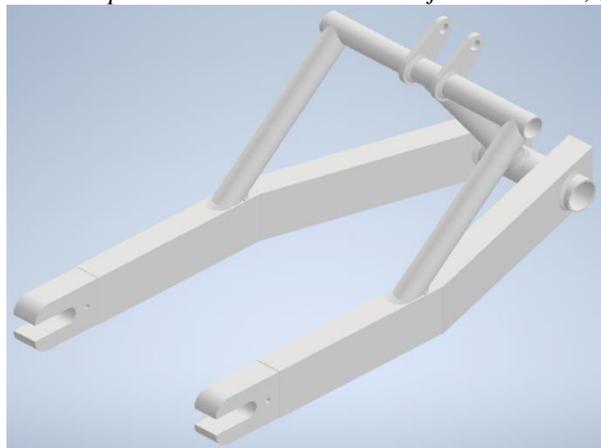
**Figura 48.**

*Vista superior basculante mejorado y basculante TC1500, Flores, (2020).*



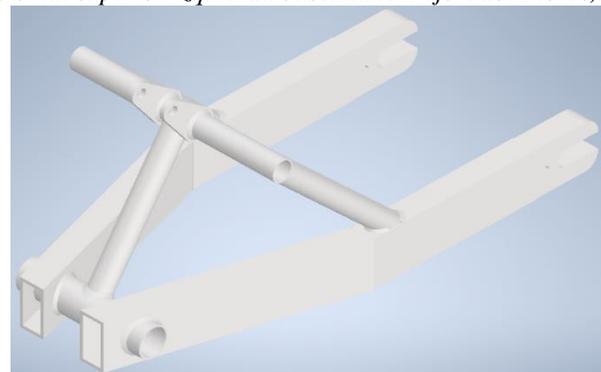
**Figura 49.**

*Vista trasera superior derecha basculante mejorado. Flores, (2020).*



**Figura 50.**

*Vista frontal superior izquierda basculante mejorado. Flores, (2020).*



**Figura 51.**

*Vista lateral derecha basculante mejorado. Flores, (2020).*



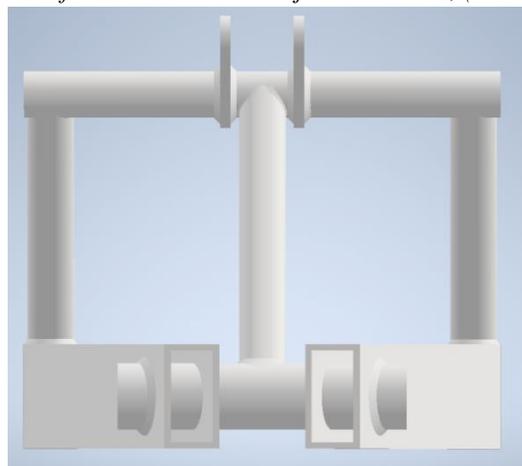
**Figura 52.**

*Vista superior basculante mejorado. Flores, (2020).*



**Figura 53.**

*Vista frontal basculante mejorado. Flores, (2020).*



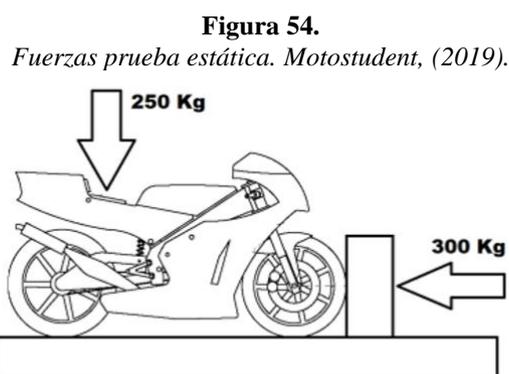
Una vez finalizado el prototipo en 3D con las respectivas dimensiones de cada pieza, se procede a realizar un análisis estático y dinámico de la motocicleta en conjunto y de cada una de las piezas para saber las fuerzas que serán aplicadas sobre estas.

## 2. Cálculo de cargas

Realizar los cálculos de las cargas que influirán en el vehículo, tanto de las dinámicas como de las estáticas, es una parte fundamental al momento de diseñarlo. De esta manera

garantizamos que la estructura y cada pieza tengan la resistencia necesaria ante cualquier situación crítica que se le presente. En el cálculo de cargas estáticas, se efectuará una prueba de seguridad realizada por la Organización Motostudent de España, donde se aplican cargas estáticas a la estructura de la motocicleta; mientras que los cálculos dinámicos se efectuarán al momento de aceleración máxima y frenada máxima de la motocicleta.

La Organización Motostudent es la encargada de realizar competencias de motocicletas construidas por estudiantes de ingeniería mecánica de las diferentes universidades de España. Esta organización estipula ciertos parámetros, reglas y pruebas que deben pasar las diferentes motocicletas para ser admitidas en la competición. La prueba más importante a la que es sometida la motocicleta es una prueba de cargas estáticas, previa a la competencia, donde se le aplica dos cargas simultáneamente a la motocicleta, una horizontal de 300kg aplicada en la rueda frontal y otra vertical de 250 kg aplicada al subchasis de la motocicleta (figura 54).



Se hará uso de esta prueba para la verificación de la resistencia que debe tener la motocicleta en su conjunto y en cada pieza que la compone. Luego, se hará un análisis de toda la motocicleta en conjunto, tomando en cuenta la estructura como forma de barras para calcular el equilibrio general mediante las reacciones en las ruedas, las fuerzas y los momentos aplicados y el centro de gravedad. Después, se calculará la motocicleta en partes divididas, las cuales serán: el chasis, el subchasis, la dirección y el brazo basculante, para sacar las diferentes

reacciones que sufrirá cada pieza. Todas las partes móviles como el amortiguador trasero y delantero se tomarán en cuenta como partes fijas, ya que al ser fijas no absorben energía.

Finalmente, se realizarán cálculos dinámicos, los cuales sirven para calcular las fuerzas producidas sobre la estructura de la motocicleta en los diferentes escenarios en los que se desarrollará. De diferentes escenarios posibles, los más exigentes para la estructura son la aceleración máxima y frenada máxima de la motocicleta, ya que producen gran cantidad de fuerza sobre esta. Estas dos fuerzas dependerán de una variable muy importante como es el coeficiente de rozamiento, que es la oposición al deslizamiento que ofrecen dos superficies en contacto según la fuerza que ejerce cada una, es un coeficiente adimensional.

### Cálculo del centro de gravedad

**Tabla 2.**

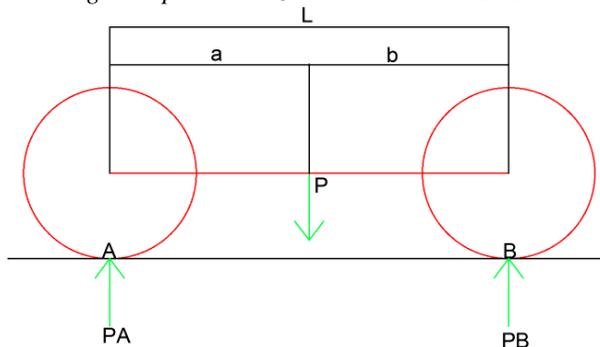
*Distribución de pesos en plano horizontal motocicleta Super Soco TC1500. Flores, (2020).*

<b>Peso batería (c/u)</b>	24lb/ 11kg	(2 baterías) = 22kg
<b>Peso sin baterías</b>	160lb/ 72kg	
<b>Peso total</b>	208lb/ 94kg	100%
<b>Eje delantero</b>	98lb/ 44kg	47%
<b>Eje trasero</b>	110lb/ 50kg	53%

Para el cálculo del centro de gravedad de la motocicleta eléctrica, se utilizó el proceso de localización del centro de gravedad según el libro de Manuel Cascajosa, “*Ingeniería de Vehículos, sistemas y cálculos*”, segunda edición. Para localizar el CdG entre los ejes de la motocicleta, se debe conocer el peso total de la motocicleta y el peso de cada eje cuando el vehículo está en posición horizontal.

**Figura 55.**

*Distribución de cargas en plano horizontal motocicleta TC1500. Flores, (2020).*



Sumatoria de fuerzas en el eje Y:

$$\Sigma F_y = 0$$

$$P_A - P + P_B = 0$$

$$P = P_A + P_B$$

$$P = 50 + 44$$

$$P = 94 \text{ KG}$$

Sumatoria de momentos en el punto B:

$$\Sigma M_B = 0$$

$$-(P_A * L) + (P * b) = 0$$

$$b = \frac{(P_A * L)}{P}$$

$$b = \frac{(50 * 1320)}{94}$$

$$b = 702.12 \text{ mm}$$

$$L = a + b$$

$$a = L - b$$

$$a = 1320 - 702.12$$

$$a = 617.88 \text{ mm}$$

Para poder localizar la altura del CdG de la motocicleta luego de haber encontrado su posición entre el eje delantero y el eje trasero, se debe conocer el peso de cada eje cuando la

## Diseño de Brazo Basculante para Motocicleta Eléctrica con Motor en la Rueda Posterior

motocicleta esta inclinada con un eje más arriba que el otro. Se debe conocer, de igual manera,  $R$  que es el radio de las ruedas,  $\alpha$  el ángulo de inclinación de la motocicleta y la fórmula de  $h$ , altura del CdG, que nos facilita el libro de diseño vehicular.

$$R = 285\text{mm}; \alpha = 16.27^\circ$$

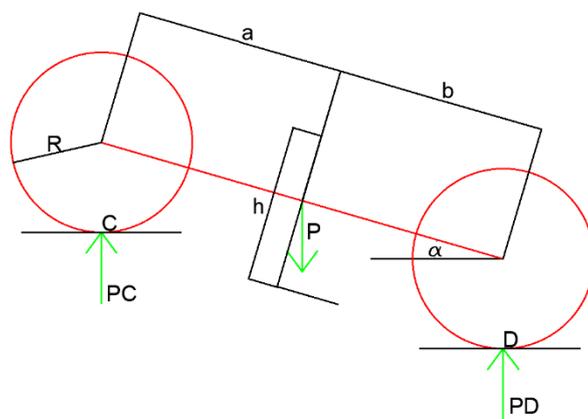
**Tabla 3.**

*Distribución de pesos en plano inclinado motocicleta Super Soco TC1500. Flores, (2020).*

<b>Peso total</b>	<b>208lb/ 94kg</b>	<b>100%</b>
<b>Eje delantero</b>	112lb/ 51kg	54%
<b>Eje trasero</b>	96lb/ 43kg	46%

**Figura 56.**

*Distribución de cargas en plano inclinado motocicleta TC1500. Flores, (2020).*



Sumatoria de fuerzas en el eje Y:

$$\Sigma Fy = 0$$

$$PC - P + PD = 0$$

$$P = PC + PD$$

$$P = 43 + 51$$

$$P = 94\text{KG}$$

Fórmula de altura del CdG ( $h$ ), proporcionada por el libro de diseño vehicular:

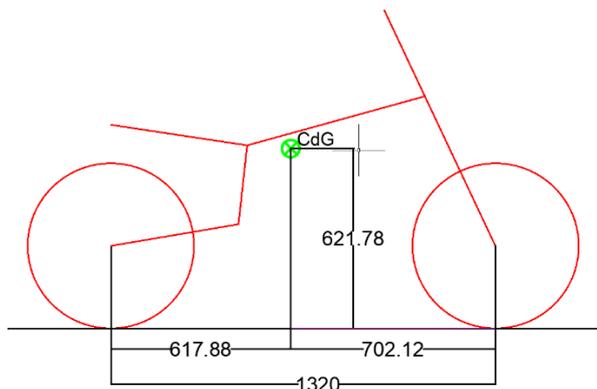
$$h = \frac{P \left( (R * \text{tg}(\alpha)) + b \right) - PC(a + b)}{P * \text{tg}(\alpha)}$$

$$h = \frac{94 \left( (285 * \operatorname{tg}(16.27)) + 702.12 \right) - 43(617.88 + 702.12)}{94 * \operatorname{tg}(16.27)}$$

$$h = 621.78 \text{ mm}$$

**Figura 57.**

*Centro de gravedad motocicleta TC1500. Flores, (2020).*



## Análisis estático

### Equilibrio general motocicleta

Una vez calculado el CdG del vehículo, se procede a realizar el análisis de la prueba estática para calcular las reacciones de ambas ruedas, mediante un análisis de equilibrio general de la motocicleta (figura 58).

**Figura 58.**

*Prueba estática TC1500. Flores, (2020).*



## Diseño de Brazo Basculante para Motocicleta Eléctrica con Motor en la Rueda Posterior

Peso motocicleta = 94kg

$$\Sigma F_x = 0$$

$$R_{t2} - 300 = 0$$

$$R_{t2} = 300kg$$

$$R_{t2} = 300kg * 9.81 N/kg$$

$$R_{t2} = 2943N$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_{t1} + R_d - 250 - 94 = 0$$

$$R_d = 344 - R_{t1}$$

$$R_d = 344 - 300.53$$

$$R_d = 43.47kg$$

$$R_d = 43.47kg * 9.81 N/kg$$

$$R_d = 426.44N$$

$$\Sigma MR_d = 0$$

$$-(R_{t1} * L) + (250 * L) + (94 * b) = 0$$

$$-(R_{t1} * 1320) + (250 * 1320) + (94 * 702.12) = 0$$

$$R_{t1} = \frac{395999.8}{1320}$$

$$R_{t1} = 300.53kg$$

$$R_{t1} = 300.53kg * 9.81 N/kg$$

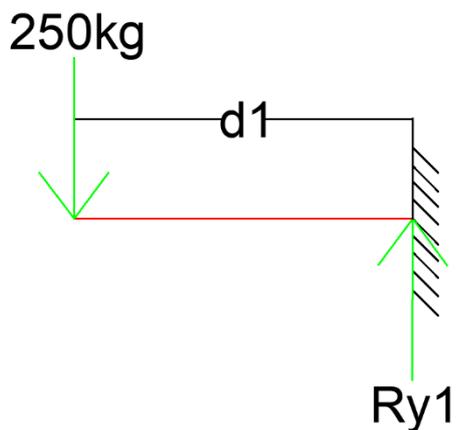
$$R_{t1} = 2948.19N$$

### Cargas por pieza

Calculadas las cargas que se ejercen sobre cada eje y en la motocicleta en general, se dividirá el conjunto en estructuras más pequeñas para obtener el resultado de las fuerzas que actuarán sobre cada pieza.

### Subchasis

**Figura 59.**  
*Estructura simplificada subchasis. Flores, (2020).*



$$\Sigma Fy = 0$$

$$-250 + Ry1 = 0$$

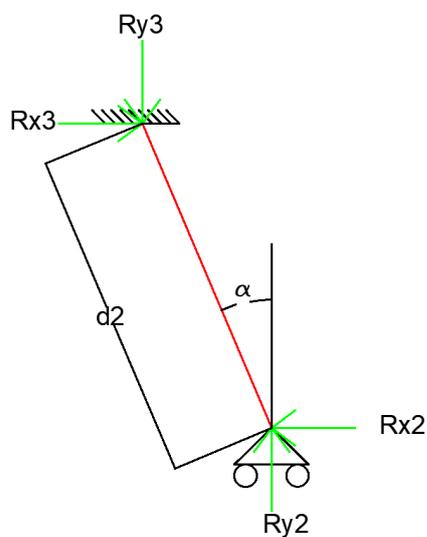
$$Ry1 = 250kg$$

$$Ry1 = 250kg * 9.81 kg/N$$

$$Ry1 = 2452.5 N$$

### Dirección

**Figura 60.**  
*Estructura simplificada dirección. Flores, (2020).*



$$\Sigma Fx = 0$$

$$R_{x2} = R_{x3}$$

$$R_{x3} = 300kg$$

$$R_{x3} = 300kg * 9.81 N/kg$$

$$R_{x3} = 2943 N$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_{y2} = R_{y3}$$

$$R_{y3} = 43.47kg$$

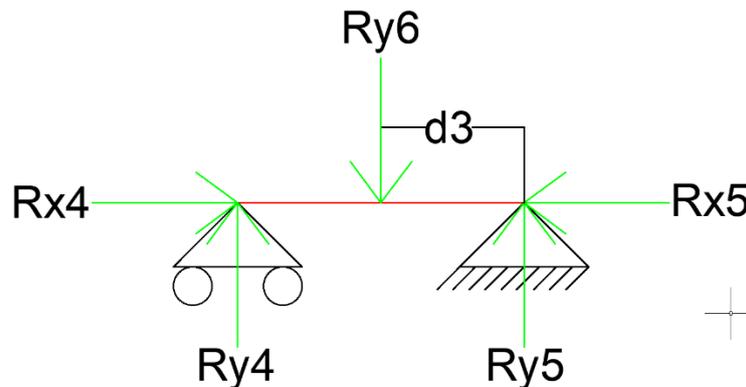
$$R_{y3} = 43.47kg * 9.81 N/kg$$

$$R_{y3} = 426.44 N$$

### Basculante

**Figura 61.**

*Estructura simplificada basculante. Flores, (2020).*



$$\Sigma F_x = 0$$

$$R_{x4} = R_{x5}$$

$$R_{x5} = 300kg$$

$$R_{x5} = 300kg * 9.81N/kg$$

$$R_{x5} = 2943 N$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_{y4} - R_{y6} + R_{y5} = 0$$

$$R_{y5} = R_{y6} - R_{y4} = 0$$

$$Ry5 = 520.14 - 300.53$$

$$Ry5 = 219.61kg$$

$$Ry5 = 219.61kg * 9.81 N/kg$$

$$Ry5 = 2154.37 N$$

$$\Sigma MR5 = 0$$

$$-(Ry4 * 450) + (Ry6 * 260) = 0$$

$$Ry6 = \frac{300.53 * 450}{260}$$

$$Ry6 = 520.14kg$$

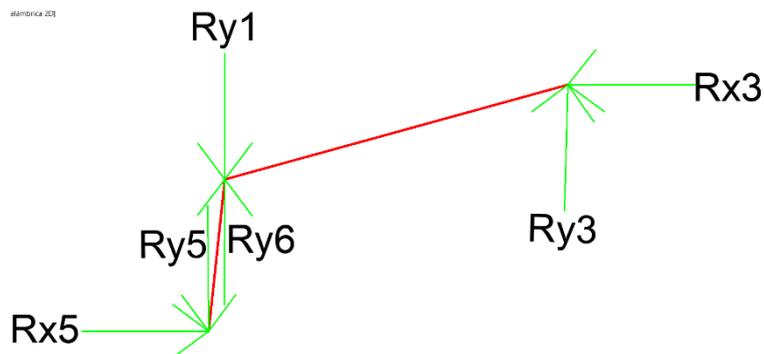
$$Ry6 = 520.14kg * 9.81 N/kg$$

$$Ry6 = 5102.65 N$$

## Chasis

**Figura 62.**

*Estructura simplificada chasis. Flores, (2020).*



$$Ry1 = 2452.5 N$$

$$Ry3 = 426.44 N$$

$$Ry5 = 2154.37 N$$

$$Ry6 = 5102.65 N$$

$$Rx3 = 2943 N$$

$$Rx5 = 2943 N$$

### Análisis dinámico

Ahora se calculará las fuerzas máximas que se ejercerán sobre la motocicleta al momento de su conducción, las cuales son máxima aceleración y máxima desaceleración. Estas fuerzas están relacionadas directamente con el coeficiente de rozamiento (figura 63) entre el neumático y el asfalto que, a la vez, varía dependiendo la velocidad del vehículo, la temperatura de la carretera y los neumáticos, el estado de los neumáticos y el estado de la carretera. Sin embargo, en los cálculos se tomará como un coeficiente ideal el cual no tendrá variación.

**Figura 63.**  
*Coefficiente de rozamiento. Cascajosa, (2018).*

Velocidad de la marcha	Estado de los neumáticos	Calzada seca	Calzada húmeda	Calzada mojada	Charco de agua	Calzada helada
Km/h	$\mu$	$\mu$	$\mu$	$\mu$	$\mu$	$\mu$
50	Nuevos	0,85	0,65	0,55	0,5	Menor a 0,1
	Desgastados	1	0,5	0,4	0,25	
90	Nuevos	0,8	0,6	0,4	0,2	
	Desgastados	0,95	0,2	0,1	Menor a 0,1	
120	Nuevos	0,75	0,55	0,2	0,1	
	Desgastados	0,9	0,1	Menor a 0,1	Menor a 0,1	

Para estos cálculos de aceleración y frenada máxima, se tomará en cuenta un coeficiente de rozamiento ( $\mu$ ) = 0.9.

### Aceleración máxima

Esta fuerza es sometida a la rueda trasera, pues es la rueda motriz que genera el empuje y transfiere la carga de la motocicleta hacia la parte posterior. Para calcular esta transferencia de carga, es necesario hacer un estudio dinámico de la motocicleta mucho más avanzado, por lo que se asumirá la hipótesis de que el centro de gravedad se desplazará hacia atrás generando una transferencia de carga en la rueda posterior de aproximadamente 65%, ya que el centro de gravedad está ligeramente desplazado hacia la parte trasera en condiciones normales.

$$F_{max} = \mu * N$$

$$F_{max} = \mu * 0.65 * masa_{piloto+moto} * g$$

$$F_{max} = 0.9 * 0.65 * 244 * 9.81$$

$$F_{max} = 1400.27 \text{ N}$$

### Frenada máxima

El proceso a realizar será similar al de la aceleración máxima, solo que ahora las fuerzas se centrarán en la rueda delantera ya que hacia la parte delantera de la motocicleta se transferirán las cargas al momento de frenar. Análogamente, se asumirá la hipótesis de que la transferencia de carga será un 55% hacia la parte delantera, ya que el centro de gravedad está desplazado hacia la parte posterior de la motocicleta.

$$F_{max} = \mu * N$$

$$F_{max} = \mu * N = \mu * 0.55 * masa_{piloto+moto} * g$$

$$F_{max} = \mu * N = 0.9 * 0.55 * 244 * 9.81$$

$$F_{max} = 1184.85 \text{ N}$$

El esfuerzo mayor que rige sobre la motocicleta cuando se realiza el análisis estático y dinámico es  $R_{y6} = 5102.65 \text{ N}$ , que está ubicado en la unión basculante-amortiguador-chasis, y se produce en la prueba estática al momento de aplicar las cargas sobre la motocicleta. Calculados estos esfuerzos que se generarán sobre las diferentes partes de la motocicleta en diferentes situaciones, se procederá a seleccionar un material que cumpla con las especificaciones necesarias para una adecuada construcción.

### 3. Selección de material

Los materiales usados en la construcción de vehículos de transporte, han ido evolucionando en el tiempo conforme los avances tecnológicos y descubrimientos de nuevos materiales que mejoran las características de los usados anteriormente. Como, por ejemplo, las

## Diseño de Brazo Basculante para Motocicleta Eléctrica con Motor en la Rueda Posterior

primeras bicicletas y motocicletas eran elaboradas con cuadros de madera, que con el paso del tiempo cambiaron por un chasis de metal que tenía más resistencia. Los primeros chasis de metal eran contruidos con hierro o acero, con diseños muy simples y toscos, que, a pesar del material con el que fueron hechos, por su geometría presentaban bajas resistencias.

Con el avance de la tecnología, el descubrimiento de nuevos materiales y de diferentes tratamientos y aleaciones a los que se les puede someter a estos materiales para elevar sus prestaciones, la mayoría de chasis de motocicletas y automóviles actuales son contruidos con aceros ligeros, aluminio e inclusive materiales compuestos como fibra de carbono, entre otras fibras.

El material más usado hoy en día en chasis y brazos basculantes de motocicletas viene a ser el aluminio, ya que tiene varias ventajas frente a los aceros, como son su bajo peso, ya que el aluminio tiene menor densidad, es casi un tercio la densidad del acero; a pesar de ser menos denso, posee altas resistencias pues se puede someter a tratamientos térmicos y aleaciones que lo pueden hacer tan resistente como el acero. Otra ventaja es la resistencia a la corrosión en comparación de los aceros, también tiene facilidad de conformado puesto que el aluminio se puede soldar, curvar, estirar, fresar, etc. Finalmente, no es magnético, tiene buena conductividad térmica y eléctrica, no es tóxico y se puede reciclar el 100% del material sin perder sus características.

Los aluminios y sus aleaciones son agrupados en series, cada serie cuenta con diferentes elementos que mejoran diferentes características a unirse al aluminio, por lo que cada serie está enfocada en diferentes aplicaciones. La serie de aluminio en la que se enfocará el proyecto, en la selección de material, es la serie 6000 en virtud de que esta serie es muy usada en el diseño de estructuras y ensamblajes soldados, en aplicaciones en el campo automotriz, marítimo, aeronáutico y arquitectónico. Las aleaciones de la serie 6 contienen principalmente magnesio, que aumenta la resistencia mecánica, la dureza y la soldabilidad; y, silicio, que mejora la

## Diseño de Brazo Basculante para Motocicleta Eléctrica con Motor en la Rueda Posterior

resistencia a la corrosión. Las características de esta serie son buena formalidad, soldabilidad, maquinabilidad, y es muy buena resistiendo a la corrosión.

El aluminio a ser usado será de la serie 6000 con tratamiento térmico T6 que consta de un recosido a 420°C y enfriado lento hasta los 250°C, previo al tratamiento térmico T6. Primero, en el procedimiento en sí, se realiza un tratamiento con solución sobre el material, se lo realiza con una solución de un polímero y agua a temperaturas de 530°C. Después, se realiza un medio temple con agua a 40°C sobre el material. Por último, se ejecuta un envejecimiento artificial del material a 175°C por 8 horas o a 185°C por 6 horas.

La aleación de aluminio seleccionada para el diseño es la 6061 con tratamiento térmico T6, mencionado anteriormente. Esta aleación es adecuada para perfiles estructurales porque posee una alta resistencia en comparación a otras las aleaciones de la serie 6000 y es comúnmente utilizada en aplicaciones de alto estrés, transporte, puentes e incluso fuselaje de aeronaves. Las características de la aleación de aluminio 6061 son:

**Tabla 4.**  
*Composición química aleación de aluminio 6061. Flores, (2020).*

Composición química				
%	Silicio (Si)	Magnesio (Mg)	Otros (Fe, Cu, Mn, Cr, Zn)	Aluminio (Al)
Mínimo	0.40%	0.80%	0.35%	El Resto
Máximo	0.80%	1.20%	1.98%	

**Tabla 5.**  
*Propiedades mecánicas y físicas aleación de aluminio 6061. Flores, (2020).*

Propiedades mecánicas y físicas					
Estado	Resistencia a la tracción	Limite elástico	Dureza Brinell	Módulo elástico	Densidad
T6	340 (MPa)	313 (MPa)	95 (HB)	68.9 (GPa)	2.70 (g/cm <sup>3</sup> )

Una vez seleccionado el material que cumpla con los requerimientos del proyecto y constaten sus características y propiedades, se procederá a la simulación del prototipo para validar el diseño del brazo basculante.

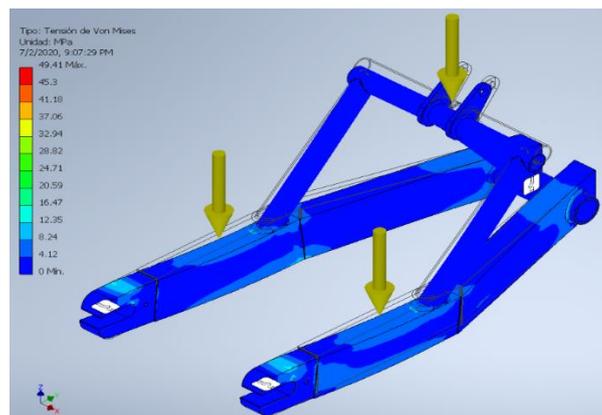
#### 4. Simulación de prototipo

## Diseño de Brazo Basculante para Motocicleta Eléctrica con Motor en la Rueda Posterior

Para la validación del diseño, se realizará una simulación estática del prototipo donde se aplicará la carga calculada de 5102.65 N al brazo basculante, que es la mayor carga que se calculó en el esquema general de la motocicleta y pieza por pieza. El software a utilizarse será Autodesk Inventor porque permite realizar fácilmente el análisis de cargas estáticas sobre estructuras.

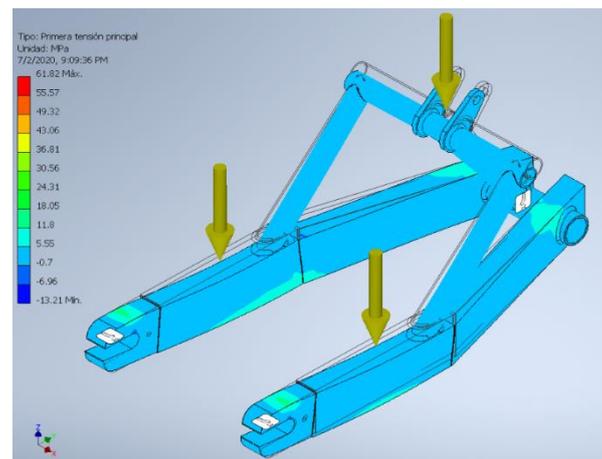
**Figura 64.**

*Resultado de simulación estática Aluminio 6061 T6, Tensión de Von Mises.*



**Figura 65.**

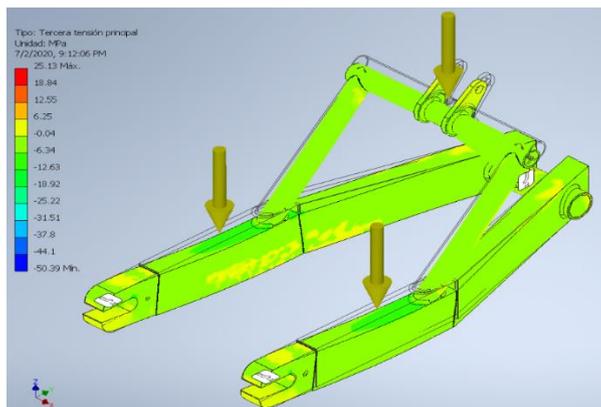
*Resultado de simulación estática Aluminio 6061 T6, Primera tensión principal.*



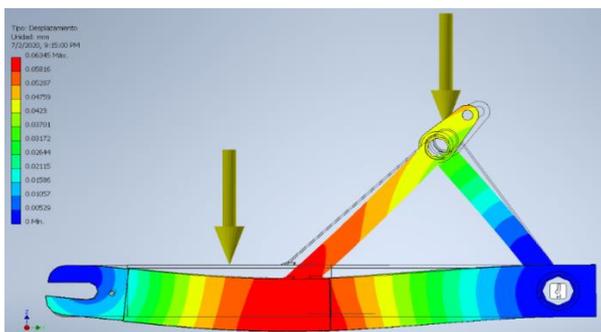
**Figura 66.**

*Resultado de simulación estática Aluminio 6061 T6, Tercera tensión principal.*

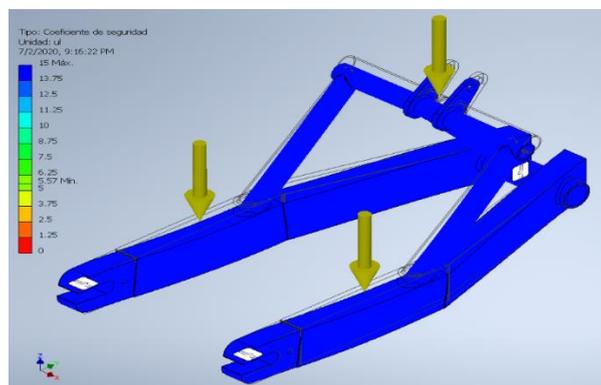
## Diseño de Brazo Basculante para Motocicleta Eléctrica con Motor en la Rueda Posterior



**Figura 67.**  
*Resultado de simulación estática Aluminio 6061 T6, Deformación y desplazamiento.*



**Figura 68.**  
*Resultado de simulación estática Aluminio 6061 T6, Coeficiente de seguridad.*



Los resultados de las simulaciones se argumentarán en la parte de análisis y discusiones de resultados.

## **Análisis y discusión de resultados**

Como se observa en las imágenes, el resultado de la simulación es bueno, pues al aplicar una carga calculada de 5102.65 N, primeramente, tensión de Von Mises (figura 64) que es igual a 49.41 MPa, es una tensión equivalente de todas las tensiones multidireccionales que se desarrollan sobre el prototipo. Primera tensión principal (figura 65) igual a 61.82 MPa, que es la tensión de elasticidad máxima inducida en la pieza. Finalmente, tercera tensión principal (figura 66) igual a 25.13 MPa, que muestra la máxima tensión de compresión sobre la pieza, son inferiores a las resistencias máximas de la aleación de aluminio que será usado (tabla 5).

De la misma manera, se puede apreciar la deformación y desplazamiento que sufrirán las partes del prototipo por las cargas que se aplican (figura 67). La simulación mostró que el desplazamiento y deformación máximo es igual a 0.06345 mm, lo que es prácticamente nulo, ya que la deformación no llega ni a un milímetro en la zona más crítica.

Finalmente, el coeficiente de seguridad (figura 68) arroja un excelente resultado, pues el prototipo tiene un factor de seguridad mínimo en su punto más crítico de 5.57, lo que hace válido al diseño en cuanto a resistencia mecánica. Una vez conseguidos todos estos puntos, se puede considerar que el diseño es válido y está terminado.

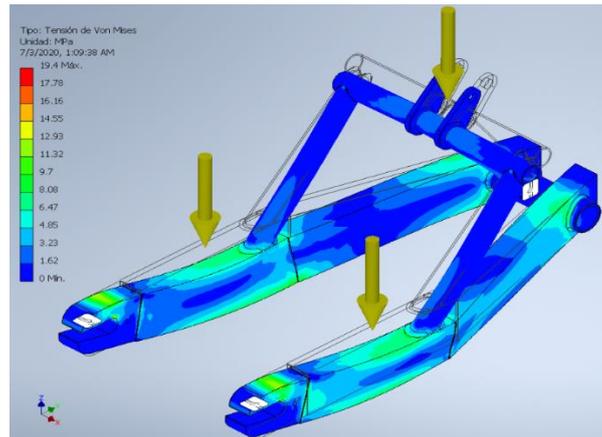
No obstante, existe un problema mayor, que es la inexistencia de la aleación de aluminio 6061 con tratamiento T6 en el Ecuador y sus elevados costos de importación. En consecuencia, se planteó como solución usar un metal que se comercialice en el país, como el acero ASTM a36 con características que están en el rango de las del aluminio. De igual manera se realizó la misma simulación de cargas estáticas al prototipo, pero ahora usando el acero disponible.

Los resultados de la simulación de cargas estáticas sobre el prototipo de acero ASTM a36 son: tensión de Von Mises (figura 69) igual a 19.4 MPa, tensión principal (figura 70) igual a 17.25 MPa y tercera tensión principal (figura 71) igual a 1.57 MPa; estos resultados son inferiores a las resistencias máximas del acero a ser usado (tabla 6).

# Diseño de Brazo Basculante para Motocicleta Eléctrica con Motor en la Rueda Posterior

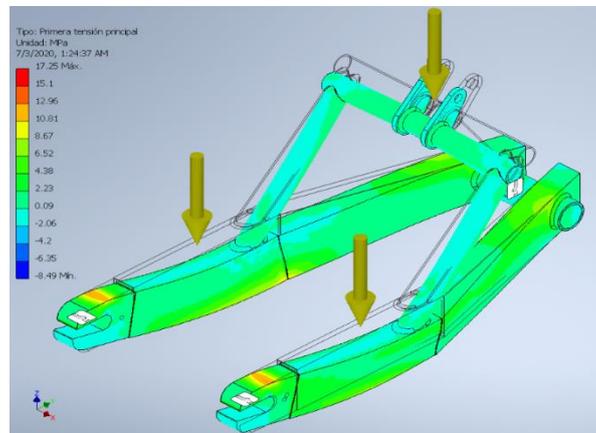
**Figura 69.**

*Resultado de simulación estática Acero ASTM a36, Tensión de Von Mises.*



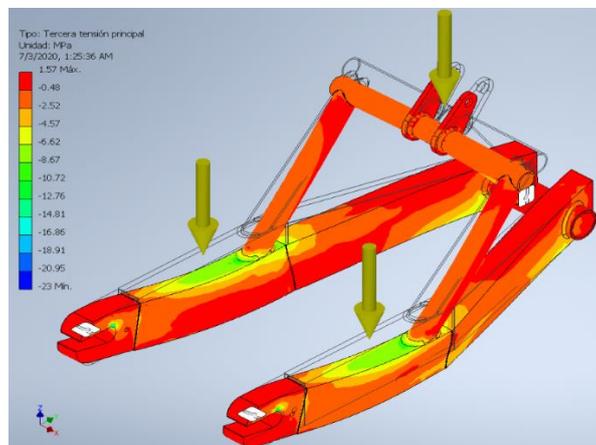
**Figura 70.**

*Resultado de simulación estática Acero ASTM a36, Primera tensión principal.*



**Figura 71.**

*Resultado de simulación estática Acero ASTM a36, Tercera tensión principal.*

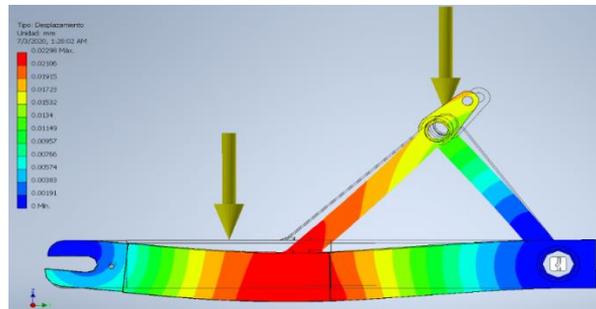


## Diseño de Brazo Basculante para Motocicleta Eléctrica con Motor en la Rueda Posterior

La deformación y el desplazamiento que sufrirán las partes del prototipo por las cargas que se aplican (figura 72), es igual a 0.02298 mm, lo que es teóricamente sin deformación alguna ya que no llega ni a medio milímetro en la zona más crítica.

**Figura 72.**

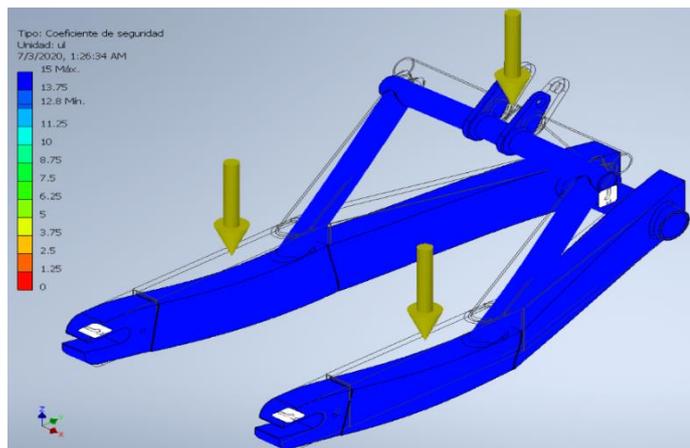
*Resultado de simulación estática Acero ASTM a36, Desplazamiento y deformación.*



En último lugar, respecto del coeficiente de seguridad (figura 68), el prototipo tiene un factor de seguridad mínimo en su punto más crítico de 12.8.

**Figura 73.**

*Resultado de simulación estática Acero ASTM a36, Coeficiente de seguridad.*



En conclusión, con todos estos resultados se puede considerar que el diseño del prototipo del brazo basculante usando este tipo de acero, es válido.

## Proceso de construcción del prototipo

Se creará un proceso para la construcción del brazo basculante, donde se mencionarán las máquinas y trabajos que se debe realizar sobre cada parte, más un estimado de costos para dichos procesos de fabricación del brazo basculante.

Como se señaló antes, se hizo una búsqueda de la aleación de aluminio 6061 con tratamiento térmico T6 dentro de las diferentes empresas que comercializan metales y aleaciones en el país y resultó que dicho material no existe ni se importa al país, por lo que se necesitó de una solución para la construcción del prototipo. Ya que los aranceles de importación son muy elevados y, para la compra de dicho material en el exterior, la cantidad mínima es de 2 toneladas, se descartó la compra e importación del aluminio 6061 T6. La solución que se tomó es fabricar el prototipo con un metal que se comercialice en el país; en este caso se usará un acero ASTM a36, que es muy común en el Ecuador para ser usado en estructuras que resisten altas cargas.

El acero ASTM a36 tiene características parecidas e inclusive mejores que las del aluminio por lo que se puede usar sin ningún problema al momento de construir el brazo basculante. De igual manera, se realizó una simulación del prototipo ya diseñado, pero esta vez en acero, validando su funcionamiento. La desventaja más importante de usar acero es que el peso de la pieza aumentará de 1,55kg que se calculó al usar aluminio, a 4,51kg si se usa acero.

**Tabla 6.**  
*Propiedades mecánicas y físicas del Acero ASTM A36. Flores, (2020).*

<b>Propiedades mecánicas y físicas</b>				
<b>Resistencia a la tracción</b>	<b>Límite elástico</b>	<b>Dureza Brinell</b>	<b>Módulo elástico</b>	<b>Densidad</b>
400 ( MPa )	248 (MPa)	120 (HB)	200 (GPa)	7.85 (g/cm <sup>3</sup> )

## Diseño de Brazo Basculante para Motocicleta Eléctrica con Motor en la Rueda Posterior

Para la construcción del prototipo se usarán los siguientes materiales:

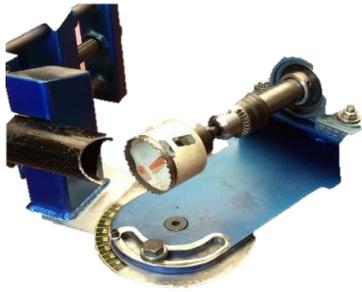
**Tabla 7.**  
*Material para la fabricación del brazo basculante. Flores, (2020).*

Material	Medidas	Cantidad
Tubería cuadrada de acero ASTM a36.	50mm x 25mm x (espesor 3mm)	1.5m
Tubería redonda de acero ASTM a36.	22.20mm x (espesor 1.50mm)	1m
Tubería redonda de acero ASTM a36.	31.80mm x (espesor 2mm)	0.5m
Platina de acero ASTM a36.	50mm x 100mm x (espesor 25mm)	X2
Platina de acero ASTM a36	70mm x 40mm x (espesor 5mm)	X4
Rodamientos rígidos de bolas	28mm x 8mm x (diam. int. 10mm)	X2
Electrodos revestidos AWS E-9018G		X10
Pernos de acero con cabeza hexagonal 8C3115	5/16" x 1 1/2"	X2

Para la elaboración del prototipo se usarán las siguientes máquinas:

**Tabla 8.**  
*Maquinaria necesaria para la construcción del brazo basculante. Flores, (2020).*

Máquina	Descripción	
Tronzadora de metal	Es una herramienta que sirve para cortar material metálico como perfiles, tubos, varillas, etc. Corta por abrasión mediante disco, y nos permite realizar cortes rectos y en ángulo.	 <p><b>Figura 74.</b> Tronzadora DeWalt DW872. 2018.</p>

<p>Cortadora de tubos Boca de Pescado</p>	<p>Nos permite efectuar cortes en forma de boca de pescado para establecer uniones en materiales de sección circular, y nos ayuda a realizar cortes precisos.</p>	 <p><b>Figura 75.</b> Cortadora de tubos, boca de pescado.</p>
<p>Soldadora eléctrica</p>	<p>Mediante un arco eléctrico y con la ayuda de un electrodo sirve para la unión de piezas metálicas mediante la fundición y aportación de material.</p>	 <p><b>Figura 76.</b> Soldadora eléctrica UTW 11801.</p>
<p>Fresadora CNC</p>	<p>Es una máquina para realizar trabajos mecanizados por arranque de viruta mediante el movimiento de una herramienta rotativa de varios filos. Las fresadoras CNC permiten la automatización programable de dichos trabajos.</p>	 <p><b>Figura 77.</b> Máquina fresadora CNC Xk7136c China.</p>

## Diseño de Brazo Basculante para Motocicleta Eléctrica con Motor en la Rueda Posterior

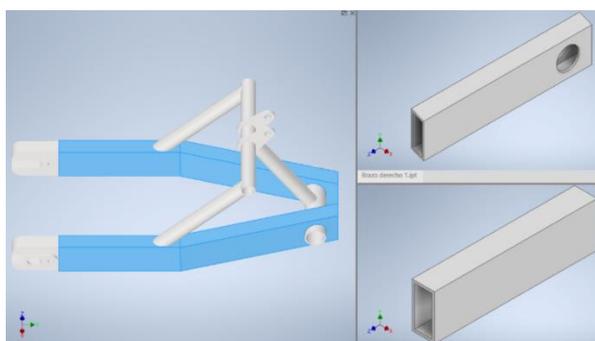
Se utilizarán también las siguientes herramientas:

- Calibrador pie de rey.
- Flexómetro.
- Escuadra.

Para la construcción del brazo basculante se debe preparar una cantidad de piezas que unidas harán el conjunto del prototipo. Primero la fabricación de los brazos del basculante.

**Figura 78.**

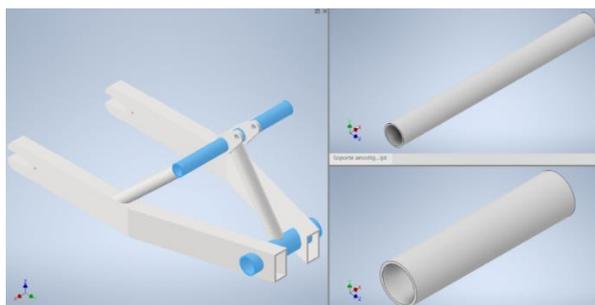
*Conjunto basculante y partes de brazos. Flores, (2020).*



Está compuesto por dos piezas que son unidas entre sí por soldadura, con la tronadora se procede a realizar los cortes con las medidas y ángulos estipulados en los planos de diseño en los anexos del proyecto. Luego con el cortador de tubos con boca de pescado se procede a realizar la perforación del hueco de una de las piezas.

**Figura 79.**

*Conjunto basculante, eje chasis y soporte amortiguador-brazos-chasis. Flores, (2020).*

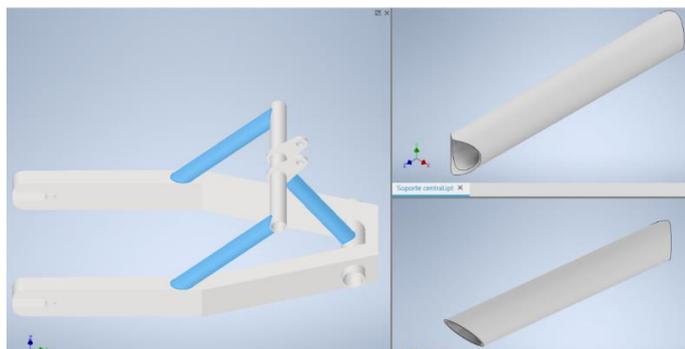


## Diseño de Brazo Basculante para Motocicleta Eléctrica con Motor en la Rueda Posterior

El eje de unión con el chasis y el soporte del amortiguador-brazos-chasis, son tubos circulares de diferentes diámetros, en los cuales se procede a realizar los cortes necesarios con la tronzadora a las medidas específicas.

**Figura 80.**

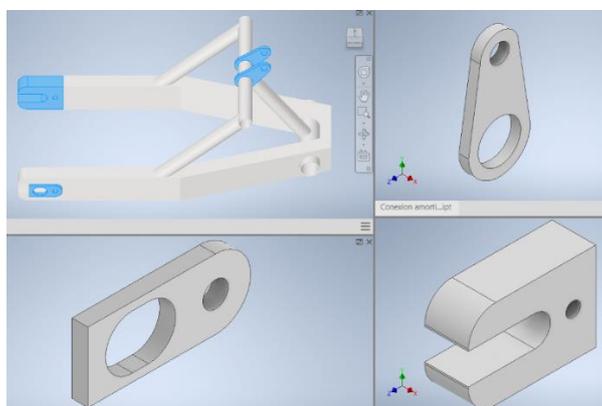
*Conjunto basculante, soporte lateral y soporte central. Flores, (2020).*



Los soportes laterales de los brazos y el soporte central, también son tubos circulares a los cuales, primeramente, se les da su longitud y el corte de ángulo con la tronzadora, para después, con la cortadora de boca de pescado, realizar los cortes circulares en los extremos de cada pieza.

**Figura 81.**

*Conjunto basculante, platina-seguro de eje, platina soporte de eje y platina conexión amortiguador. Flores, 2020.*



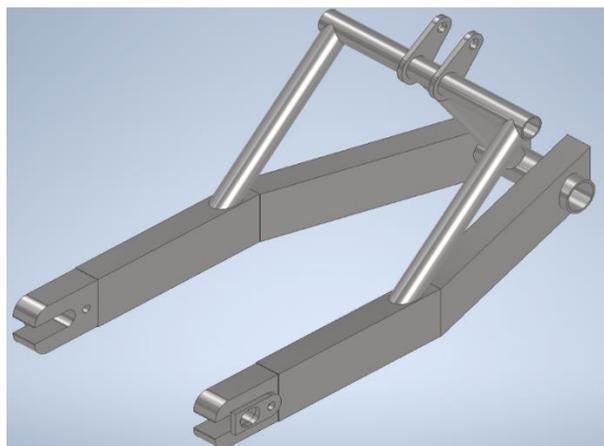
Finalmente, para estas tres piezas se utilizará la fresadora CNC para mecanizar y dar la forma que se requiere; así mismo, en los anexos se encuentran los planos de dichas piezas que servirán al operario de la fresadora para programar el código de proceso de construcción.

## Diseño de Brazo Basculante para Motocicleta Eléctrica con Motor en la Rueda Posterior

Una vez que todas las piezas ya estén fabricadas, se realizará un ensamble de todas las piezas mediante soldadura con el electrodo previamente especificado para el acero ASTM a 36, de este modo se obtendrá el conjunto del prototipo final del brazo basculante.

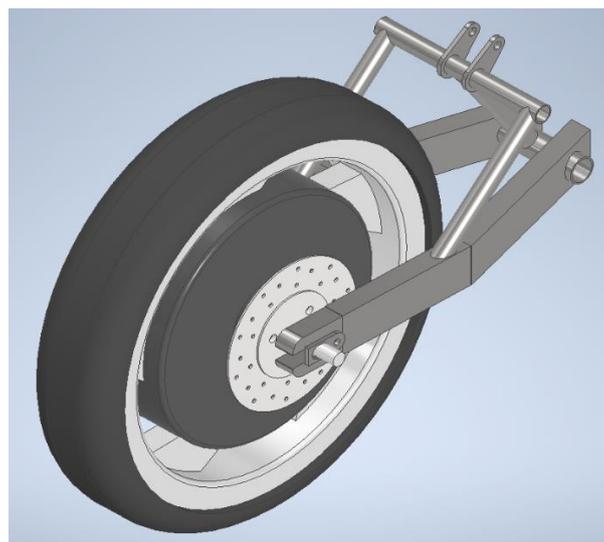
**Figura 82.**

*Ensamble conjunto basculante. Flores, (2020).*



**Figura 83.**

*Ensamble conjunto final y motor eléctrico con neumático. Flores, (2020).*



## Conclusiones

- Es posible realizar el diseño del brazo basculante para una motocicleta eléctrica con motor en la rueda trasera que resista las condiciones de funcionamiento siguiendo los pasos que se plantean en la metodología, realizando un estudio previo a la fabricación.
- Es posible construir el prototipo del brazo basculante con otro material que no sea la aleación de aluminio 6061 T6 ya que no existe en el país el material mencionado; como solución se planteó construir el prototipo con un acero ASTM a36, con características que cumplen con las exigencias y sobre todo que este material está disponible en el país.
- Es posible la construcción ya que existen talleres especializados con la maquinaria necesaria y operarios capacitados para los diferentes procesos de construcción que se realizarán sobre la pieza.
- Se cambió el primer diseño que fue basado en la motocicleta eléctrica Super Soco TC1500, para facilitar el proceso de construcción, ya que no se dispone de todo el material necesario y además de reducir los tiempos y precios de fabricación del prototipo sin afectar la resistencia de la pieza.
- La simulación del prototipo es necesaria para ahorrar tiempo en la validación y certificar que el diseño, los cálculos y el material seleccionado del brazo basculante cumplan con los parámetros exigidos, ya que una validación de prueba y error sería muy costosa y tomaría demasiado tiempo.
- Es necesario realizar el estudio de la pieza a diseñar y fabricar, y no construirla solo por experiencia como se realizan las pocas piezas artesanales fabricadas en el país, ya que al realizar un estudio se hace un análisis de todas las variables que afectaran al prototipo y se podrá diseñar una pieza que resista todas estas fuerzas que serán aplicadas sobre esta.

- El diseño de partes para vehículos híbridos ayudará a desarrollar este sector del campo automotriz dentro del país, lo que además beneficiará en el cuidado del medio ambiente ya que estos vehículos contaminan mucho menos que los vehículos a combustión.
- El diseño del brazo basculante para la motocicleta eléctrica cumple con la hipótesis planteada ya que se podrá diseñar y fabricar una pieza apta para soportar todas las condiciones de uso, por lo que será posible su implementación en la construcción de la motocicleta eléctrica.

### **Recomendaciones**

- Se propone buscar los mejores precios en el mercado en cuestión de materiales, mano de obra y maquinaria para que el proyecto no resulte muy costoso y dificulte su realización.
- Se recomienda construir el prototipo con personal capacitado y materiales certificados para que esta pieza cumpla con las características precedidas en los cálculos y simulaciones que validan su funcionamiento.
- Se sugiere enseñar a realizar simulaciones en otros softwares, ya que existen otros programas mucho más enfocados en simulaciones y cuentan con más pruebas de simulación.
- Se invita a incentivar a los estudiantes de mecánica de la Universidad SEK a realizar más proyectos en el campo de los vehículos híbridos ya que ese es el futuro del sector automotriz.

## Bibliografía

- ABC Noticias. (2018). *Evolución del precio del petróleo* [Gráfica]. Recuperado de [https://www.abc.es/economia/abci-fuerte-caida-precios-petroleo-previsible-aumento-produccion-201805260106\\_noticia.html](https://www.abc.es/economia/abci-fuerte-caida-precios-petroleo-previsible-aumento-produccion-201805260106_noticia.html)
- Araujo, A. (2019). *Alza de tarifas eléctricas busca bajar el subsidio*. Quito: El Comercio. Recuperado de <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/alza-de-tarifas-electricas-busca.html>
- Autopartes. (2020). *Partes del sistema de freno de disco - Motocicleta* [Ilustración]. Recuperado de [https://www.revistaautopartes.co/sistemas-del-vehiculo/ver/?Tx\\_ttnews%5Btt\\_news%5D=99&chash=54031b0be97753e76120cf833500260f](https://www.revistaautopartes.co/sistemas-del-vehiculo/ver/?Tx_ttnews%5Btt_news%5D=99&chash=54031b0be97753e76120cf833500260f)
- Baterías Motocicleta Eléctrica*. (2019). [Fotografía]. Recuperado de <https://www.excelenciasdelmotor.com/automotriz/tips/cinco-consejos-sobre-las-motos-electricas-que-nadie-mas-te-dira>
- Bravo, F. (2016). *Renault Twizy en Galapagos* [Fotografía]. Recuperado de <https://www.eluniverso.com/noticias/2016/01/13/nota/5342140/vehiculos-electricos-prueba-venderse-mayo>
- Burgaleta, P. (2019). *Amortiguador con cámara de gas y depósito de aceite separado* [Ilustración]. Motociclismo. Recuperado de <https://www.motociclismo.es/consejos/mantenimiento/articulo/que-es-como-funciona-amortiguador-gas>
- Burns, J. (2017). *Suspensión conexión por bieletas. Modelo Honda NC7000X* [Fotografía]. Recuperado de <https://www.motorcycle.com/ask-mo-anything/the-missing-linkage.html>

- California Motorcycles. (2017). *Front Suspension* [Ilustración]. Recuperado de <https://california-motorcycles.com/en/blogs/mecanica-harley/suspension-delantera-como-funciona-la-horquilla-telescopica>"
- Cano, E. (2015). *Manillar Motocicleta* [Fotografía]. Recuperado de <https://www.autobild.es/practicos/pasa-itv-moto-sin-problemas-251115>
- Carranza, R., (2004). *Gestión de la calidad del aire. Causas, efectos y soluciones*. Lima: Instituto de Investigación de Ingeniería Industrial.
- Chango, C., (2017). *La contaminación ambiental y sus efectos* (Tesis de pregrado). Universidad de las Américas.
- Componentes principales de un coche eléctrico*. (2016). [Ilustración]. Recuperado de <https://proyectovecc.blogspot.com/2016/11/algunos-datos-sobre-vehiculos-electricos.html>
- Conner, B. (2017). *BMW HP4 Race, Basculante de fibra de carbono* [Fotografía]. Cycle World. Recuperado de <https://www.cycleworld.com/2017-bmw-hp4-race-superbike-motorcycle-review/>
- Contaminación Ambiental*. (2019). [Ilustración]. Recuperado de <http://alexandrarosas.blogspot.com/2010/11/contaminacion-del-suelo.html>
- Cromer, G., (2020). *Motorcycle Vehicle*. Michigan: Enciclopedia Británica [versión electrónica]. Recuperado de: <https://www.britannica.com/technology/motorcycle>
- Cuadro de motocicleta*. (2018). [Fotografía]. Recuperado de <https://www.tvsmotor.com/blog/decoding-the-different-types-of-motorcycle-chassis/>
- EPS Mecánicos. (2019). *Amortiguador de gama alta* [Ilustración]. Recuperado de <https://epsmecanicos.wordpress.com/2018/03/09/suspensiones-de-motocicletas-v-ajustes/>

- EU Regulation. (2012). *Emission standards for light and heavy road vehicles* [Fact sheet]. Suecia. Secretaria de Contaminación del Aire y Clima.
- Faustos, M. (2019). *Vehículos Eléctricos Hanteng en Guayaquil*. [Fotografía]. Recuperado de <https://www.elcomercio.com/actualidad/empresas-oferta-autos-electricos-ecuador.html>
- García, G. (2017). *Las partes de una motocicleta. Prueba de Ruta. España*. Recuperado de <https://www.pruebaderuta.com/las-partes-de-la-motocicleta.php>
- García, G., (2018). *KYMCO supernex, la moto eléctrica deportiva con marcha y sonido. Híbridos y Eléctricos*. Barcelona. Recuperado de <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/motocicletas-electricas/kymco-supernex-moto-electrica-deportiva-marchas-sonido/20181107130540022951.html>
- Grafica Contaminación nox y PM*. (2016). [Grafica]. Recuperado de <http://www.subastas-coches.es/noticias/normativa-euro-6>
- Grosor Cabello, PM 2.5 y PM 10*. (2019). [Ilustración]. Recuperado de <https://lasillarota.com/metropoli/que-son-las-particulas-pm-25-y-por-que-son-mas-daninas-que-el-ozono-contaminacion-cdmx-ozono-incendios/285061>
- Guerrero, H. (2019). *Vista de Ciudad de México*. [Fotografía]. Recuperado de [https://elpais.com/sociedad/2019/05/14/actualidad/1557842830\\_886507.html](https://elpais.com/sociedad/2019/05/14/actualidad/1557842830_886507.html)
- Gutiérrez, D. (2020). *Damon Hypersport: una moto eléctrica con 203 CV, 320 km/h de punta y 320 km de autonomía. Híbridos y Eléctricos*. Recuperado de <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/motocicletas-electricas/damon-hypersport-moto-electrica-203-cv-320-kmh-punta-320-kilometros-autonomia/20200110122445032528>
- Holloway, D. (2014). *Diseño de mecanismo de suspensión trasera flotante para motocicletas de competición* (Tesis de pregrado). Universidad de Sevilla. Sevilla, España.

- Jareño, A. (2013). *Diseño de basculante de una motocicleta de competición y análisis de fatiga* (Tesis de pregrado). Universidad Carlos III de Madrid, Leganés, España.
- Jurado, A. (2014). *Suspensión trasera regulable de una moto de competición: Alternativa full floater*. (Tesis de pregrado). Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial. Bilbao, España.
- León, F., & Salinas, M. (2017). *Implementación y uso de autos eléctricos en el transporte público y su impacto en la red de distribución, Loja 2017* (Tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- López, L. (2013). *Diseño y análisis de un chasis de motocicleta eléctrica* (Tesis de pregrado). Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México.
- MCS. (2017). *Ducati 1325 Marianna Sport* [Fotografía]. Recuperado de: [https://www.motorcyclespecs.co.za/model/Racers/Ducati\\_125\\_Marianna\\_Sport.html](https://www.motorcyclespecs.co.za/model/Racers/Ducati_125_Marianna_Sport.html)
- Méndez, M. (2014). *Bonelli BN600 R*. [Fotografía]. Recuperado de <https://www.formulamoto.es/benelli/bn600/2014/06/17/benelli-bn-600-r-nuevos-tiempos/9207.html>
- Moto1Pro. (2017). *Basculante mono amortiguador* [Ilustración]. Recuperado de <https://www.moto1pro.com/reportajes-motos/tipos-de-basculante-de-moto-monobrazo-o-doble>
- Motocicleta Súper Soco Ts1200R*. (2020). [Fotografía]. Recuperado de <https://www.7worldps.com/tienda/node/5088>
- Motor Eléctrico de 3KW*. [Fotografía]. Recuperado de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/17-inch-3000w-72v-fast-speed-powerful-electric-brushless-dc-motor-for-motorcycle-60765495291.html>
- Motostudent. (2019). *Fuerzas Prueba Estática* [Ilustración]. Recuperado de [http://www.motostudent.com/assets/files/MS1920\\_Regulations\\_V4\\_ESP.pdf](http://www.motostudent.com/assets/files/MS1920_Regulations_V4_ESP.pdf)

- NTE INEN 935. 2016. *Productos Derivados de Petróleo. Gasolina. Requisitos*. Quito: Servicio Ecuatoriano de Normalización. 2015
- Pacheco, M. (01 de abril de 2020). Precio de la gasolina súper bajó 9 centavos en abril del 2020. *El Comercio*. Recuperado de <https://www.elcomercio.com/actualidad/precio-gasolina-super-petroecuador-arch.html>
- Pastor, W. (2012). *Calidad de la Gasolina*. [Ilustración]. Recuperado de <https://www.slideshare.net/wilsonpastormorris/presentacin-calidad-de-gasolina/5>
- Patcona Motos. (2019). *Motocicleta eléctrica Súper Soco TC1500* [Fotografía]. Recuperado de <https://pataconamotos.com/modelos/tc-50/>
- Patente Bicicleta Eléctrica 1895*. (2014). [Fotografía]. Recuperado de <https://www.100cia.site/index.php/fisica/item/12679-quien-invento-las-bicicletas-electricas>
- Pérez, A. (2018). *Motocicleta Eléctrica Eride*. [Fotografía]. Recuperado de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/1/una-marca-ecuatoriana-fabrica-motos-electricas>
- Precios al consumidor de productos petrolíferos España. (2020). *Diario Expansión*. Recuperado de: <https://datosmacro.expansion.com/energia/precios-gasolina-diesel-calefaccion/espana>
- Publimotos. (2019). *ABC de las motos eléctricas*. Colombia. Recuperado de <https://www.publimotos.com/mtips/87-motos-electricas/2674-abc-de-las-motos-electricas>
- Revista Moto. (2017). *Carenado de Motocicleta* [Fotografía]. Recuperado de [https://revistamoto.com/wp\\_rm/conoce-que-es-el-carenado-en-las-motos/](https://revistamoto.com/wp_rm/conoce-que-es-el-carenado-en-las-motos/)
- Rodiauto. (2017). *Tipos de amortiguadores con gas* [Ilustración]. Recuperado de <https://www.rodiautosport.es/blog/amortiguadores-deportivos/>

- Román, D. (2018). *Diseño y fabricación de un basculante para una motocicleta de competición* (Tesis de pregrado). Universidad Pontificia Comillas. Madrid, España.
- Santana, V. (2016). *Análisis de la implantación del uso de vehículos eléctricos como aporte al cambio de la matriz productiva y su impacto en la no utilización de combustibles fósiles en el Ecuador* (Tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.
- Sarmiento, J., & Delgado J. (2009). *Diseño y construcción de una motocicleta deportiva* (Tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia.
- Schleider, P. (2018). Amortiguadores traseros motocicleta [Fotografía]. Recuperado de <https://engieapp.com/es/que-funcion-desempenan-los-amortiguadores/>
- Sector automotor de Ecuador prevé cumplir norma Euro 3 para septiembre. (29 de mayo de 2017). *El Universo*. Recuperado de <https://www.eluniverso.com/noticias/2017/05/29/nota/6204976/sector-automotor-preve-cumplir-norma-euro-3-septiembre>
- Sorgato, V. (10 de junio de 2016). Seis urbes en Ecuador se exceden en contaminación ambiental, según OMS. *El Comercio*. Recuperado de <https://www.elcomercio.com/tendencias/ciudades-ecuador-polucion-enfermedades-contaminacion.html>
- Súper Soco. (2019). Brazo basculante Súper Soco TC1500 [Ilustración]. Recuperado de <http://www.supersoco.com/second-phase/en/details-ts-technology.php>
- Súper Soco. (2019). *Brazo basculante y amortiguador trasero Súper Soco TC1500* [Ilustración]. Recuperado de <http://www.supersoco.com/second-phase/en/details-ts-technology.php>
- Talleres BMW (2015). *Orígenes de las motocicletas BMW* [Ilustración]. Recuperado de <https://elventa.com/historia-de-la-primera-moto-bmw>

- Tarifaluzhora. (2020). *Precio del kwh en España en 2020*. Madrid, España. Recuperado de <https://tarifaluzhora.es/info/precio-kwh>
- Tecniseguros. (2018). *Estadísticas Sorprendentes de Autos en Ecuador*. Quito, Ecuador. Recuperado de <https://www.tecniseguros.com.ec/blog/vehiculos/estadisticas-de-autos/>
- Toll, M. (2019). *KYMCO supernex* [Fotografía]. Recuperado de <https://electrek.co/2019/03/23/kymco-supernex-electric-motorcycle-noodoe/>
- Torres, J. (2015). Estudio de viabilidad en la implementación de vehículos eléctricos en la ciudad de Cuenca (Tesis de Pregrado). Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca, Ecuador.
- Twenergy. (2019). *¿Cuántos kilómetros dura la batería de una moto eléctrica?* España. Recuperado de: <https://twenergy.com/sostenibilidad/movilidad-sostenible/hasta-donde-puedo-llegar-con-mi-moto-electrica-2796/>
- Velázquez, M. (2012). *Propuesta de un basculante y sistema de suspensión para una moto de competencia* (Tesis de pregrado). Universidad Calos III de Madrid. Leganés, España.
- Vivelendurance. (2019). *Honda ELF E, el laboratorio con ruedas*. Recuperado de <https://vivelendurance.wordpress.com/2019/01/16/honda-elf-e-el-laboratorio-con-ruedas/>
- World Health Organization. (2018). *Ambient (outdoor) air pollution* [Fact sheet]. Recuperado de [https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- World Wide Fund for Nature. (2016). *Tipología de Vehículos Eléctricos* [Ilustración]. Recuperado de <http://www.energiaysociedad.es/manenergia/4-1-por-que-el-vehiculo-electrico/>
- Yamaha. (2015). *Yamaha FJ1100 1985* [Fotografía]. Recuperado de [http://www.fj1100.it/content/history/index.php?Lng=ENG"](http://www.fj1100.it/content/history/index.php?Lng=ENG)

## Diseño de Brazo Basculante para Motocicleta Eléctrica con Motor en la Rueda Posterior

Yamahaparts. (2016). *Suspensión conexión directa, Modelo Yamaha XJR 1300* [Fotografía].

Recuperado de <https://www.yamahapart.com/part5rearsuspension>

Zumbado, R. (2015). *Autos Eléctricos*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.

## Anexos

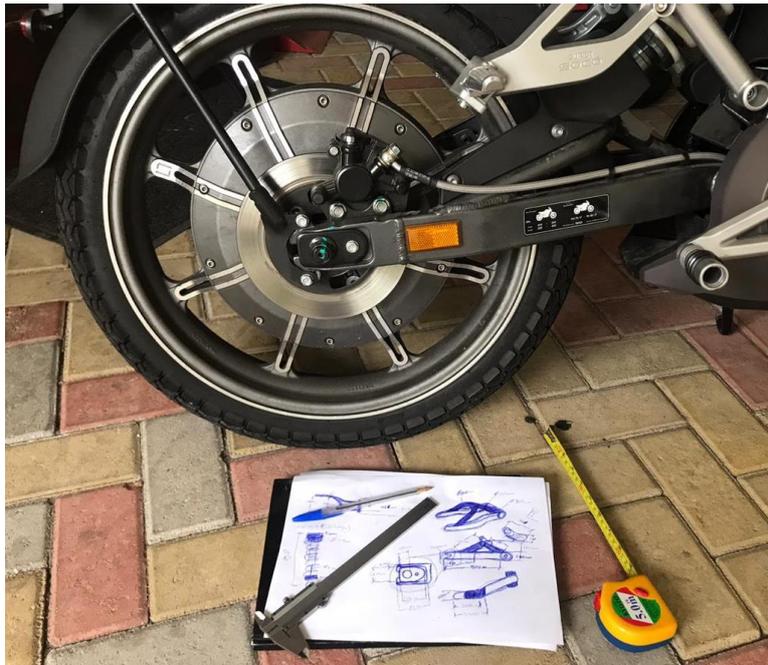


Anexo 1. Toma de pesos y medidas de la motocicleta en plano inclinado.



Anexo 2. Toma de pesos de la motocicleta en plano inclinado.

## Diseño de Brazo Basculante para Motocicleta Eléctrica con Motor en la Rueda Posterior



Anexo 3. Diseño y toma de medidas del brazo basculante de la motocicleta Super Soco TC1500.



Anexo 4. Motocicleta eléctrica Super Soco TC1500 usada de referencia.

## Diseño de Brazo Basculante para Motocicleta Eléctrica con Motor en la Rueda Posterior



Anexo 5. Motor eléctrico de rueda posterior QSMOTOR.



Anexo 6. Motor eléctrico de rueda posterior QSMOTOR 2.

## Diseño de Brazo Basculante para Motocicleta Eléctrica con Motor en la Rueda Posterior

• MOTOR	• DIMENSIONES Y CAPACIDAD
<ul style="list-style-type: none"> <li>-POTENCIA MÁXIMA: 3000 W</li> <li>-TIPO DE MOTOR: MOTOR ELÉCTRICO DE LA RUEDA TRASERA</li> <li>-FABRICANTE: BOSCH ®</li> <li>-CONTROLADOR: CAMPO DE CONTROL DE GUIADO (FOC)</li> <li>-MÁX TORQUE: 150 Nm, 550rpm</li> <li>-INCLINACIÓN MÁXIMA ES APROXIMADAMENTE 17° DURANTE EL ARRANQUE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-LONGITUD: 1.926 mm</li> <li>-ANCHURA: 710 mm</li> <li>-ALTURA: 1.100 mm</li> <li>-DISTANCIA ENTRE EJES: 1.320 MM</li> <li>-ALTURA DEL ASIENTO: 770 MM</li> <li>-ASIENTO: 2 (CONDUCTOR Y ACOMPAÑANTE)</li> <li>-LA DISTANCIA MÍNIMA (EN EL SUELO): 198 MM</li> <li>-NEUMÁTICO DELANTERO: 90/80 - 17 PULGADAS</li> <li>-NEUMÁTICO TRASERO: 110/70 - 17 PULGADAS</li> <li>-CARGA MÁXIMA: ALREDEDOR DE 170 KG</li> </ul>
• BATERÍA	
<ul style="list-style-type: none"> <li>-BATERÍA: 1 BATERÍA PANASONIC</li> <li>-PESO DE LA BATERÍA: 11 KG</li> <li>-TIPO DE BATERÍA: CELDA DE LITIO, CON ALTA CAPACIDAD 3240wh</li> <li>-CICLOS: 1200</li> <li>-FUENTE DE ALIMENTACIÓN: 60V</li> <li>-CAPACIDAD: 30 Ah (BATERÍA)</li> <li>-CARGA: HORAS 5H-6H</li> <li>-CARGADOR: 110V 60V / 4 AH</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-VELOCIDAD: 75 km/h</li> <li>-VELOCIDAD: 3 DIGITAL DE LA VELOCIDAD</li> <li>-PESO: 84KG</li> <li>-NEUMÁTICO: SIN CÁMARA 110 / 70-17</li> <li>-FRENOS: DE DISCO DELANTERO (240 MM) Y EL DISCO TRASEROS (180 MM)</li> <li>-ILUMINACIÓN LED: FARO, LUCES TRASERAS, LAS LUCES DE SEÑAL DE VUELTA</li> <li>-WIRELESS KEY: 2 PIEZAS, COMANDO DE BLOQUEO REMOTO CON ANTIRROBO / ALARMA</li> </ul>

### Anexo 7. Ficha técnica Motocicleta eléctrica Super Soco TC1500.

- Versión V2
- Potencia máxima: 8000 W
- Voltaje: 96 V
- Amperaje: 51 A
- Tamaño de rueda: 17 pulgadas x 3.5 pulgadas
- Torque: 30-290 N.m
- Velocidad: 60-140 km/h
- Peso: 25 kg

### Anexo 8. Ficha técnica motor eléctrico QSMOTOR.

Componente	Contenido (wt.%)
Aluminium	Balance
Magnesium	0.8-1.2
Silicon	0.4 - 0.8
Iron	Max. 0.7
Copper	0.15-0.40
Zinc	Max. 0.25
Titanium	Max. 0.15
Manganese	Max. 0.15
Chromium	0.04-0.35

### Anexo 9. Composición de la aleación de aluminio 6061 T6.

## Diseño de Brazo Basculante para Motocicleta Eléctrica con Motor en la Rueda Posterior

Temple	Ult. Fuerza tensil (MPa)	0.2% Prueba de estrés (MPa)	Dureza Brinell (500kg carga, 10mm bola)
O	110-152	65-110	30-33
T1	180	95-96	
T4	179 min	110 min	
T6	260-310	240-276	95-97

### Anexo 10. Propiedades mecánicas de la aleación de aluminio 6061.

Propiedades Mecánicas		Notas
Resistencia a la tracción, MPa (psi)	400-550 (58-80)	Placas de acero, formas y barras
Limite elastico (Esfuerzo de fluencia), MPa (ksi), ≥	250 (36)	Espesor ≤ 200mm (8 pulg.)
	220 (32)	Espesor de placas de acero > 200mm (8 pulg.)
Elongación, %, ≥	20	Placas y barras en 200 mm (8 pulg.)
	23	Placas y barras en 50 mm (2 pulg.)
Dureza Brinell, HBW	119-162	-
Módulo de elasticidad, GPa (ksi)	200 (29×10 <sup>3</sup> )	-

### Anexo 11. Propiedades mecánicas del Acero ASTM a36.

Acero	C	Si	Mn	P	S	Cu
ASTM A36	0.26	0.40	no requirement	0.04	0.05	0.20

### Anexo 12. Composición química del Acero ASTM a36.

**PERNO DE ACERO NEGRO CABEZA HEXAGONAL**

**PERNO DE ACERO NEGRO CABEZA HEXAGONAL**

TIPO DE CABEZA:

FAMILIA: 8C  
MEDIDAS: PULGADAS  
TIPO DE ROSCA: GRUESA  
MATERIAL: ACERO NEGRO GRADO 8.8  
HILO: ESTÁNDAR

CÓDIGO: FAMILIA 8C    VENTA: UNIDAD

**NOMENCLATURA DE CÓDIGO**

8C2510

Grado    Tipo de rosca    Longitud    Diámetro

D= Diámetro del Perno  
L= Longitud del Perno

CÓDIGO:	DIÁMETRO:	LONGITUD:	MÁSTER (UNI)
8C2510	1/4"	1"	3 UNI.
8C2515	1/4"	1 1/2"	2 UNI.
8C2520	1/4"	2"	1.5 UNI.
8C2525	1/4"	2 1/2"	1.2 UNI.
8C2530	1/4"	3"	800 UNI.
8C3115	5/16"	1 1/2"	1.4 UNI.
8C3125	5/16"	2 1/2"	800 UNI.
8C3130	5/16"	3"	600 UNI.
8C3135	5/16"	3 1/2"	600 UNI.
8C3140	5/16"	4"	540 UNI.
8C3145	5/16"	4 1/2"	500 UNI.
8C3845	3/8"	4 1/2"	300 UNI.
8C3850	3/8"	5"	210 UNI.
8C3860	3/8"	6"	240 UNI.
8C4310	7/16"	1"	700 UNI.
8C4330	7/16"	3"	500 UNI.
8C4335	7/16"	3 1/2"	300 UNI.
8C4345	7/16"	4 1/2"	300 UNI.
8C50175	1/2"	3/4"	500 UNI.

### Anexo 13. Especificaciones Perno acero negro de cabeza hexagonal.

# Diseño de Brazo Basculante para Motocicleta Eléctrica con Motor en la Rueda Posterior

## CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- Revestimiento básico con alto contenido de hierro y de alto rendimiento.
- Arco estable de fácil encendido y escasa salpicadura.
- Depósitos de muy buena apariencia con escoria de fácil remoción.

## APLICACIONES TÍPICAS

- Soldadura de aceros al carbono y baja aleación con resistencia a la tracción hasta 90 Ksi
- Soldadura de aceros API 5LX Gr. X70 y X80
- Soldadura de aceros para recipientes a presión de los tipos ASTM: A612; A724 Gr. A, B, C; A738 y sus similares

## POSICIONES DE SOLDADURA

Todas, excepto vertical descendente.

## NORMAS

AWS A5.5: E9018-G  
ASME SFA-A5.5: E9018-G

## DIÁMETROS / EMPAQUE

Diámetro		Longitud (mm)	Bolsa 5 kg. Caja master 20 kg	Bolsa 5 kg. Caja Master 10 kg.
(mm)	(pulg)			
3,25	1/8	350	G9018G-18020	G9018G-18010 G9018G-53210 G9018G-31610
4,00	5/32	350		
5,00	3/16	350		

## PROPIEDADES MECÁNICAS. (VALORES TÍPICOS)

	Esfuerzo de Fluencia	Resistencia a la Tracción	Alargamiento	Impacto
Requerimientos AWS E9018-G	589 N/mm <sup>2</sup> (74 ksi)	717 N/mm <sup>2</sup> (93 ksi)	23%	No Requiere

## COMPOSICIÓN QUÍMICA. (VALORES TÍPICOS)

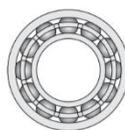
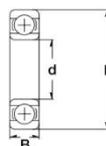
	%C	%Mn	%Si	%S	%Ni	%Cr
Requerimientos AWS E9018-G	0,07%	1,63%	0,86%	0,01%	1,25%	0,47%

## PROCEDIMIENTOS TÍPICOS DE OPERACIÓN

Polaridad	Corriente (Amps)		
	3,25 mm	4,00 mm	5,00 mm
C.A / C.C (+)	100-140	130-190	180-250

Anexo 14. Características Electrodo E9018 G.

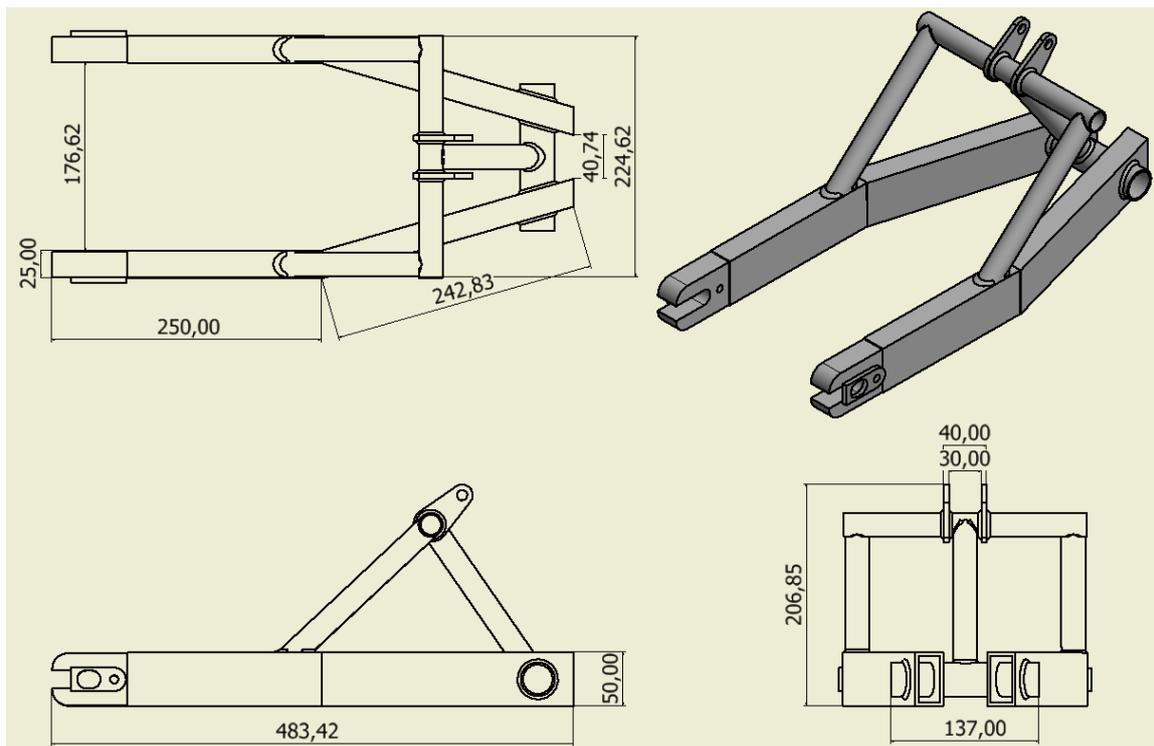
## Rodamientos Rígidos de Bolas



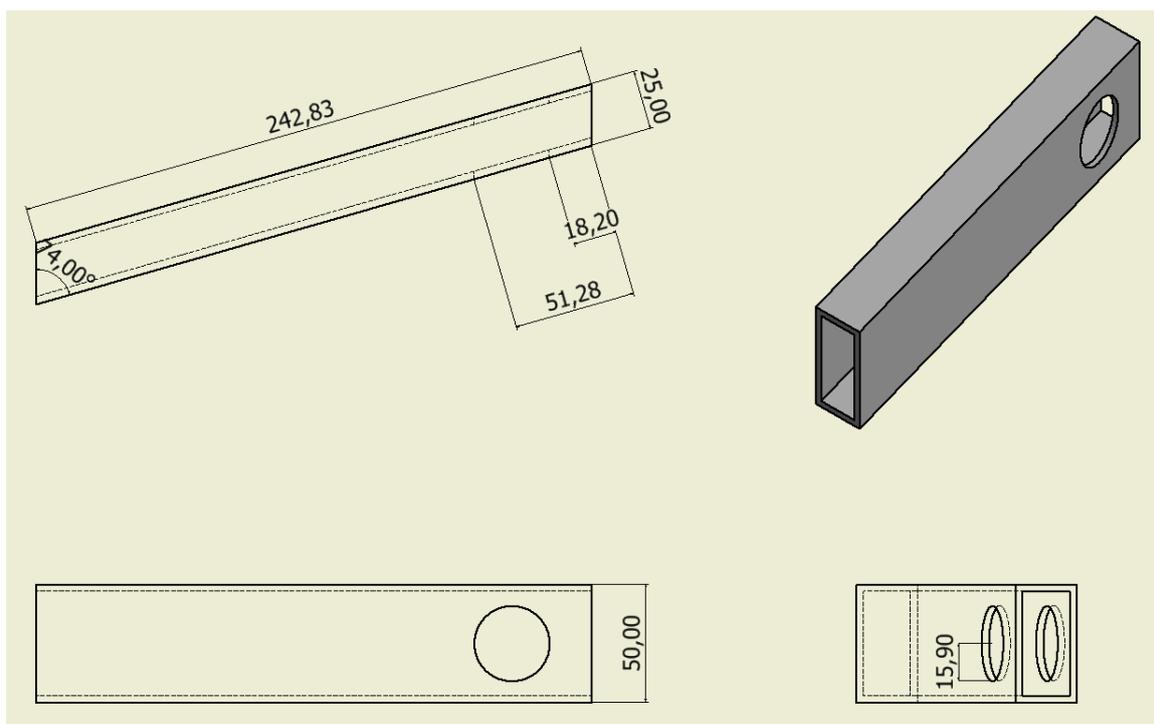
standard or flanged	Dimension (mm)			Designation/Type			* Load Rating		* Limiting Speed x1000rpm (open & 2Z) Grease	Weight (g) approx.
	d	D	B	Open	2Z		C, dyn. N	C, stat. N		
				Chrome Steel	Chrome Steel	Chrome Steel				
standard	10.0	26.0	8.0	6000	6000-2Z	6000-2RS	4550	1970	30.0	18 g
flanged	10.0	26.0	8.0	F 6000	F 6000-2Z	F 6000-2RS	4550	1970	30.0	20 g
standard	10.0	28.0	8.0	16100	16100-2Z	16100-2RS	4620	1960	28.0	22 g
standard	12.0	28.0	7.0	16001	16001-2Z	16001-2RS	4650	1980	27.0	22 g
standard	10.0	30.0	9.0	6200	6200-2Z	6200-2RS	5100	2390	24.0	32 g
standard	10.0	30.0	14.0	-	-	62200-2RS	5070	2360	17.0	40 g
standard	10.0	35.0	11.0	6300	6300-2Z	6300-2RS	8100	3450	22.0	52 g

Anexo 15. Dimensiones Rodamientos rígidos de bolas.

Anexos de planos

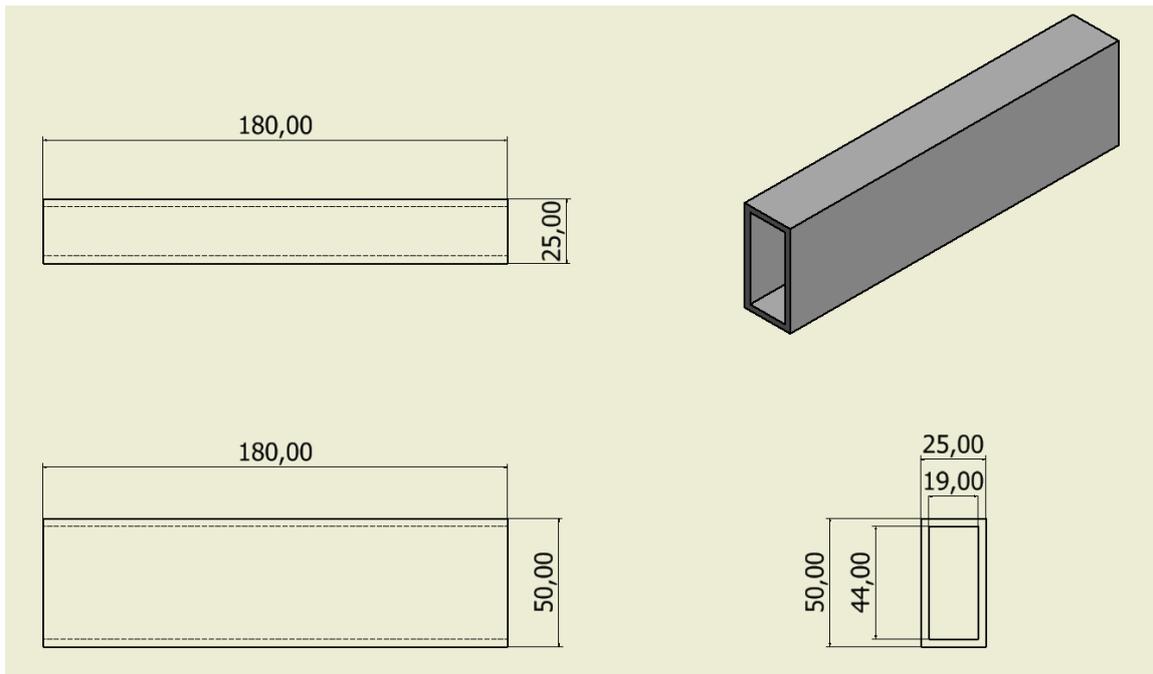


Anexo 16. Plano conjunto brazo basculante.

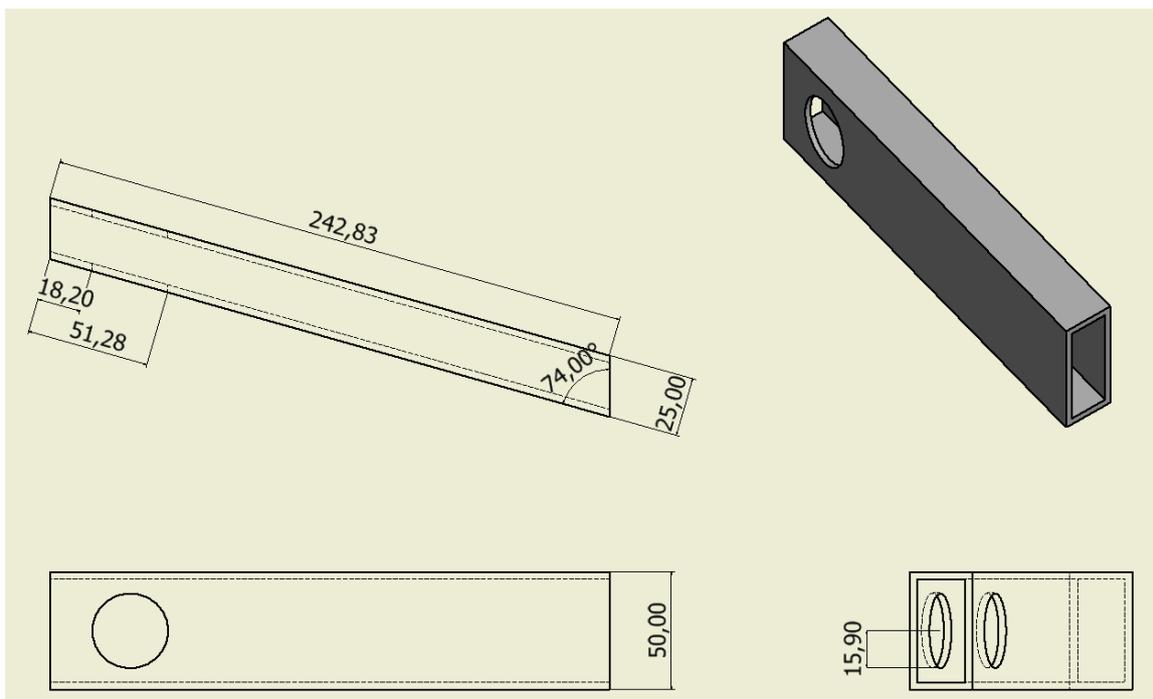


Anexo 17. Plano brazo derecho 1.

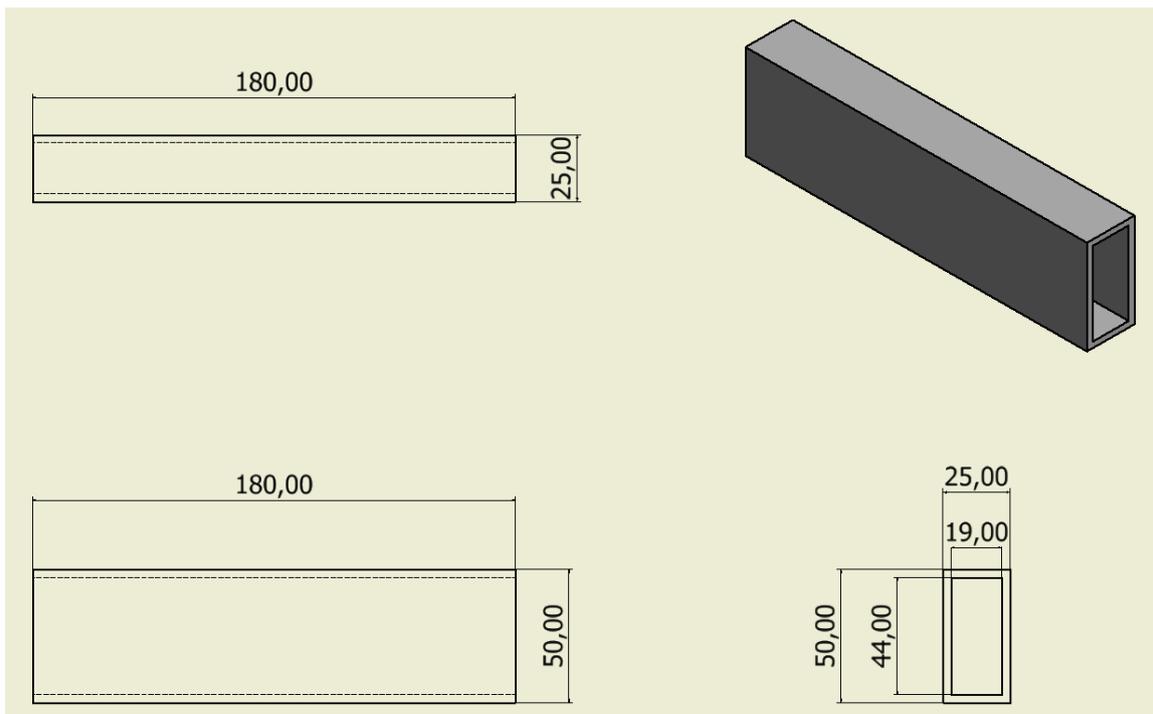
# Diseño de Brazo Basculante para Motocicleta Eléctrica con Motor en la Rueda Posterior



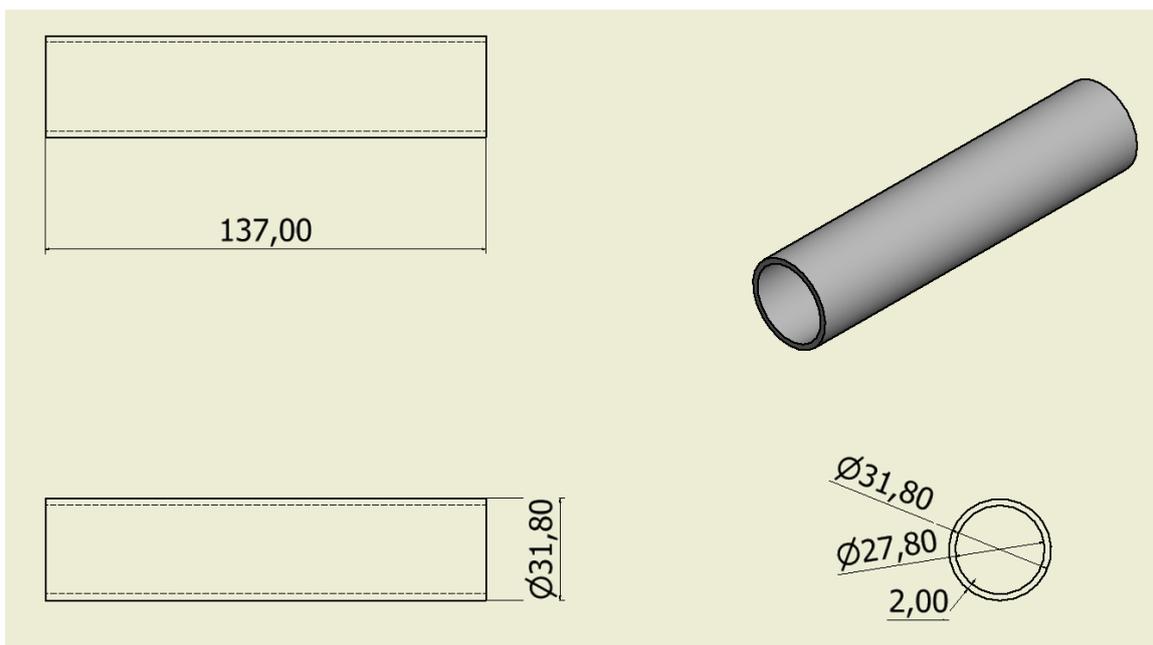
Anexo 18. Plano brazo derecho 2.



Anexo 19. Plano brazo izquierdo 1.

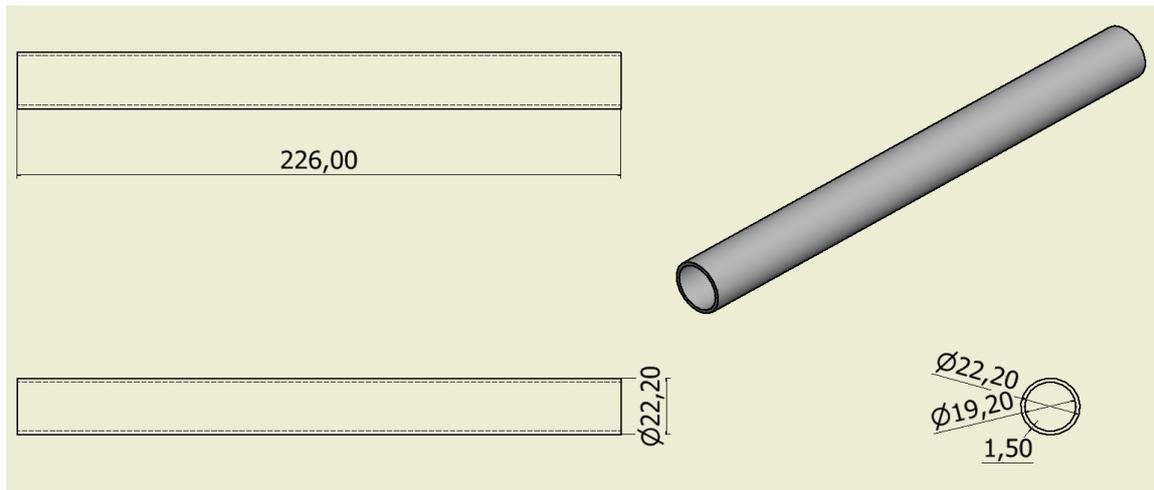


Anexo 20. Plano brazo izquierdo 2.

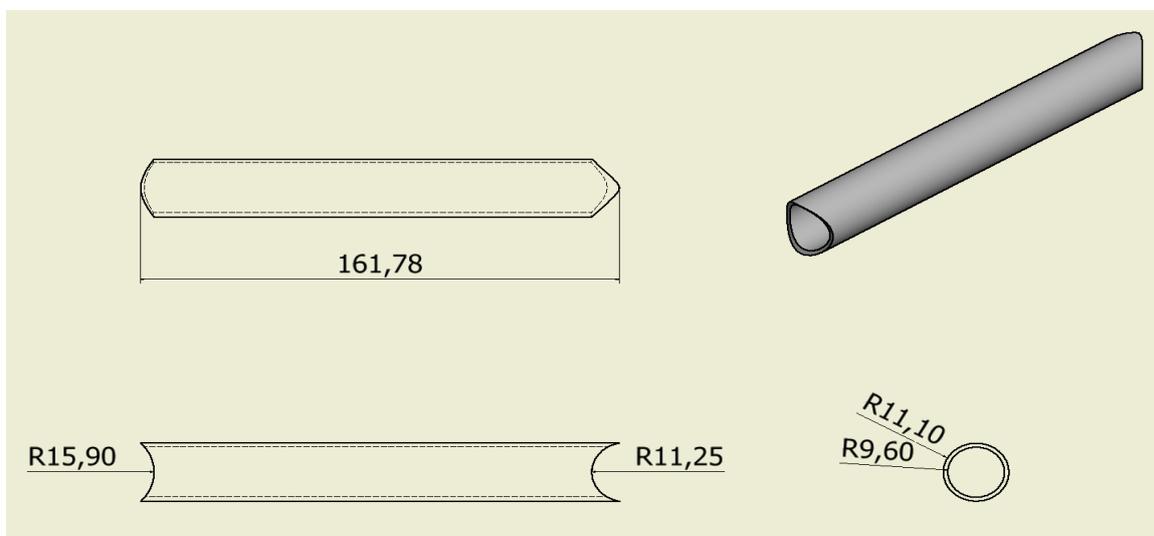


Anexo 21. Plano eje chasis-basculante.

# Diseño de Brazo Basculante para Motocicleta Eléctrica con Motor en la Rueda Posterior

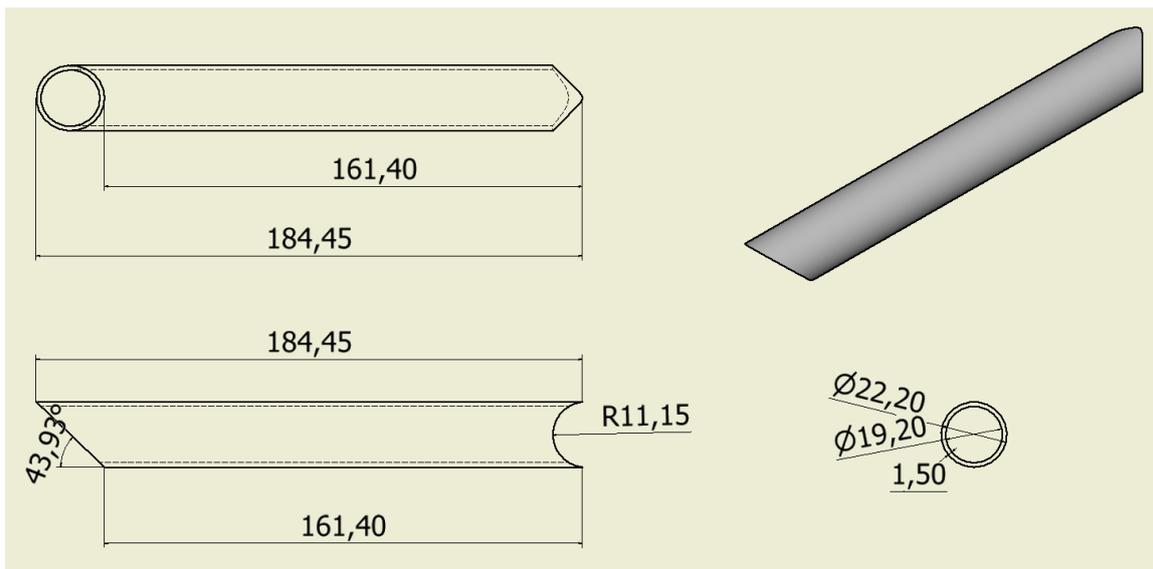


Anexo 22. Plano soporte amortiguador-brazos-eje.

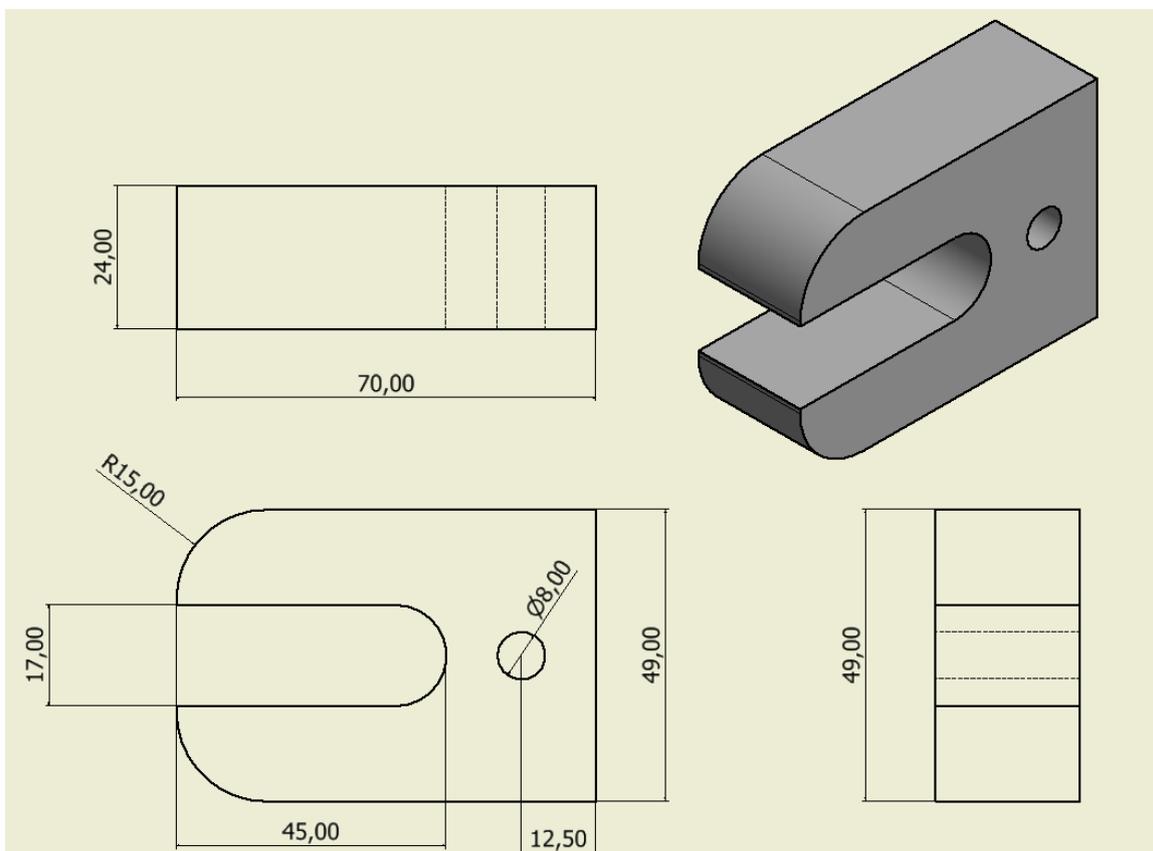


Anexo 23. Plano soporte central.

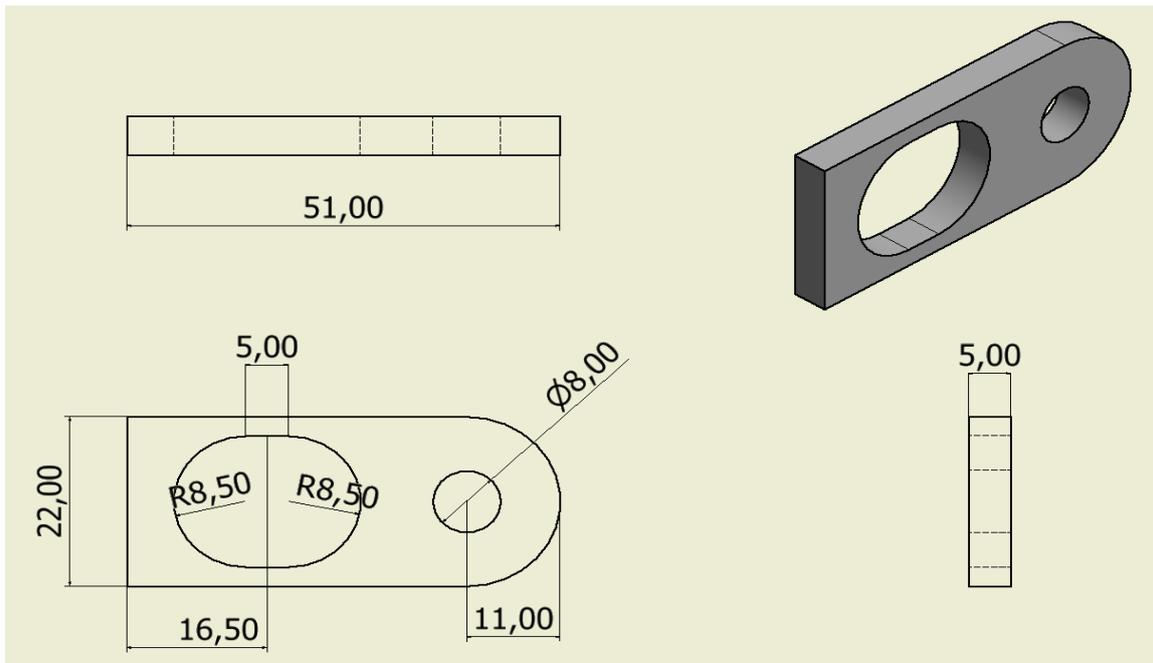
Diseño de Brazo Basculante para Motocicleta Eléctrica con Motor en la Rueda Posterior



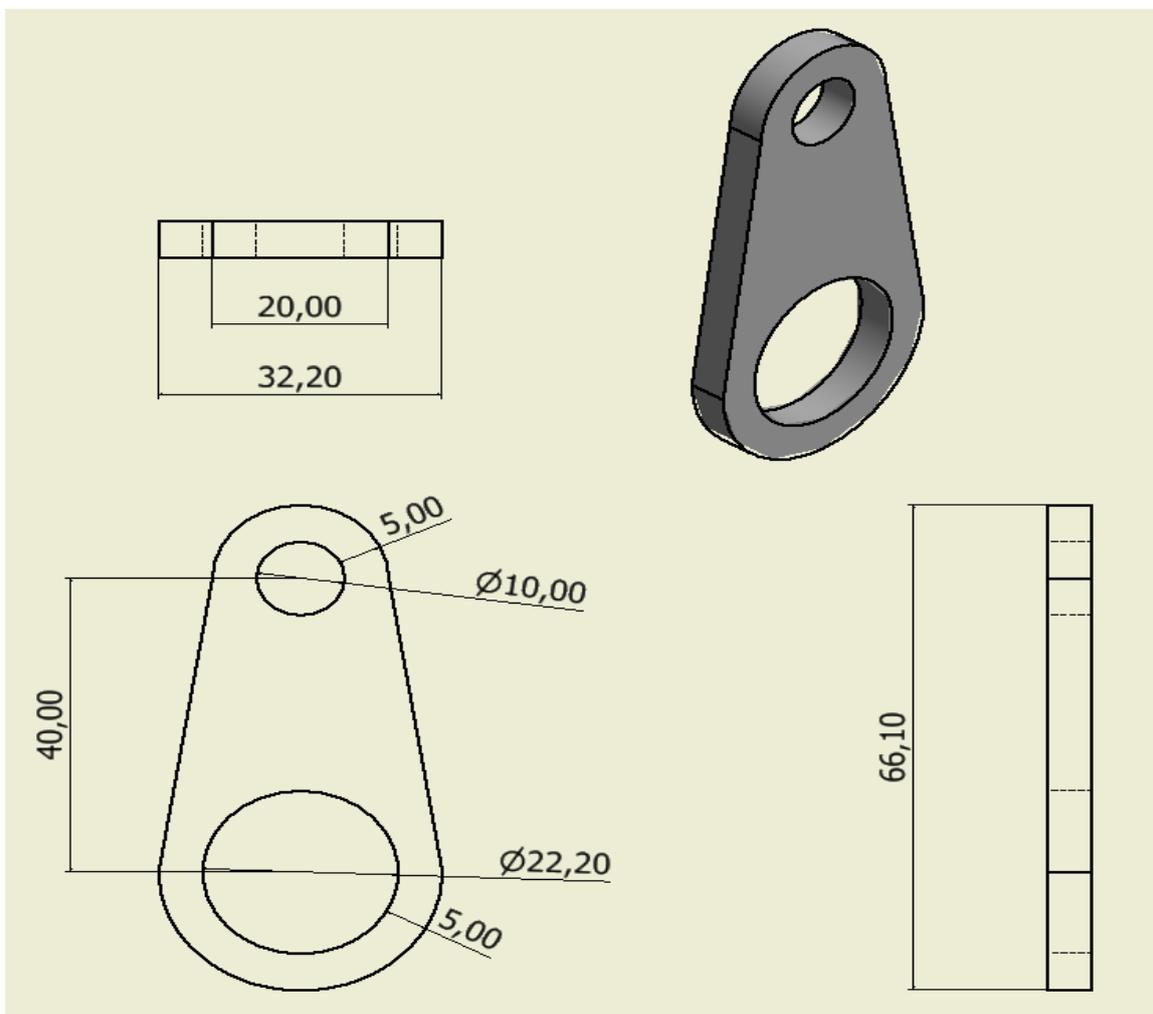
Anexo 24. Plano soporte lateral.



Anexo 25. Plano platina eje de rueda.



Anexo 26. Plano platina de seguro de eje.



Anexo 27. Plano platina conexión de amortiguador.