

DISEÑO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA DE BAJO COSTO QUE CUMPLA  
CON LAS FUNCIONES BÁSICAS DE USO

ANDRÉS MAURICIO TÉLLEZ HERNÁNDEZ

ROBERT JOSÉ MARTÍNEZ PÉREZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA FISICOMECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA

2021

DISEÑO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA DE BAJO COSTO QUE CUMPLA  
CON LAS FUNCIONES BÁSICAS DE USO

ANDRÉS MAURICIO TÉLLEZ HERNÁNDEZ  
ROBERT JOSÉ MARTÍNEZ PÉREZ

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero mecánico

Director:

RICARDO ALFONSO JAIMES ROLÓN  
MSc. en Ingeniería Mecánica

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICOMECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA

2021

## Dedicatoria

Doy gracias a Dios que siempre cuida mis pasos y me llena de sus infinitas bendiciones

Dedico este proyecto de grado a mis padres y hermanas,  
que son mi motor y me dan la seguridad de que todo estará mejor,

A mi hermano Kevin Tellez que amo con todo mi corazón

A mi abuela María que siempre confió en mí y me acompañó con sus oraciones.

Doy gracias a todas las personas que hicieron parte en mi proceso,

a mi amigo José, mis tíos y abuelos,

A mi tía y amiga Ginet Tellez que llevo en el corazón  
y me ha acompañado en los momentos que he flaqueado,

A mi abuelo Napo que en cielo esta.

*Andrés Mauricio Tellez Hernández*

## Dedicatoria

A Dios,

A mis padres José María Martínez y Julia Pérez,  
a mis hermanas Katy y Vivian, y al amor de mi vida Diosabeth  
las personas que me han inspirado a ser mejor cada día y  
me brindaron todo el apoyo en esta etapa de pregrado.

A todas estas personas que más amo  
A mis amigos, por estar en los buenos y malos momentos,  
a nuestro director de proyecto el profesor Ricardo  
por brindar su conocimiento y guiarnos durante este proceso.

*Robert José Martínez Pérez*

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>17</b>
<b>1. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA</b> .....	<b>18</b>
<b>2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	<b>20</b>
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	<b>22</b>
<b>3.1 OBJETIVO GENERAL</b> .....	<b>22</b>
<b>3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	<b>22</b>
<b>4. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>24</b>
<b>4.1 ESTADO DEL ARTE</b> .....	<b>24</b>
4.1.1 Evolución de las motocicletas eléctricas. ....	24
4.1.2 Vehículos eléctricos en Colombia. ....	25
4.1.3 Impactos ambientales y comparación de costos en los vehículos. ....	25
<b>4.2 DEFINICIÓN Y TIPOS DE MOTOCICLETAS</b> .....	<b>27</b>
<b>4.3 SISTEMAS EN UNA MOTOCICLETA</b> .....	<b>28</b>
4.3.1 Chasis. ....	28
4.3.1.1 Simple cuna cerrada. ....	29
4.3.1.2 Simple cuna abierto o interrumpida. ....	29
4.3.1.3 Simple cuna desdoblado. ....	29
4.3.1.4 Doble cuna. ....	29
4.3.1.5 Multitubular. ....	30
4.3.1.6 Monocasco. ....	30
4.3.2 Sistema de propulsión. ....	30
4.3.2.1 Motor eléctrico. ....	30
4.3.3 Transmisión. ....	36
4.3.3 Sistema eléctrico, electrónico y de mando. ....	37
4.3.3.1 Baterías. ....	38
4.3.4 Sistema de freno. ....	40
4.3.4.1 Frenos de disco. ....	40

4.3.4.2 Frenos de tambor.....	41
4.3.5 Sistema de suspensión delantera: tipo horquilla telescópica.....	42
4.3.6 Sistema de suspensión trasera.....	43
4.3.6.1 Mono-shock. ....	44
4.3.6.2 Basculante dos brazos (amortiguadores gemelos). ....	45
4.3.6.3 Basculante mono brazo (un solo amortiguador). ....	46
<b>5. SELECCIÓN GENERAL DE LAS ALTERNATIVAS DE LOS SISTEMAS. ....</b>	<b>47</b>
<b>5.1 SELECCIÓN DEL CHASIS .....</b>	<b>47</b>
<b>5.2 SELECCIÓN DEL MOTOR ELÉCTRICO.....</b>	<b>48</b>
<b>5.3 SELECCIÓN DE BATERÍA.....</b>	<b>49</b>
<b>5.4 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE FRENOS.....</b>	<b>49</b>
<b>5.5 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN DELANTERA .....</b>	<b>50</b>
<b>5.6 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN TRASERA .....</b>	<b>51</b>
<b>6. DISEÑO PRELIMINAR.....</b>	<b>52</b>
<b>6.1 ELECCIÓN DE LAS RUEDAS.....</b>	<b>52</b>
<b>6.2 PARÁMETROS GEOMÉTRICOS .....</b>	<b>54</b>
6.2.1 Angulo de lanzamiento. ....	55
6.2.2 Avance.....	55
<b>6.3 GEOMETRÍA INICIAL.....</b>	<b>56</b>
<b>6.4 ESTUDIO ERGONÓMICO .....</b>	<b>57</b>
6.4.1 Análisis antropométrico.....	57
6.4.2 Posición de pie.....	60
6.4.3 Posición sedente.....	61
6.4.4 Dimensiones generadas por análisis ergonómico.....	64
<b>6.5 DISEÑO CONCEPTUAL .....</b>	<b>64</b>
6.5.1 Primer diseño.....	64
6.5.2 Segundo diseño.....	65
6.5.3 Tercer diseño.....	66
6.5.4 Selección del diseño.....	66

<b>7. FASE DE DISEÑO DE DETALLE DE LA MOTOCICLETA ELECTRICA.....</b>	<b>68</b>
<b>7.1 DISEÑO DEL CHASIS .....</b>	<b>68</b>
7.1.1 Elección del material.....	68
7.1.2 Método de unión. ....	70
7.1.3 Factor de seguridad. ....	74
7.1.4 Modelos CAD.....	75
7.1.5 Consideraciones para simulación. ....	79
7.1.6 Resultados de análisis estático estructural. ....	83
7.1.6.1 Resultados de esfuerzos.....	83
7.1.6.1.1 Resultado de deformaciones .....	84
7.1.6.3 Resultados del factor de seguridad.....	85
<b>7.2 SISTEMA DE SUSPENSIÓN .....</b>	<b>86</b>
7.2.1 Suspensión trasera. ....	87
7.2.1.1 Diseño del basculante.....	87
7.2.2 Suspensión delantera y sistema dirección. ....	88
<b>7.3 SISTEMA DE POTENCIA .....</b>	<b>90</b>
7.3.1 Cálculo de potencia requerida por la motocicleta .....	90
7.3.1.1 Resistencia por rodadura.....	92
7.3.1.2 Resistencia por pendiente.....	94
7.3.1.3 Resistencia por inercia.....	94
7.3.1.4 Resistencia aerodinámica. ....	95
7.3.2 Resultados de la potencia requerida.....	96
7.3.2 Motor eléctrico. ....	99
7.3.3 Controlador. ....	100
7.3.4 Batería .....	101
<b>7.4 SISTEMA DE FRENADO .....</b>	<b>102</b>
7.4.1 Consideraciones del frenado .....	102
7.4.1.1 Esfuerzo de frenado.....	102
7.4.1.2 Distancia mínima de frenado. ....	102
7.4.1.3 Coeficiente de fricción dinámica. ....	102

7.4.2 Cálculos de frenado.....	103
7.4.2.1 Freno de disco trasero. ....	103
7.4.2.2 Freno de tambor delantero.....	105
<b>7.5 PARTES Y ACCESORIOS DE LA MOTO ELÉCTRICA.....</b>	<b>108</b>
<b>8. MODELO A ESCALA.....</b>	<b>111</b>
<b>9. ANÁLISIS ECONÓMICO EN COMPARACIÓN CON OTRAS MOTOS ELÉCTRICAS.....</b>	<b>117</b>
<b>10. MANUAL BÁSICO DE USO Y CUIDADO .....</b>	<b>120</b>
<b>11. CONCLUSIONES.....</b>	<b>127</b>
<b>12. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>128</b>
<b>13. ANEXOS .....</b>	<b>130</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Primera bicicleta eléctrica, patentada en 1865 por Ogden Bolton Jr. ....	24
Figura 2. Comparación de los vehículos de MCI, eléctrico e híbrido .....	26
Figura 3. Tipos de chasis de motocicletas .....	29
Figura 4. Tipos de motores DC .....	31
Figura 5. Curva torque velocidad del motor .....	32
Figura 6. Esquema el motor en CD serie y curva torque-velocidad del motor .....	33
Figura 7. Esquema el motor CD shunt y curva torque-velocidad del motor .....	33
Figura 8. Esquema el motor CD de imán permanente y curva torque-velocidad del motor.....	34
Figura 9. Esquema el motor CD compuesto y curva torque-velocidad del motor ..	34
Figura 10. Transmisión por cadena .....	36
Figura 11. Transmisión con correa dentada. ....	37
Figura 12. Transmisión por cardan .....	37
Figura 13. Ventajas e inconvenientes de las baterías.....	40
Figura 14. Freno de disco. ....	41
Figura 15. Freno de tambor .....	42
Figura 16. Horquilla convencional.....	43
Figura 17. Horquilla invertida .....	43
Figura 18. Sistema de suspensión trasera.....	44
Figura 19. Sistema de suspensión tipo Mono-Shock .....	44
Figura 20. Sistema de suspensión tipo basculante dos brazos .....	45
Figura 21. Sistema de suspensión tipo basculante monobrazo .....	46
Figura 22. Características del tamaño de rueda .....	53
Figura 23. Medidas del neumático .....	54
Figura 24. Geometría básica de la motocicleta.....	55
Figura 25. Geometría inicial.....	56
Figura 26. Curva normal y percentiles 5, 50 y 95 para una población hipotética. ...	58
Figura 27. Datos antropométricos.....	59

Figura 28. Modelo CAD del piloto percentil 5 y 95 .....	60
Figura 29. Posición de pie para piloto percentil 5 y 95.....	61
Figura 30. Notación de las formaciones angulares en el piloto.....	62
Figura 31. Posición sedente para piloto percentil 5 y 95.....	63
Figura 32. Dimensiones generadas por análisis ergonómico .....	64
Figura 33. Primer diseño: Chasis doble viga .....	65
Figura 34. Segundo diseño: Chasis simple cuna desdoblado .....	65
Figura 35. Tercer diseño: Chasis simple cuna desdoblado 2 .....	66
Figura 36. Gráfica esfuerzo-deformación para varios grados de acero estructural. .....	69
Figura 37. Composición química del acero A36.....	69
Figura 38. Propiedades mecánicas acero A36 .....	70
Figura 39. Efecto del carbono en la soldabilidad del acero.....	71
Figura 40. Proceso de soldadura SMAW .....	72
Figura 41. Detalles de soldadura en un nudo de perfiles tubulares circulares.....	73
Figura 42. Recomendación para soldar algunos aceros.....	73
Figura 43. Factores para determinar el coeficiente de seguridad en materiales dúctiles.....	75
Figura 44. Modelo 3d del chasis .....	76
Figura 45. Características del chasis .....	77
Figura 46. Modelo 3D del brazo basculante .....	78
Figura 47. Modelo 3d del ensamblaje .....	79
Figura 48. Configuración de apoyos y cargas en el ensamblaje.....	80
Figura 49. Mallado del ensamblaje y detalles de malla.....	82
Figura 50. Trazado de tensiones (Von Mises) .....	83
Figura 51. Trazado de deformaciones .....	84
Figura 52. Trazado de deformaciones en vista lateral .....	85
Figura 53. Trazado de factor de seguridad .....	86
Figura 54. Amortiguador bóxer 100 .....	87
Figura 55. Modelo 3d del basculante .....	88

Figura 56. Parte de tren delantero Boxer CT 100 .....	89
Figura 57. Kit de sistema de suspensión delantera .....	90
Figura 58. Diagrama de cuerpo libre (DCL) de la motocicleta .....	91
Figura 59. Fuerzas que actúan en la rodadura .....	92
Figura 60. Coeficiente de resistencia de rodadura VS velocidad y presión .....	93
Figura 61. Resistencia por pendiente .....	94
Figura 62. Motor eléctrico de cubo.....	99
Figura 63. Controlador QSKLS7218S para motor sin escobillas .....	100
Figura 64. Especificaciones del controlador .....	100
Figura 65. Batería Aegis 72V 50Ah.....	101
Figura 66. Cargador de batería Aegis.....	101
Figura 67. Propiedades de materiales comunes para forro de embragues y frenos. .....	102
Figura 68. Frenos hidráulicos.....	108
Figura 69. Farola redonda led.....	108
Figura 70. Kit de direccionales.....	109
Figura 71. Velocímetro CT-22.....	109
Figura 72. Acelerador .....	110
Figura 73. Construcción del chasis. ....	111
Figura 74. Aplicación de base anticorrosiva a la estructura.....	111
Figura 75. Chasis del prototipo. ....	112
Figura 76. Aplicación de base anticorrosiva al basculante. ....	112
Figura 77. Basculante del prototipo. ....	113
Figura 78. Sistemas de suspensión del prototipo. ....	113
Figura 79. Carenaje del prototipo (Guarda barras). ....	114
Figura 80. Sillín del prototipo. ....	114
Figura 81. Ensamblaje sistema de suspensión trasero y chasis.....	115
Figura 82. Ensamblaje sistema de suspensión trasero, chasis y guarda barras. ....	115
Figura 83. Ensamblaje de los sistemas de suspensión, chasis, sillín, manubrio y carenaje .....	116

Figura 84. Prototipo de la moto eléctrica .....	116
Figura 85. Manual básico de uso .....	120
Figura 86. Partes de la moto.....	121
Figura 87. Interruptores .....	122
Figura 88. Velocímetro.....	122
Figura 89. Acelerador completo con pantalla de voltaje .....	123
Figura 90. Frenado de la moto.....	124

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de motocicletas .....	27
Tabla 2. Ventajas y desventajas del uso de motor eléctrico en vehículos .....	31
Tabla 3. Características más importantes en los diferentes motores DC .....	35
Tabla 4. Tipos de baterías eléctricas según los vehículos.....	38
Tabla 5. Ventajas y desventajas suspensión monoshock.....	45
Tabla 6. Ventajas y desventajas suspensión doble amortiguador .....	46
Tabla 7. Evaluación de alternativas (chasis).....	47
Tabla 8. Evaluación de alternativas (motor).....	48
Tabla 9. Evaluación de alternativas (batería).....	49
Tabla 10. Evaluación de alternativas (frenos).....	50
Tabla 11. Evaluación de alternativas (Suspensión delantera) .....	50
Tabla 12. Evaluación de alternativas (suspensión trasera).....	51
Tabla 13. Medidas antropométricas.....	58
Tabla 14. Ángulos adecuados para una postura plana.....	62
Tabla 15. Resultado del análisis .....	63
Tabla 16. Matriz de selección del diseño de la motocicleta .....	67
Tabla 17. Configuración de cargas, sujeciones y conexiones en SolidWorks .....	80
Tabla 18.Caso 1: Terreno plano y régimen transitorio .....	96
Tabla 19.Caso 2: Terreno plano y régimen permanente.....	98
Tabla 20. Especificación del motor .....	99
Tabla 21. Cálculos del freno de disco .....	104
Tabla 22. Cálculos del freno de tambor .....	106
Tabla 23. Costo sistema eléctrico .....	117
Tabla 24. Costo estructura.....	117
Tabla 25. Costo sistema de propulsión.....	118
Tabla 26. Costo sistema de suspensión .....	118
Tabla 27. Resumen de costos .....	118
Tabla 28. Cuadro comparativo de motos eléctricas .....	119

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA MOTO ELÉCTRICA .....	130
ANEXO B. TUBERÍA ESTRUCTURAL .....	132
ANEXO C. CARACTERÍSTICAS Y PLANO DEL MOTOR. ....	135
ANEXO D. CARACTERÍSTICAS Y PLANO DEL CONTROLADOR. ....	138
ANEXO E. VELOCÍMETRO. ....	143
ANEXO F. FRENO DE TAMBOR .....	145
ANEXO G. PARTES SUSPENSIÓN DELANTERA .....	148
ANEXO H. PLANOS .....	150

## RESUMEN

**TÍTULO:** DISEÑO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA DE BAJO COSTO QUE CUMPLA CON LAS FUNCIONES BÁSICAS DE USO\*

**AUTOR:** ANDRÉS MAURICIO TÉLLEZ HERNÁNDEZ, ROBERT JOSÉ MARTÍNEZ PÉREZ\*\*

**PALABRAS CLAVE:** MOTO ELECTRICA, DISEÑO, CONTAMINACIÓN, INGENIERIA, ERGONOMIA, CHASIS.

### **DESCRIPCIÓN:**

El siguiente proyecto está enfocado en el estudio, diseño y construcción de un prototipo a escala de una motocicleta eléctrica que permite visualizar la apariencia y características de ella. Este proyecto tendrá como finalidad disminuir la contaminación y los costos de fabricación, aportando así un beneficio para el medio ambiente y para los compradores, los cuales se beneficiarán al adquirir o construir una moto eléctrica de más bajo costo que las que se encuentran actualmente en el mercado colombiano.

Este proyecto inicia con un estudio y selección de alternativas que se evalúan mediante unos criterios establecidos, además de un análisis ergonómico y antropométrico que se desarrolla con datos recopilados en la región nororiental colombiana, siguiente a esto, se hacen los diseños y estudios de diferentes tipos de chasis y otros sistemas, y se selecciona el que mejor cumpla con algunas características como seguridad, costo y confort.

Se realizan los cálculos de potencia, frenado, etc., posteriormente se hace un comparativo de costos entre diferentes tipos de motos eléctricas más vendidas en Colombia. Finalmente se desarrolla el prototipo a escala y se muestra un breve manual sobre su uso y cuidado para prolongar la vida útil de la motocicleta eléctrica de bajo costo.

---

\*Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físicomecánicas. Escuela de Ingeniería mecánica. Msc. Ricardo Alfonso Jaimes Rolón, Ingeniero Mecánico

## ABSTRACT

**TITLE:** DESIGN OF A LOW-COST ELECTRIC MOTORCYCLE THAT FULFILLS THE BASIC FUNCTIONS OF USE\*

**AUTHOR:** ANDRÉS MAURICIO TÉLLEZ HERNÁNDEZ, ROBERT JOSÉ MARTÍNEZ PÉREZ \*\*

**KEY WORDS:** ELECTRIC MOTORCYCLE, DESIGN, POLLUTION, ENGINEERING, ERGONOMICS, CHASSIS

**DESCRIPTION:** The following project is focused on the study, design, and construction of a scale prototype of an electric motorcycle that allows to visualize the appearance and characteristics of it.

This project will aim to reduce pollution and manufacturing costs, thereby bringing benefits to the environment and to buyers, which will benefit from purchasing or building a lower-cost electric motorcycle than others currently on the market.

This project begins with a study and selection of alternatives that are evaluated using established criteria, in addition to an ergonomic and anthropometric analysis that is developed with data collected in the northeastern region of Colombia, next to this, designs and studies of different types of chassis are made and the one that best meets features such as safety, cost and comfort is selected. Calculations of power, braking, etc., are made, then a cost comparison between different types of electric motorcycles is made.

Finally, the prototype is developed to scale and a brief manual on use and care to extend the life of the low-cost electric motorcycle is shown.

---

\* Bachelor Thesis

\*\* Facultad de Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería mecánica. Director: Ricardo ALFONSO JAIMES ROLON, Ingeniero Mecánico

## INTRODUCCIÓN

La moto eléctrica es un medio de transporte alternativo que viene en crecimiento a nivel mundial, sin embargo en Colombia en la actualidad su uso es mínimo según lo muestran las cifras del RUNT, en enero de 2021 se matricularon 7 motocicletas eléctricas en comparación al año 2020 donde se matricularon dos, se presenta un aumento del 250%, a pesar de su aumento con respecto al porcentaje el uso de motocicletas eléctricas aún es muy bajo, esto a causa de sus costos elevados, la falta de implementación de estaciones de recarga, su poca distribución y el desconocimiento técnico de estas.

Las motocicletas eléctricas y en general los vehículos eléctricos son una solución de transporte que ayudan en gran manera a la conservación del medio ambiente y por ende a la salud de los seres humanos, por tal motivo deberían considerarse como medio de transporte urbano en un futuro, sobreponiéndose a los vehículos convencionales que utilizan combustibles fósiles y quienes son grandes focos de contaminación en el planeta, la moto eléctrica es una alternativa limpia con cero emisiones contaminantes, otra de sus ventajas es su bajo costo de sostenimiento al no requerir combustible sino energía eléctrica.

Es así como el proyecto se enfoca en brindar una ayuda mostrando sus beneficios, el diseño y consideraciones que se deben tener en cuenta a la hora de iniciar la construcción de esta.

## 1. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

Actualmente en la capital santandereana se ha registrado una mala calidad del aire, teniendo algunas estaciones de medición en Bucaramanga, Girón y Floridablanca en estado rojo, esto según el índice de calidad del aire (ICA) donde se reporta la calidad del aire en función de un código de colores que tienen asociadas recomendaciones generales para reducir la exposición de la población a altas concentraciones.

Algunos factores que inciden sobre la mala calidad del aire están dados por los incendios forestales, quema irregular de basura, erupciones volcánicas, las emisiones de gases de las industrias y vehículos, entre otros; de los anteriores mencionados tenemos unos factores que son controlables y otros que no, entre los controlables tenemos las emisiones de contaminación de los vehículos. Según una investigación hecha por la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín, junto con el Área Metropolitana (AMB), se encontró que el parque automotor genera el 90% de la contaminación en el área metropolitana, produciendo a través de fuentes móviles (camiones, motos, carros, etc.) 1'249.953 toneladas de CO<sub>2</sub> al año; allí se determinó que el 64% del material PM<sub>2,5</sub> (Material particulado) proviene de volquetas y camiones, el 8% proviene de automóviles y el 18% de motocicletas.<sup>1</sup>

En el área metropolitana de Bucaramanga existe un amplio uso de motocicletas, el 58,4% del parque automotor (esto con base a los datos entregados por la dirección de tránsito de Bucaramanga en diciembre de 2018)<sup>2</sup> y por ende una gran demanda

---

<sup>1</sup> CHIO, J. C. (2018, 27 abril). Parque automotor genera el 90% de contaminación del aire en Bucaramanga. VANGUARDIA. (Consulta: junio de 2020) Disponible en: <https://www.vanguardia.com/area-metropolitana/bucaramanga/parque-automotor-genera-el-90-de-contaminacion-del-aire-en-bucaramanga-HEVL431413>

<sup>2</sup> DIRECCIÓN DE TRÁNSITO DE BUCARAMANGA. [Sitio web]. Parque automotor (2018, 31 diciembre). (Consulta: junio de 2020). Disponible en: <https://www.transitobucaramanga.gov.co/parque-automotor.php>

en el mercado, el cual utilizan combustibles fósiles como fuente de energía. Los combustibles fósiles generan un daño al ambiente y a la calidad del aire, por ende, velar por cuidar nuestro ambiente significa buscar alternativas en las fuentes de energía, es decir, pensar en utilizar energías renovables en un tipo de vehículo mayormente utilizado: las motocicletas. Por otro lado, el mercado de las motocicletas eléctricas tiene un valor elevado, desde los 3 millones de pesos un producto con escasos requerimientos y que en su mayoría son importadas de otros países.

Con base a lo anterior, se pretende con el diseño de una motocicleta eléctrica, brindar una alternativa a las motocicletas con motor de combustión interna y por consiguiente promover la utilización de aquellas que generen cero emisiones y pueda ser asequible a los hogares de la comunidad santandereana y demás.

## 2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Un enfoque al que apunta la ingeniería mecánica es buscar alternativas en el diseño de los equipos y máquinas, con el fin de reducir costos y hacerlos más eficientes, pero sin dejar atrás el aporte existente para reducir la contaminación y brindar un mejor espacio a las futuras generaciones.

Tal es el caso de las motocicletas, viendo que existe un despilfarro y uso exagerado de motores de combustión interna, siendo este el corazón de la máquina para su funcionamiento, se pretende diseñar una motocicleta propulsada con un motor eléctrico, lo cual aprovecha la energía eléctrica para transformarla en energía mecánica y conseguir una mayor eficiencia en comparación con los de combustión interna.

Un vehículo eléctrico reduce la utilización de componentes mecánicos y materiales contaminantes como el combustible y aceites de motor, además presenta menores vibraciones que conllevan a un mayor confort y como factor importante no expulsan al ambiente gases de efecto invernadero. El futuro se verá conquistado por las energías limpias ya que los recursos brindados por la naturaleza e implementados en el sector energético son cada vez más difíciles de encontrar y extraer, además estos impactan negativamente al medio ambiente en todo el proceso relacionado con su obtención. Las baterías eléctricas de estos vehículos no necesariamente se cargarán con electricidad proveniente de procesos contaminantes y nocivos, como la quema de combustibles fósiles, podrán cargarse a partir de diferentes fuentes, como energía solar, eólica, geotérmica, etc. y por consiguiente la utilización de vehículos eléctricos en general serán bien vistos y apetecidos.

Este proyecto impactará positivamente a la comunidad bumanguesa, en especial a las personas que utilizan motocicletas como alternativa de movilidad o transporte, debido a las grandes ventajas que esta brinda. Del mismo modo, tendrá un impacto

positivo respecto a la parte de normatividad, es decir, respecto a los impuestos, seguros e incluso el pico y placa, etc. ya que las condiciones y normativas son en muchas ocasiones favorables a los vehículos eléctricos.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar una motocicleta eléctrica de bajo costo que cumpla con las funciones básicas de uso, contribuyendo con la misión de la Universidad Industrial de Santander para formar profesionales de alta calidad, con miras a el uso de energías alternativas en el transporte personal y el cuidado del medio ambiente.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Desarrollar un estudio ergonómico de la motocicleta con base a la población enfocada al diseño

- ❖ Diseñar una motocicleta eléctrica con un estilo minimalista mediante el proceso básico de diseño (PBD), el cual abarque los siguientes sistemas:
  - Chasis.
  - Sistema de propulsión.
  - Sistema eléctrico, electrónica y de Mando.
  - Sistema de freno.
  - Sistema de suspensión.
  
- ❖ Adaptar el diseño de la motocicleta bajo los siguientes requerimientos y características:
  - Capacidad máxima de un ocupante o 83 kg de masa.
  - Reducir o erradicar la contaminación al aire y el ruido emitido por el vehículo.
  - Alcanzar los 60 km/h de velocidad.
  - Rango de potencia entre 1000 y 3000 Watts
  - Cumplir con los estándares de seguridad de una motocicleta según el ministerio de transporte en Colombia.

- ❖ Construir un modelo a escala 1:3 que permita visualizar de forma tangible la apariencia y diseño aplicado en la motocicleta.
  
- ❖ Realizar un análisis económico con base a lo que hay en el mercado y el modelo a diseñar.
  
- ❖ Generar un manual básico de uso y cuidado con base a los sistemas desarrollados para ayudar a prolongar la vida de la motocicleta eléctrica.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 ESTADO DEL ARTE

**4.1.1 Evolución de las motocicletas eléctricas.** La evolución de la movilidad en sistemas eléctricos es basado en los estudios de Nikola Tesla y aunque sus escritos son bastante antiguos, aun no se ve reflejado un gran desarrollo de los sistemas de movilidad eléctricos, el inicio de las motocicletas eléctricas tienen fecha en 1865, cuando se registró la primera bicicleta eléctrica, esta fue patentada por Ogden Bolton Jr., en aquella patente se podía apreciar el uso de un motor eléctrico instalado en la rueda y una batería que colgaba del marco superior de la bicicleta.

Figura 1. Primera bicicleta eléctrica, patentada en 1865 por Ogden Bolton Jr.



Fuente: <https://www.publimotos.com/images/2019/AGOSTO/abc-motos-electricas/abc-electricas-02.jpg>

Las motos eléctricas vienen en una etapa de evolución muy significativa, siempre con la intención de mejorar o de reducir sus desventajas frente a una motocicleta de combustión interna, algunos ejemplos de desventajas muy importantes están dadas por el alto costo a la hora de obtener una motocicleta eléctrica, los largos tiempos de carga, la autonomía o limitaciones de almacenamiento de energía y la

falta de infraestructura, entre otras. Las motos eléctricas por otra parte también cuentan con unas ventajas que difícilmente las motos de combustión interna podrán superar, como lo es la cero contaminación, el bajo costo de mantenimiento, el funcionamiento silencioso, etc.

**4.1.2 Vehículos eléctricos en Colombia.** Actualmente en Colombia existe un proyecto de ley N°1964 11 de julio 2019, que promueve el uso de vehículos eléctricos y tiene como objetivo fundamental contribuir a la reducción de emisiones contaminantes, este proyecto de ley dará varios beneficios a los propietarios de cualquier tipo vehículo eléctrico, algunas de los beneficios que contempla la ley son, parqueaderos preferenciales, no tendrán día de pico y placa, tendrán un impuesto que no podrá superar el 1% del valor comercial del vehículo y habrán incentivos por parte de las entidades territoriales, como por ejemplo, descuento en parqueaderos; por otra parte en esta ley se tiene una iniciativa la cual propone como objetivo que después de 6 años a partir de la vigencia de la ley, los municipios de categoría 1 deberán cumplir con una cuota mínima del treinta por ciento de vehículos eléctricos que anualmente sean comprados o contratados para el uso del gobierno nacional.

**4.1.3 Impactos ambientales y comparación de costos en los vehículos.** En un artículo desarrollado por un Estudiante del Doctorado en Ciencias de la Ingeniería mención Productividad de la Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre”, se hacen algunas menciones sobre el impacto ambiental y comparaciones sobre los vehículos eléctricos, híbridos y de combustión interna a continuación se pueden observar unas tablas comparativas del artículo.

Figura 2. Comparación de los vehículos de MCI, eléctrico e híbrido

Tipo de vehículo	Usabilidad	Impacto ambiental	Costos
MCI con diésel o gasolina	Las estaciones de servicio son frecuentes de encontrar, es decir, poseen autonomía ilimitada. Presentan ruidos durante su conducción.	Mayores impactos ambientales asociados a las emisiones de CO <sub>2</sub> , gases contaminantes y partículas propias del combustible utilizado. Dependiendo de las fuentes de generación del país, las emisiones de CO <sub>2</sub> con el uso del diésel como tipo de combustibles, son comparables con los eléctricos	Menores costos de adquisición. Mayores costos de mantenimiento, por la reposición de autopartes. Costo de operación por la compra o adquisición de los combustibles
Eléctrico a baterías	Ausencia de ruido y mayor confort en su conducción. Necesidad de cargas entre cada 5 a 6 horas, lo que lo hacen dependiente de la presencia de los centros de carga. Es decir, poseen autonomía limitada.	Durante su utilización sus emisiones de CO <sub>2</sub> son cero (0). Se le deben asociar las emisiones producto de la fabricación, las relacionadas con las fuentes de generación por la carga de las baterías y por su disposición final.	Costos de adquisición superior a los MCI. Menores costos de mantenimiento. Menores costos de adquisición del combustible, comparativamente con los MCI. Costos debidos a la energía eléctrica utilizada para la carga de las baterías
Híbrido	Ausencia de ruido y mayor confort en su conducción. Sin necesidad de centros de carga de las baterías.	Durante su utilización sólo reportan emisiones en función del tipo de combustible que utiliza el MCI. Se le deben asociar las emisiones producto de la fabricación y por su disposición final. No se le asocian emisiones producto de la carga de las baterías ya que la misma es propia del vehículo	Aún los costos de adquisición son elevados. Sin embargo, la exoneración o subsidios de pagos de impuestos podría mejorar esta situación. Incluir el costo de la compra de energía eléctrica para su recarga

Fuente: Andara, Renato(2020). “Usabilidad, impactos ambientales y costos de los vehículos de combustión interna y eléctricos”, TRIM, 17: 111-125

En general, los vehículos eléctricos superan a los vehículos de combustión interna respecto a los beneficios para el medio ambiente. Sin embargo, la usabilidad de los primeros se ve afectada por el corto rango de distancia que pueden viajar los vehículos a baterías comparados con los vehículos híbridos o de combustión interna.

Aparte de las condiciones del vehículo, es importante que la generación de electricidad sea sustentable y ambientalmente amigable, para que en realidad pueda obtenerse el efecto deseado de reducción de efecto invernadero. Igualmente, los procesos de fabricación de los vehículos deben ser revisados para que sean eficientes y con el menor impacto sobre el medio ambiente.<sup>3</sup>




<sup>3</sup> Andara, Renato (2020). “Usabilidad, impactos ambientales y costos de los vehículos de combustión interna y eléctricos”, TRIM, 17: 111-125

## 4.2 DEFINICIÓN Y TIPOS DE MOTOCICLETAS

Una motocicleta es un medio de transporte cuya característica principal es el de poseer dos ruedas, su chasis es ligero y generalmente está diseñado para transportar a dos personas. Su sistema de propulsión puede estar comprendido por un motor a combustión interna o un motor eléctrico que en consecuencia impulsa a la rueda trasera para efectuar el movimiento de traslación.

Existen diferentes estilos de motocicletas, cada uno de ellos enfocado a prácticas distintas. En la (Tabla 1) se presentan algunos principales tipos de motocicletas.

Tabla 1. Tipos de motocicletas

Tipo de motocicleta	Imagen	Características
Scooter		Son motos urbanas, se pueden encontrar automáticas y semiautomáticas, se caracteriza por tener una carrocería robusta que no dejan al descubierto las partes mecánicas.
Deportiva		Son motos que se caracterizan por su uso en competencias y constan de componentes de altas prestaciones, son diseñadas con motores de alta potencia y un excelente sistema aerodinámico.
Cross		Son motos de uso en campo, diseñadas para terrenos que son difíciles de recorrer, se distinguen por tener un buen sistema de suspensión.

Turismo		Pensadas para largos viajes en carretera, con capacidad para llevar equipaje y brindar el mayor confort posible.
Urbanas		Poseen una posición cómoda de manejo y son muy versátiles para usarlas en ciudad, su precio es asequible lo que hace que tenga bastante demanda en el mercado.

Fuente: MMTSEGUROS. [sitio web]. Tipos de motos. (2016, 4 abril). (consulta: Julio del 2020) Disponible en: <https://ww2.mmtseguros.es/blog/disfrutar-de-las-motos-con-toda-seguridad/tipos-de-motos>

### 4.3 SISTEMAS EN UNA MOTOCICLETA

**4.3.1 Chasis.**<sup>4</sup> Es el elemento principal de la motocicleta, en él van unidos todos los elementos mecánicos, su diseño y geometría depende mucho del tipo de uso. Para su diseño es importante poseer una rigidez adecuada y tener en cuenta las zonas que están más sometidas a cargas para así poder reforzarlas. Se clasifican de acuerdo con la forma de unión del cabezal de dirección, algunos tipos son:

---

<sup>4</sup> CASAJÚS LUIS. Tipos de chasis de motocicleta. Revista *centro zaragoza*[en línea]. (2012, enero – marzo). [Consultado julio del 2020]. Disponible en : [http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala\\_prensa/revista\\_tecnica/hemeroteca/articulos/R51\\_A2.pdf](http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R51_A2.pdf)

Figura 3. Tipos de chasis de motocicletas



Fuente: [http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala\\_prensa/revista\\_tecnica/hemeroteca/articulos/R51\\_A2.pdf](http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R51_A2.pdf)

**4.3.1.1 Simple cuna cerrada.** Los tubos o perfiles que parten del cabezal de dirección están en un mismo plano, el tubo inferior que parte desde el cabezal es continuo hasta la zona del basculante. (Figura 3.a)

**4.3.1.2 Simple cuna abierto o interrumpida.** El perfil inferior es discontinuo, son económicos y utiliza al motor como miembro estructural. (Figura 3.b)

**4.3.1.3 Simple cuna desdoblado.** Desde la zona del cabezal de dirección, el perfil inferior desciende como un único tubo, pero se divide en dos perfiles más delgados. Son utilizados normalmente en motocicletas todoterreno. (Figura 3.c)

**4.3.1.4 Doble cuna.** Desde el cabezal de dirección desciende dos perfiles hasta la zona del basculante. Son más rígidos que los de simple cuna cerrada. (Figura 3.d)

**4.3.1.5 Multitubular.** Formada por una estructura con dos vigas, en forma de cerchas o una red de perfiles soldados que parten desde el cabezal de dirección, brindando una gran rigidez. Mayormente son utilizados en motocicletas de baja producción. (Figura 3.e)

**4.3.1.6 Monocasco.** Similar a las carrocerías de los automóviles modernos, es una chapa estampada utilizada mayormente en motocicletas de altas prestaciones. (Figura 3.f)

**4.3.2 Sistema de propulsión.** También llamado tren motriz, es el sistema que permite el desplazamiento de un vehículo y para el caso de vehículos eléctricos se compone de los siguientes componentes.

**4.3.2.1 Motor eléctrico.** El motor eléctrico es una máquina

que transforma la energía eléctrica en energía mecánica. La acción se desarrolla introduciendo una corriente en la máquina por medio de una fuente externa, que interacciona con el campo produciendo un movimiento de la máquina; aparece entonces una f.e.m inducida que se opone a la corriente y que para ello se denomina fuerza contraelectromotriz. En consecuencia, el motor necesita una energía eléctrica de entrada para producir la energía mecánica correspondiente.<sup>5</sup>

Los motores eléctricos son de gran en la actualidad, tienes muchos campos de aplicaciones tanto industriales como particulares, estos son normalmente usados en electrodomésticos, herramientas eléctricas, bombas industriales, vehículos eléctricos, ascensores, etc.

Los motores eléctricos en cuanto al uso en vehículos cuentan con unas ventajas muy significativas respecto a los motores de explosión (Tabla 2.)

---

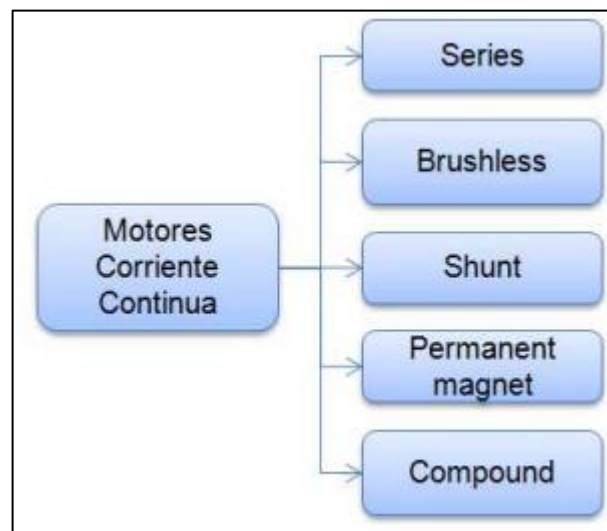
<sup>5</sup> FRAILE MORA, Jesús. Máquinas eléctricas. 5a Edición. España: McGraw-Hill, 2003. p.87.

Tabla 2. Ventajas y desventajas del uso de motor eléctrico en vehículos

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Menor peso y tamaño.	Menor autonomía.
Mayor eficiencia (85% - 95%).	
Par motor instantáneo.	Alto costo inicial.
Costo de energía bajo.	
Reducen la contaminación.	Mayor tiempo de repostaje.
Mantenimiento sencillo y económico.	

En el uso de motores eléctricos en motocicletas se opta por el uso de motores de corriente continua, a continuación, en la (figura 4) se muestra los motores DC de mayores usos generales.

Figura 4. Tipos de motores DC

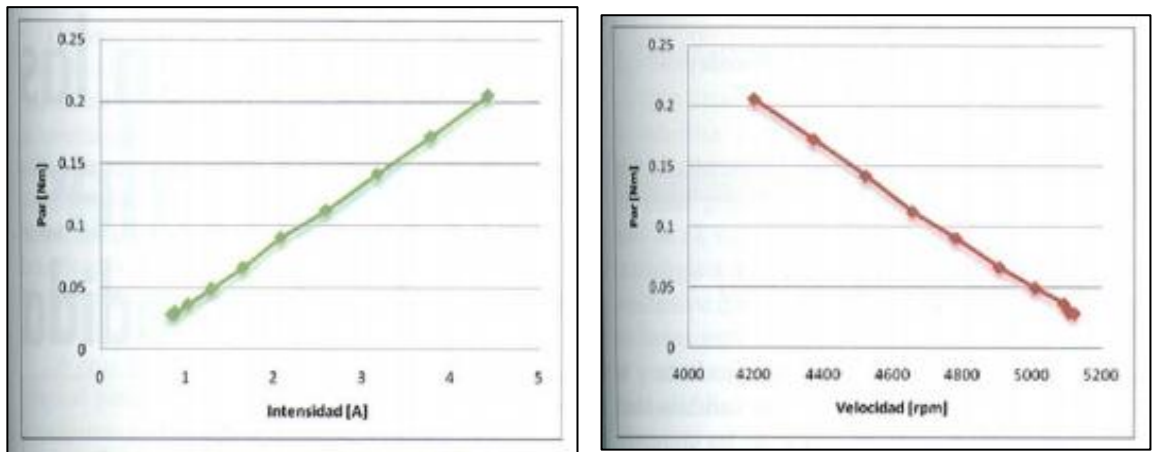


Fuente: Abata & Moya, Diseño, adaptación y conversión de una motocicleta de 100 c.c. a gasolina en eléctrica 2013, pág. 27

- **Motores brushless.** Consta de un rotor de imanes permanentes y de un estator de imanes electrizados por medio del bobinado, el par de torsión esta dado por la interacción magnética entre los electroimanes y los imanes permanentes; los motores brushless cuentan normalmente con un controlador electrónico que

detecta la posición de los imanes y así puede controlar las bobinas energizándolas y des energizándolas obteniendo la señal por medio de sensor de efecto hall, existen dos tipos de motores brushless, los de estator externo y estator interno, estos motores son muy utilizado en motos eléctricas, drones, lavadores, etc.

Figura 5. Curva torque velocidad del motor

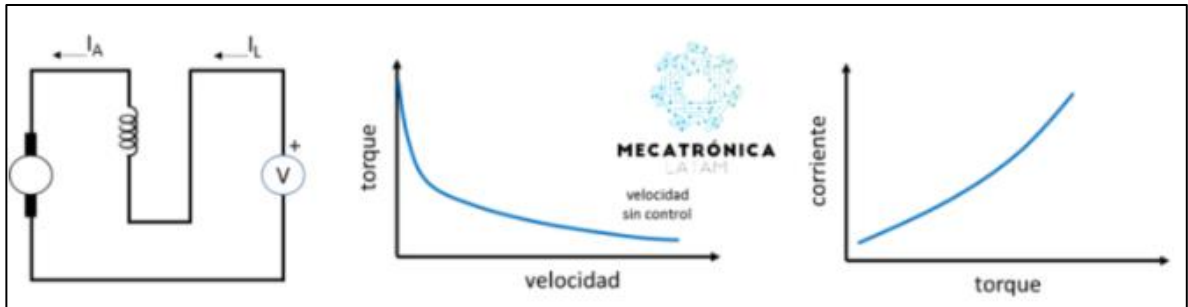


Fuente:

[https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/44130/1/DY\\_Ramon\\_2011\\_dise%C3%B1o.pdf?sequence=1](https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/44130/1/DY_Ramon_2011_dise%C3%B1o.pdf?sequence=1)

- **Motor con excitación en series:** En estos motores el bobinado del estator y rotor van en una conexión seguida, los motores en serio cuentan con un alto torque de arranque, el cual disminuye a medida que aumenta la velocidad. estos motores son normalmente utilizados en montacargas y en motos eléctricas, tienen como ventaja la inversión de giro, con tan solo invertir la polaridad.

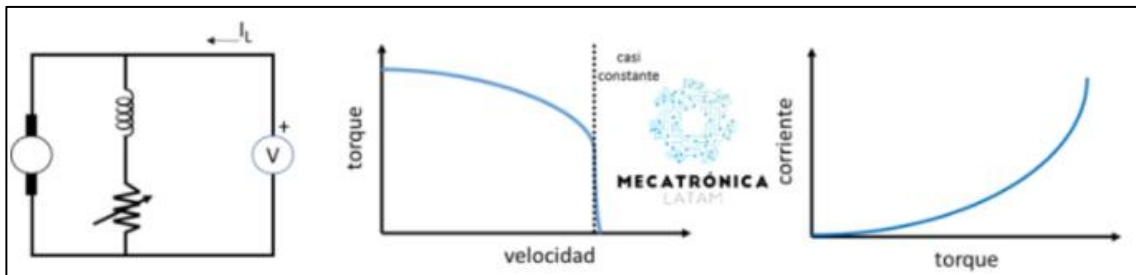
Figura 6. Esquema el motor en CD serie y curva torque-velocidad del motor



Fuente: <https://experimentosdefisica.wordpress.com/2018/11/18/motores-corriente-continua/>

- **Motor shunt:** Este tipo de motor se asemeja al motor en serie, con la diferencia que la conexión en el estator y rotor van conectados en paralelo, el motor shunt, tiene un par de arranque bajo, pero este puede trabajar a una velocidad constante e independiente de la carga que actúe en el motor

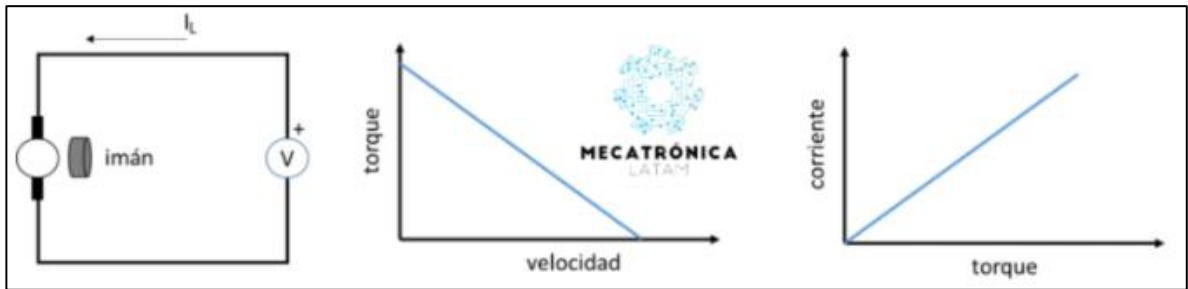
Figura 7. Esquema el motor CD shunt y curva torque-velocidad del motor



Fuente: <https://experimentosdefisica.wordpress.com/2018/11/18/motores-corriente-continua/>

Motores de imán permanente: Estos tipos de motores cuenta con estator donde se tiene un enrollamiento polifásico de corriente alterna y un rotor con imanes, los cuales permiten crear un campo magnético estacionario. Estos motores cuentan con un alto torque cuando se acopla a bajas velocidad y también pueden ser de velocidad variables.

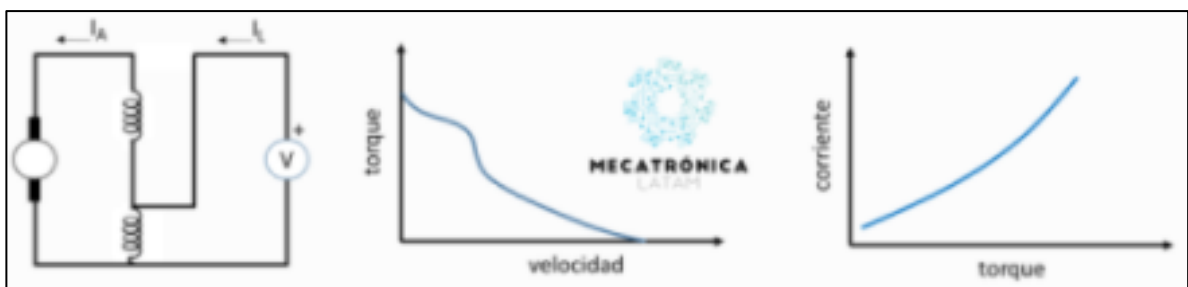
Figura 8. Esquema el motor CD de imán permanente y curva torque-velocidad del motor



Fuente: <https://experimentosdefisica.wordpress.com/2018/11/18/motores-corriente-continua/>

- **Motores compuestos:** Estos motores son un intermedio entre los motores en serie y los shunt, los motores compuestos tratan de adquirir características de cada uno, como por ejemplo el par arranque elevado del motor de serie con la velocidad constante del motor shunt. Estos motores tienen una excitación por dos bobinados inductores independientes uno de ellos conectado en serio con el bobinado y otro conectado en paralelo Existen dos tipos de motores compuestos, los de largo y los de corto.

Figura 9. Esquema el motor CD compuesto y curva torque-velocidad del motor



Fuente: <https://experimentosdefisica.wordpress.com/2018/11/18/motores-corriente-continua/>

Tabla 3. Características más importantes en los diferentes motores DC

TIPO DE MOTOR	IMAGEN	Características
MOTORES BRUSHLESS		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Control de la velocidad</li> <li>➤ Poco ruido</li> <li>➤ Mantenimiento mínimo o nulo</li> </ul>
MOTORES CON EXCITACIÓN EN SERIES		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tiene alto torque</li> <li>➤ Fácil control</li> <li>➤ El torque varia de forma lineal con la velocidad</li> </ul>
MOTORES SHUNT		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Velocidad casi constante</li> <li>➤ El par motor en el arranque es menor que en el motor de serie</li> </ul>
MOTORES DE IMÁN PERMANENTE		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Inductor e inducido son alimentados de diferentes fuentes.</li> <li>➤ Gran gama de velocidades y control.</li> <li>➤ Bueno control de velocidades</li> </ul>
MOTORES COMPUESTOS		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tiene gran par de arranque</li> <li>➤ La excitación está distribuida entre dos devanados, en paralelo y otro en serie.</li> </ul>

**4.3.3 Transmisión.**<sup>6</sup> La transmisión mecánica tiene como objetivo transferir a las ruedas la potencia generada por el motor, de la forma más eficiente, las transmisiones son necesariamente ligeras, que permitan un fácil montaje y desmontaje y que tengan poco mantenimiento, existen diferentes tipos de transmisiones.

- **Transmisión por cadena:** Es una de las transmisiones más usadas en motocicletas, estas se realizan con un piñón en la salida del cambio y la rueda motriz, estos piñones son unidos por medio de la cadena

Figura 10. Transmisión por cadena



Fuente: DOMÍNGUEZ, Esteban José; FERRER, Julián. *Sistemas de transmisión y frenado*. Editex, 2012. p. 19-21.

- **Transmisión por correa:** En algunos modelos de motocicletas se sustituye la cadena por una correa dentada, lo que ofrece una mayor suavidad y menor mantenimiento, en las transmisiones por correas no es necesario tener lubricación en ellas.

---

<sup>6</sup> DOMÍNGUEZ, Esteban José; FERRER, Julián. *Sistemas de transmisión y frenado*. Editex, 2012. p. 19-21.

Figura 11. Transmisión con correa dentada.



Fuente: DOMÍNGUEZ, Esteban José; FERRER, Julián. *Sistemas de transmisión y frenado*. Editex, 2012. p. 19-21.

- **transmisión por cardan:** Los cardan son empleados en motocicletas de altas prestaciones, estos son formados por un árbol de transmisión con dos juntas cardan y un grupo cónico formado por un piñón y una corona, este mecanismo es más costoso, sofisticado y complejo que la transmisión por piñones y cadena.

Figura 12. Transmisión por cardan



Fuente: DOMÍNGUEZ, Esteban José; FERRER, Julián. *Sistemas de transmisión y frenado*. Editex, 2012. p. 19-21.

**4.3.3 Sistema eléctrico, electrónico y de mando.** Los sistemas eléctricos, electrónicos y de mando de una motocicleta, son parte fundamental, estos sistemas

en combinación son los que ejercen el control, seguridad y confort, sobre la motocicleta. Algunos de estos son:

- Baterías.
- Kit controlador de velocidad.
- Tablero de instrumentos.
- Sistema de iluminación (luz delantera, luz trasera y direccionales).

**4.3.3.1 Baterías.** La batería es una parte fundamental en los vehículos eléctricos, estas acumulan y suministran la energía eléctrica hasta convertirla en energía mecánica, se podría decir que las baterías eléctricas son el corazón de los vehículos eléctricos.<sup>7</sup>

Las baterías eléctricas primeramente se clasifican según el funcionamiento que estas deben ejercer en el vehículo (Tabla 4)

Tabla 4. Tipos de baterías eléctricas según los vehículos.

CLASIFICACIÓN DE LAS BATERÍAS EN LO VEHÍCULOS.	
Tipo 1 (SLI)	Estos tipos de baterías se encargan del Arranque, iluminación e ignición del vehículo, También son usados en los vehículos que manejan Start y stop. Manejan un voltaje de 12V.
Tipo 2 (HEV)	Estos tipos de baterías son usados en vehículos Eléctricos híbridos se encargan del funcionamiento del motor eléctrico y soportan al freno regenerativo; estas comúnmente van acompañadas de baterías SLI, para ejercer las demás funciones. Manejan un voltaje entre 40V y 400V

<sup>7</sup>MOVILIDAD ELÉCTRICA, [sitio web]. Tipos de baterías para coches eléctricos: presente y futuro (Consulta: Julio de 2020). Disponible en: <https://movilidadelectrica.com/tipos-de-baterias-para-coches-electricos-presente-y-futuro/>

Tipo 3 (EV), (PHEV)	Estos tipos de baterías son usados en vehículos totalmente eléctricos, brindan una autonomía entre 20 y 80 km, y además soportan el funcionamiento de carga y descarga cuando los vehículos están en uso. Manejan un voltaje entre 250V y 600V
------------------------	---

En los autos totalmente eléctricos también se cuentan con diferentes tipos de baterías, estas tienen diferentes elementos químicos que varían según la aplicación necesaria, a su vez dependen de la densidad de potencia y de la densidad de energía requerida.

- **Baterías de plomo ácido:** podemos encontrar tres tipos, de arranque, de ciclo profundo y por último las estacionarias, estas últimas se usan normalmente en vehículos eléctricos pero no con alta frecuencia, son diseñadas para un uso constante, son de carga y descarga y sirven como protección de seguridad contra picos de elevación de voltajes del sistema eléctrico, estas baterías cuentan con ciclos de carga entre 200 y 700, aunque con la ayuda de la tecnología algunas pueden llegar a alcanzar hasta los 1500 ciclos de vida.
- **Batería de (NiMH):** Estas baterías son de amplio uso en almacenamiento de energía, en vehículos híbridos eléctricos y vehículos eléctricos, estas cuentan con una densidad de energía alta que está entre 140 y 300 Wh/l, cuenta con un parámetro de eficiencia energética del 66%, tiene una velocidad alta de carga y descarga, esta batería cuenta alrededor con un número de ciclos de vida de 2000 ciclos de carga.
- **Baterías de ion de litio:** Son muy usadas en vehículos eléctricos, porque el litio tiene un bajo peso atómico y tiene un alto potencial negativo, tiene buenas características de desempeño en cuanto a autonomía y aceleración, también poseen una alta densidad de energía y densidad de potencia a comparación de

otros tipos de baterías, los ciclos de la batería de litio se estiman entre los 2500 y 3000 ciclos de carga.

En la figura 13 presentada a continuación se enseñan algunas ventajas e inconvenientes que presentan las baterías con mayor uso en los vehículos eléctricos.

Figura 13. Ventajas e inconvenientes de las baterías

	Ventajas	Inconvenientes
<b>Plomo-ácido</b>	Bajo coste, estandarización universal, buena potencia específica (tecnología fiable y bien conocida). Tiene una de las autodescargas más bajas de las baterías recargables y buena capacidad para altas tasas de descarga.	Densidad de energía muy baja (hasta 40 Wh/kg). No puede ser almacenada en estado de baja carga. Número limitado de ciclos de descarga completa, no permite carga rápida (duración entre 8 y 16 horas). Contiene plomo y ácido que dañan al medio ambiente.
<b>NiMH</b>	Baja potencia específica (la mitad que ion-Li). Bajo coste de fabricación, disponible en cualquier tamaño. Mantiene la corriente constante a lo largo del tiempo.	Rápida autodescarga y bajo ciclo de vida (en comparación con otros tipos), no funcionan bien a bajas temperaturas y se calientan demasiado, pudiendo dañar el dispositivo.
<b>Li-ion</b>	Son las más seguras por su alta estabilidad térmica y química, más baratas y con el doble de capacidad que las de plomo-ácido. Mantienen todo su voltaje hasta el mismo momento de la descarga. Autodescarga muy lenta, pueden colocarse en cualquier orientación, no le afectan las vibraciones y pueden cargarse al 90% de su capacidad en 15 minutos	Baja densidad energética, número limitado de cargas, costosas y pueden explotar si se sobrecalientan. Peor capacidad de trabajo en frío y tensión muy variable.

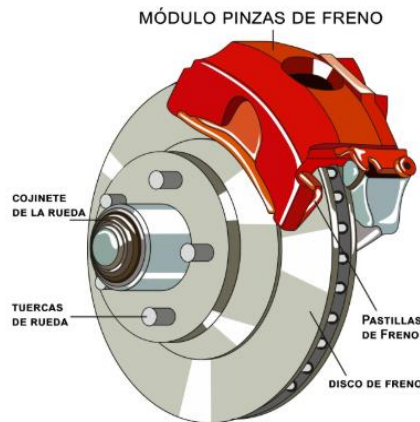
Fuente: Barreda Elsa, Batería de tracción para vehículos eléctricos, pág. 15

**4.3.4 Sistema de freno.** Es un sistema de mucha importancia y que brinda la mayor seguridad en la motocicleta, se encarga de disminuir la velocidad y detener el vehículo. Se tienen diferentes tipos de frenos.

**4.3.4.1 Frenos de disco.** El disco se le llama a la superficie contra la que actúan las pastillas para frenar el vehículo; este sistema funciona activando una bomba

hidráulica que conduce el líquido de frenos hacia las pinzas; la presión de este líquido hace que actúen los pistones empujan las pastillas y haciendo que estas hagan fricción contra el disco del freno desacelerando progresivamente.<sup>8</sup>

Figura 14. Freno de disco.



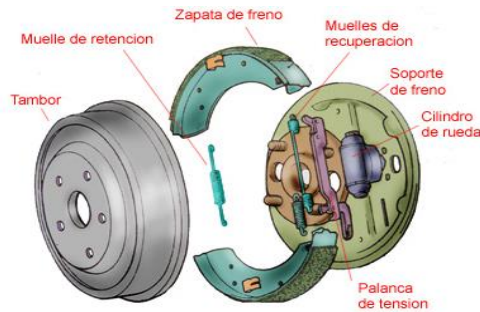
Fuente: <https://www.expertoautorecambios.es/magazine/wp-content/uploads/2018/07/pinzas-de-freno.png>

**4.3.4.2 Frenos de tambor.** Estos sistemas son normalmente usados en motos de bajo cilindraje. Al accionar la guaya del freno, hace que la zapata se separe y entre en rozamiento con el tambor del freno y así reducir el movimiento de la rueda.

---

<sup>8</sup> MOTOS HONDA, [sitio web]. conoce el freno de disco y otro tipo de frenos para tu moto (Consulta: Julio de 2020). Disponible en: <https://motos.honda.com.co/honda-te-cuenta/blog/conoce-el-freno-de-disco-y-otro-tipo-de-frenos-para-tu-moto>

Figura 15. Freno de tambor



Fuente: <https://automobileneeds.files.wordpress.com/2013/04/frenotambor.jpg>

**4.3.5 Sistema de suspensión delantera: tipo horquilla telescópica.** La suspensión tiene como objetivo principal amortiguar los saltos o rebotes presentes en el camino y mantener la rueda pegada al suelo. A diferencia de la suspensión trasera, la suspensión delantera tiene como función adicional poder girar la rueda en el eje de dirección.

La horquilla telescópica es un tipo de suspensión delantera mayormente utilizada, su diseño consta de dos tubos concéntricos de diferentes diámetros, el cual uno se desliza dentro del otro con poca tolerancia. Hay dos tipos de horquillas telescópicas, la horquilla convencional (Figura 16) y la horquilla invertida (Figura 17), se diferencian en que la horquilla invertida presenta mayor rigidez, es de mayor costo, su cilindro de mayor diámetro (comúnmente llamado botella) se ubica en la parte superior y se utiliza en motocicletas de competencia.

Figura 16. Horquilla convencional



Fuente: [https://cdn.shopify.com/s/files/1/1606/2595/files/Figura1\\_a0d94dc0-7f93-480b-bfba-d53300470f39\\_large.jpg?v=1490559059](https://cdn.shopify.com/s/files/1/1606/2595/files/Figura1_a0d94dc0-7f93-480b-bfba-d53300470f39_large.jpg?v=1490559059)

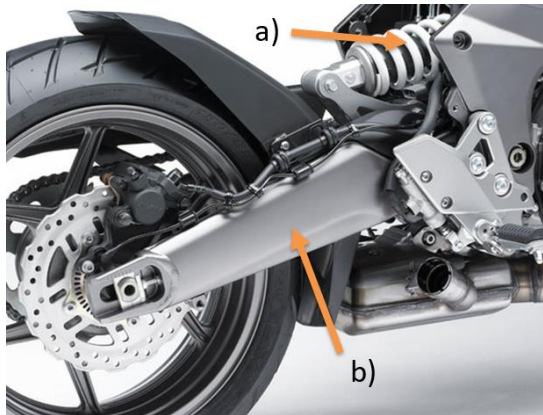
Figura 17. Horquilla invertida



Fuente: <https://www.bmw-motorrad.es/es/models/detail/suspension/usd-fork.html>

**4.3.6 Sistema de suspensión trasera.** El sistema de suspensión trasera consta principalmente de dos elementos mecánicos, en la (figura 18) se muestra el basculante (a) y el amortiguador (b). El tipo y cantidad de amortiguadores instalados dependen de la geometría del basculante, adicionalmente, los puntos de sujeción o anclaje difieren con base al diseño de la motocicleta.

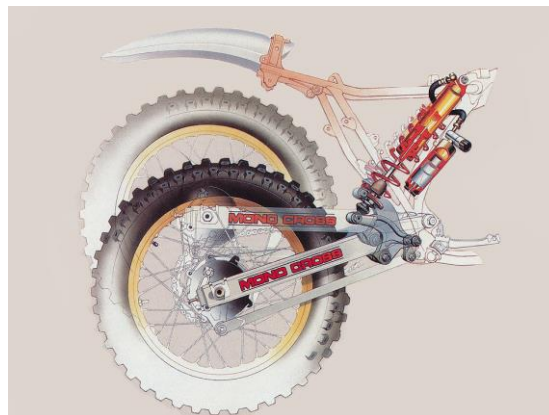
Figura 18. Sistema de suspensión trasera



Fuente: <https://storage.kawasaki.eu/public/kawasaki.eu/en-EU/technologies/imported/70000003408FF70EE0.jpg>

**4.3.6.1 Mono-shock.** Este diseño usa un solo amortiguador de gran tamaño que tiene un fuerte resorte instalado en el exterior, por lo general está ubicado próximo al centro del chasis de la motocicleta. Concede mayor estabilidad en carretera, especialmente en curvas, sin embargo, posee un alto precio y mayor complejidad de mantenimiento.

Figura 19. Sistema de suspensión tipo Mono-Shock



Fuente: <https://www.flickr.com/photos/tblazier/18195899830/in/photostream/>

Tabla 5. Ventajas y desventajas suspensión monoshock

	Ventajas	Desventajas
Amortiguador monoshock	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilidad de ajuste ya que solo hay un amortiguador;</li> <li>• Masa no suspendida más pequeña.</li> <li>• Alta rigidez a la torsión y flexión.</li> <li>• Gran amplitud de rueda vertical.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posicionamiento de la unidad de amortiguador de resorte encima o detrás del motor puede causar problemas de disipación de calor para el amortiguador.</li> </ul>

Fuente: vittore motorcycle Dynamic, pag 173.

**4.3.6.2 Basculante dos brazos (amortiguadores gemelos).** Es el sistema mayormente usado en las motocicletas de uso urbano, tiene un diseño robusto y está constituido por un par de amortiguadores sujetos a los extremos del eje del basculante. Son de bajo costo, aceptable estabilidad en las curvas y soportan más carga.

Figura 20. Sistema de suspensión tipo basculante dos brazos



Fuente: [https://revistamoto.com/wp-content/uploads/2017/08/triumph-thrupton\\_28-1024x683.jpg](https://revistamoto.com/wp-content/uploads/2017/08/triumph-thrupton_28-1024x683.jpg)

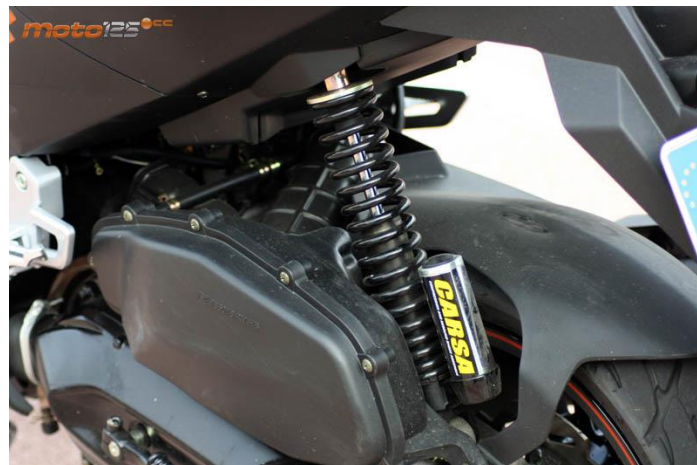
Tabla 6. Ventajas y desventajas suspensión doble amortiguador

	Ventajas	Desventajas
Amortiguador doble	<ul style="list-style-type: none"> <li>• simplicidad de construcción.</li> <li>• facilidad de disipación del calor producido por los amortiguadores.</li> <li>• las bajas fuerzas de reacción transmitidas al chasis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• limitación de la amplitud de oscilación vertical de la rueda.</li> <li>• Característica de desplazamiento de fuerza no muy progresiva.</li> <li>• Posibilidad de que las dos unidades muelle-amortiguador generen fuerzas diferentes por diferencias en las precargas de los muelles.</li> </ul>

Fuente: vittore motorcycle Dynamic, pag 173.

**4.3.6.3 Basculante mono brazo (un solo amortiguador).** Este diseño se sale del tradicional diseño del basculante con doble brazo, algunas de sus principales ventajas consisten en la facilidad de ajustar la tensión de la cadena y el cambio de la rueda trasera. Posee un costo mucho mayor que los anteriores.

Figura 21. Sistema de suspensión tipo basculante monobrazo



Fuente: <https://moto125-pre.azurewebsites.net/images/stories/motos/m583/f026.jpg>

## 5. SELECCIÓN GENERAL DE LAS ALTERNATIVAS DE LOS SISTEMAS.

A continuación, se presenta las matrices de selección de los sistemas que actúan en la motocicleta y se evaluarán dependiendo de ciertos criterios por medio de una puntuación de 0 a 5.

### 5.1 SELECCIÓN DEL CHASIS

En la (tabla 7.) se muestra la selección del chasis teniendo en cuenta factores como rigidez, peso, costo y facilidad de fabricación. Estos factores se vuelven clave a la hora de diseñar ya que a diferencia de otros sistemas o componentes mecánicos que se pueden adquirir por catálogos, estos deben realizarse exclusivamente para diseño y posteriormente su construcción.

Tabla 7. Evaluación de alternativas (chasis)

Criterio	ALTERNATIVAS					
	Simple cuna cerrada	Simple cuna abierto	Simple cuna desdoblado	Doble cuna	Multitubular	Monocasco
Rigidez	2	1	3,5	4	5	4,5
Peso	4	4	3,5	3	4	5
Costo	4,5	5	4	3	2,5	1
Facilidad de fabricación	4	5	4	3,5	3	1
<b>Valoración total</b>	3,75	3,75	3,75	3,38	3,63	2,88

Se escoge el chasis doble cuna debido a que brinda una buena relación entre todos sus factores.

## 5.2 SELECCIÓN DEL MOTOR ELÉCTRICO

Tabla 8. Evaluación de alternativas (motor)

Criterio	ALTERNATIVAS		
	Síncrono de imanes permanentes	Asíncrono o de inducción	Brushless
Potencia	5	4	4
Tamaño	3	3	5
Peso	4	3	4
Costo	2	5	3
<b>Valoración total</b>	3,5	3,75	<b>4</b>

Se selecciona un motor eléctrico Brushless, éstos son mayormente utilizados en motocicletas urbanas de bajo costo.

Otro factor importante a la hora escoger el motor es la posición o configuración en la motocicleta; se encuentran los motores incorporados a la rueda y externos a ella, Se escoge de igual manera la configuración incorporada a la rueda puesto que reducen la utilización de espacios y tiende al minimalismo. Los externos a la rueda requieren de un sistema de transmisión de potencia y puntos de anclaje al chasis, lo que reduce la eficiencia del sistema.

### 5.3 SELECCIÓN DE BATERÍA

Tabla 9. Evaluación de alternativas (batería)

Criterio	ALTERNATIVAS		
	Baterías de ion-litio:	Baterías de polímero de litio	Baterías Ni-MH
Eficiencia de carga/descarga.	5	4	3
Velocidad de recarga.	5	4	3
Ciclos de descarga	4	3	5
Costo	3	4	4
<b>Valoración total</b>	<b>4,25</b>	<b>3,75</b>	<b>3,75</b>

Se selecciona la batería de ion litio, ya que esta tiene una mayor eficiencia, concentra una alta densidad energética y tienen una mayor velocidad de carga.

### 5.4 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE FRENOS

Con base a los dos tipos de frenos mencionados, se hace una valoración de acuerdo con las ventajas y desventajas que éstos presentan. Por encima del costo, el desempeño es uno de los factores más importantes, debido a la seguridad que brinda al conductor y motocicleta.

Tabla 10. Evaluación de alternativas (frenos)

Criterio	ALTERNATIVAS	
	Freno de disco	Freno de Tambor
Desempeño	5	3
Vida útil	4	5
Disipación de calor	4	2
Costo	3	5
<b>Valoración total</b>	<b>4</b>	<b>3,75</b>

El freno de disco cuenta con una mayor valoración lo cual resulta más conveniente. Además, en el mercado son mayormente utilizados por los vehículos y brindan una apariencia mucho más atractiva. Mas sin embargo para el proyecto de diseño de la moto, contara con un freno de disco para la parte posterior y un freno de tambor para la parte delantera.

## 5.5 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN DELANTERA

Tabla 11. Evaluación de alternativas (Suspensión delantera)

Criterio	ALTERNATIVAS	
	Horquilla convencional	Horquilla invertida
Rigidez	4	5
Desempeño	4	5
Costo	5	2
<b>Valoración total</b>	<b>4,3</b>	<b>4</b>

Se selecciona la suspensión tipo horquilla convencional ya que son más económicas y mucho más utilizadas en el mercado de motocicletas, la rigidez del tipo de horquilla invertida hace que tienda a utilizarse en motos de altas prestaciones.

## 5.6 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN TRASERA

Tabla 12. Evaluación de alternativas (suspensión trasera)

Criterio	ALTERNATIVAS	
	Monoshock	Doble amortiguador
Facilidad de construcción	3	2
Disipación de calor	3	5
Fuerzas de reacción en chasis	3	4
Capacidad de carga	4	4
Confort	5	3
Costo	1	5
Durabilidad	4	3
Estabilidad	4	3
Apariencia	5	4
<b>Valoración total</b>	3.2	<b>3.3</b>

La mejor alternativa es del tipo de suspensión basculante dos brazos, se ajusta mucho más al presupuesto por su bajo costo, la estabilidad que presenta en carretera es aceptable para el tipo de motos que se desea ya que esta será de uso urbano.

## **6. DISEÑO PRELIMINAR**

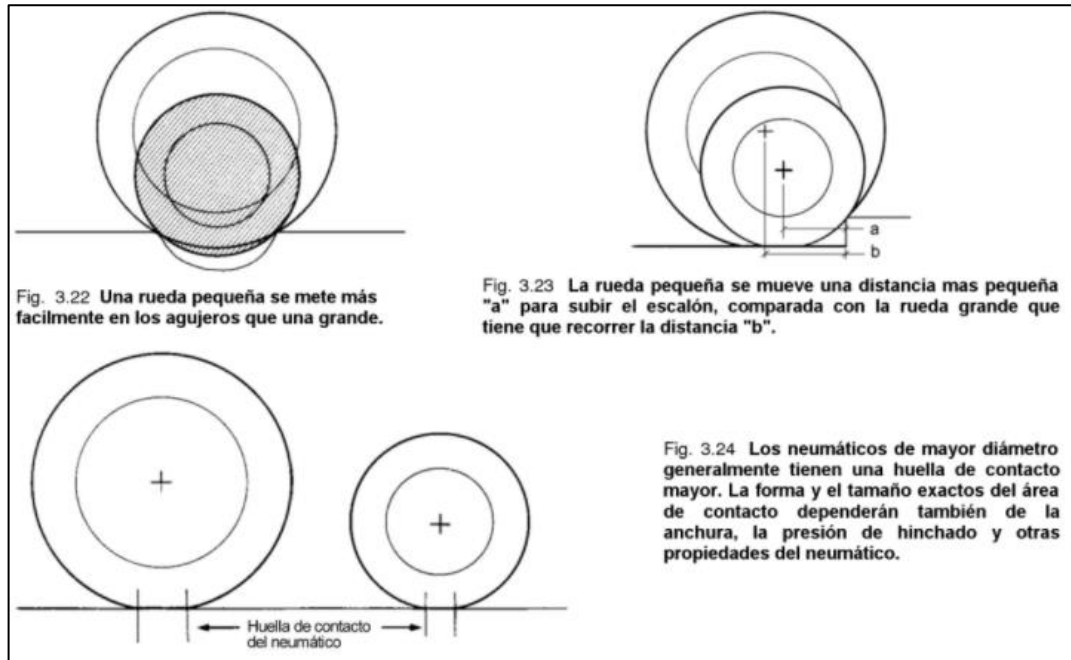
Se define la geometría básica de la motocicleta, que junto con su aspecto se considera como factor importante en la elaboración del diseño mediante algunas medidas importantes en la motocicleta que se muestra a continuación:

### **6.1 ELECCIÓN DE LAS RUEDAS**

Las ruedas cumplen un papel sumamente importante en la motocicleta: transmitir la potencia proveniente del motor y soportar el peso del vehículo, así como también formar parte de la suspensión absorbiendo pequeñas cantidades de impacto de las irregularidades del terreno.

El diámetro total de la rueda incide en el comportamiento de la motocicleta, de esta manera, ruedas grandes implican mayor estabilidad y velocidad, pero un mayor trabajo en la aceleración por parte del motor; las ruedas pequeñas tienen mayor agilidad (respuesta ante aceleración y cambios de dirección), tienen una rigidez estructural mayor, pero son menos confortables en terrenos irregulares, esta es más utilizada por motos tipo scooter y eléctricas de baja potencia. En la figura 16 se muestran algunas diferencias entre el tamaño de rueda.

Figura 22. Características del tamaño de rueda

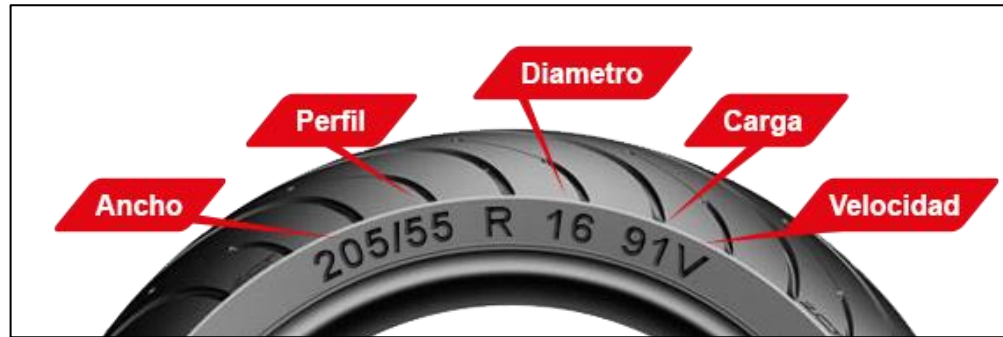


Fuente: FOALE, Tony. Motocicletas Comportamiento dinámico y diseño de chasis. 2003

Por otro lado, en las motocicletas la rueda trasera en comparación con la rueda delantera tiene un ancho mayor como consecuencia de una mayor concentración del peso y por tal razón una mayor fuerza normal aportando una mejor adherencia o fuerza de rozamiento, que actúa entre la superficie del neumático y el piso en la transmisión de potencia.

En el mercado las dimensiones de la rueda están dadas en función del tamaño del rin, la figura 23 muestra la numeración del neumático donde se distingue el ancho, perfil, diámetro, índice de carga e índice de velocidad.

Figura 23. Medidas del neumático



Fuente: <https://www.ramirezmoto.es/imagenes/medidas.png>

Selección de los neumáticos que se utilizaran en la moto eléctrica

Neumático delantero: 90/90-R12

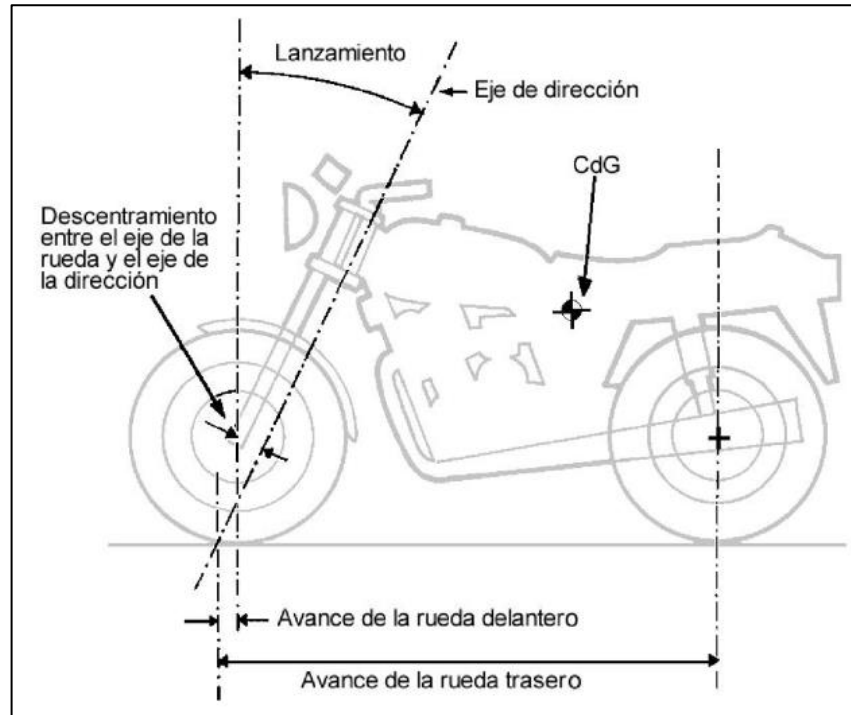
Neumático trasero: 130/70-R12

Con las especificaciones del neumático que se utilizará y el ancho máximo del conjunto del motor eléctrico ayudan a dimensionar el basculante doble brazo.

## 6.2 PARÁMETROS GEOMÉTRICOS

En el diseño del chasis, es fundamental considerar cotas que influyen en el comportamiento dinámico de la motocicleta, por tal razón se definen algunas dimensiones básicas en la geometría de la motocicleta mostradas en la figura 24; estas medidas se toman con la motocicleta estática y sin carga.

Figura 24. Geometría básica de la motocicleta



Fuente: FOALE, Tony. *Motocicletas Comportamiento dinámico y diseño de chasis*. 2003 (cap.3 - pág. 1)

**6.2.1 Ángulo de lanzamiento.** El ángulo de lanzamiento es formado por la inclinación que tiene el eje de la dirección proyectada en una vista lateral de la motocicleta. Este no afecta de manera directa la estabilidad de la moto, pero si lo hace el avance que depende del ángulo de lanzamiento. Los ángulos más usados están en un rango de entre 22 y 29 grados con respecto a la vertical.

En el diseño de la motocicleta se va a usar un ángulo de lanzamiento de 25 grados, ya que a menudo utilizan este valor en motos de pequeñas dimensiones.

**6.2.2 Avance.** La función principal del avance es proporcionar cierta estabilidad direccional, y también es de gran importancia en el inicio de la fase de inclinación de la moto al tomar una curva. Se puede ver en la figura anterior, que tanto el

neumático delantero como el trasero tocan el suelo por detrás del punto donde el eje de dirección lo toca, esto provoca un efecto de auto centrado en ambas ruedas. La distancia que existe entre el eje de dirección y el centro de la huella del neumático es lo que se conoce habitualmente como avance. Típicamente este valor oscila entre 50 y 100 mm delante y entre 1300 y 1500 mm detrás<sup>9</sup>.

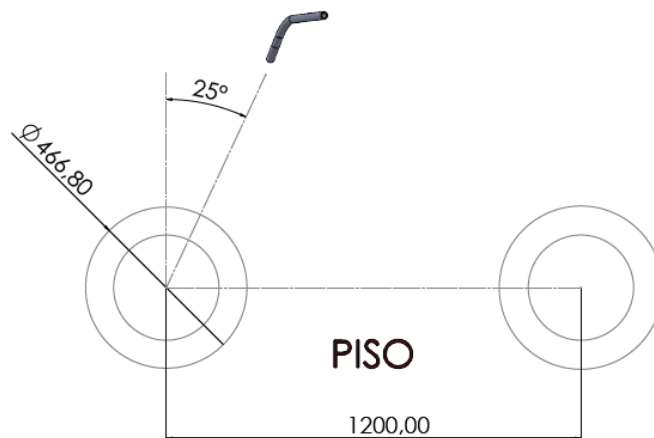
Teniendo en cuenta el ángulo de lanzamiento se procede a calcular el avance por simple geometría, no obstante, este valor no es fijo ya que existen factores que hacen que el avance varíe durante la conducción, algunos son el ángulo de inclinación, el ángulo de la dirección y también el radio del perfil del neumático.<sup>10</sup>

Avance delantero = 37.12 mm

### 6.3 GEOMETRÍA INICIAL

Las dimensiones generadas a partir de los parámetros geométricos de la motocicleta se muestran a continuación en la figura 25

Figura 25. Geometría inicial



<sup>9</sup> FOALE, Tony. Motocicletas Comportamiento dinámico y diseño de chasis. 2003

<sup>10</sup> Ibid., p. X.

## 6.4 ESTUDIO ERGONÓMICO

La ergonomía es el estudio de la adaptación de las máquinas a la persona que la emplea habitualmente, para una mayor comodidad y eficacia<sup>11</sup>; se busca analizar las diversas posturas que adopta el cuerpo humano en función del acto de conducir la motocicleta, en la que se destacan dos posiciones básicas: posición de pie y de sentado. Este análisis también contribuye en el dimensionamiento del vehículo: la posición relativa del reposapiés, el sillín y el manillar, que son partes de la motocicleta las cuales sirven de apoyo al cuerpo del conductor.

**6.4.1 Análisis antropométrico.** Las proporciones y medidas del cuerpo humano, es decir, la antropometría, en conjunto con la ergonomía restringen el diseño y las dimensiones de las máquinas para adaptar la capacidad y limitaciones del conductor con base a la postura que éste adopta ya sea a nivel estático o dinámico.

Fruto de las importantes variaciones dimensionales que se aprecian individualmente en el cuerpo humano, los promedios prestan apenas servicio al diseñador, lo que propicia más el interés por la gama que presentan. Hemos visto que, estadísticamente, las medidas del cuerpo humano para cualquier población dada se distribuirán de modo que caigan en la mitad del espectro, ocupando las extremas el inicio y remate de la gráfica del espectro. La imposibilidad de diseñar para toda la población obliga a escoger un segmento que comprenda la zona media. Por consiguiente, suelen omitirse los extremos y ocuparse del 90 % del grupo de población.<sup>12</sup>

Los datos antropométricos se expresan en percentiles, se recomienda que, con base al problema de diseño se tomen datos que se ajusten al percentil 5 o al 95 y así dirigir el diseño a un umbral amplio de población<sup>13</sup>. Cabe mencionar que estos datos difieren en base al grupo de población seleccionada. Se muestra como ejemplo la figura 26.

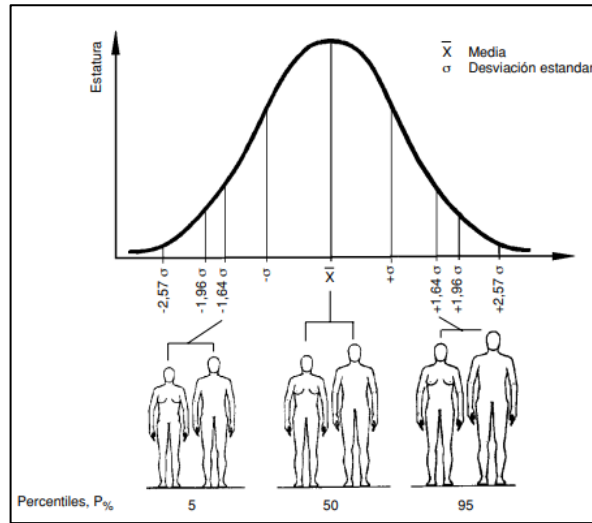
---

<sup>11</sup> REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, [sitio web]. Diccionario de la lengua española (Consulta: Julio de 2021). Disponible en: <https://dle.rae.es/ergonom%C3%ADa>

<sup>12</sup> PANERO, Julius y ZELNIK, Martín. Las dimensiones humanas en los espacios interiores: estándares antropométricos. México D.F.: Ediciones G. Gili, S.A, 1984. P.34.

<sup>13</sup> Ibid., p. 37.

Figura 26. Curva normal y percentiles 5, 50 y 95 para una población hipotética.



Fuente:

<http://direct.awardspace.info/directoriw/PedroMondeloErgonomia3DisenoDePuestosDeTrabajo.pdf> p.55

Algunos datos antropométricos (estatura y peso) para la población estudiada se muestran en la siguiente tabla, estos datos son tomados en base a un estudio enfocado en la región nororiental colombiana en el año 2008, y para este proyecto se asume igual al resto de la población en Colombia. En relación con el diseño de la motocicleta, los datos se ajustan a los extremos (p5 y p95) que aparecen en la siguiente tabla.

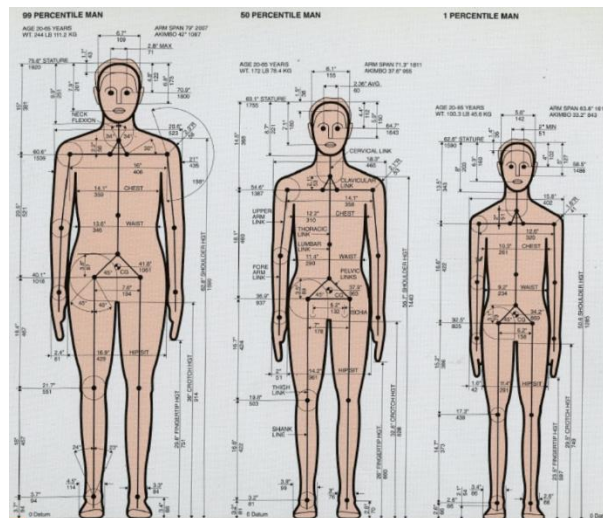
Tabla 13. Medidas antropométricas

TODOS									
Medidas	M	$\delta$	P1	P5	P25	P50	P75	P95	P99
Peso (kg)	61,6	13,03	31,30	40,17	52,82	61,60	70,38	83,03	91,91
Estatura (cm)	165,6	9,135	144,31	150,33	159,40	165,56	171,71	180,58	186,80

Fuente: <https://www.researchgate.net/publication/285406933> Estudio de valores antropométricos para la región nororiental colombiana 2007-2008

Para la elaboración del modelo ergonómico se elabora un modelo (Dummy) CAD en SolidWorks al que se le pueda efectuar el movimiento con respecto a las articulaciones. Las dimensiones para la construcción de éste fueron extraídas de la figura 27, estas dimensiones estructurales se asumen próximas a la población a estudiar adaptándolos a los percentiles en función de la estatura establecida en la tabla 13. En la figura 28 se muestra el modelo CAD.

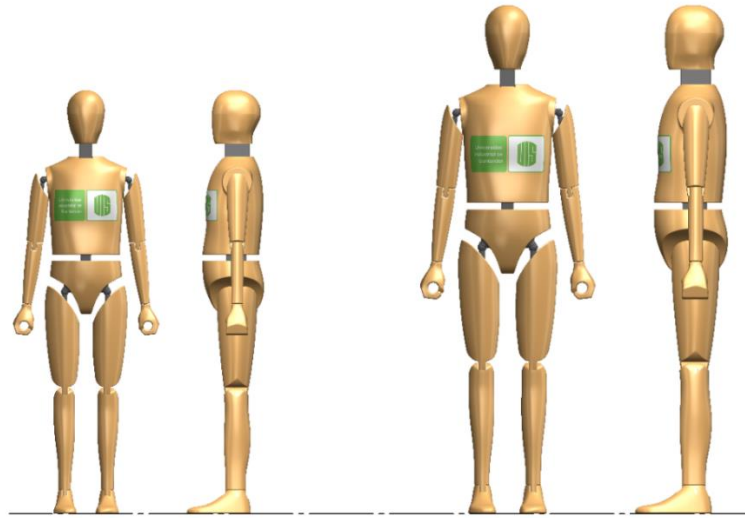
Figura 27. Datos antropométricos



Fuente: ALVIN R. Tilley. The measure of man and woman. Human factors in design. Henry Dreyfuss Associates. New York. 1993. p.11 ISBN 0-8230-3031-8

Fuente: THE MEASURE OF MAN AND WOMAN - HUMAN FACTORS DESIGN de Alvin R. Tilley, pág. 22 y 23

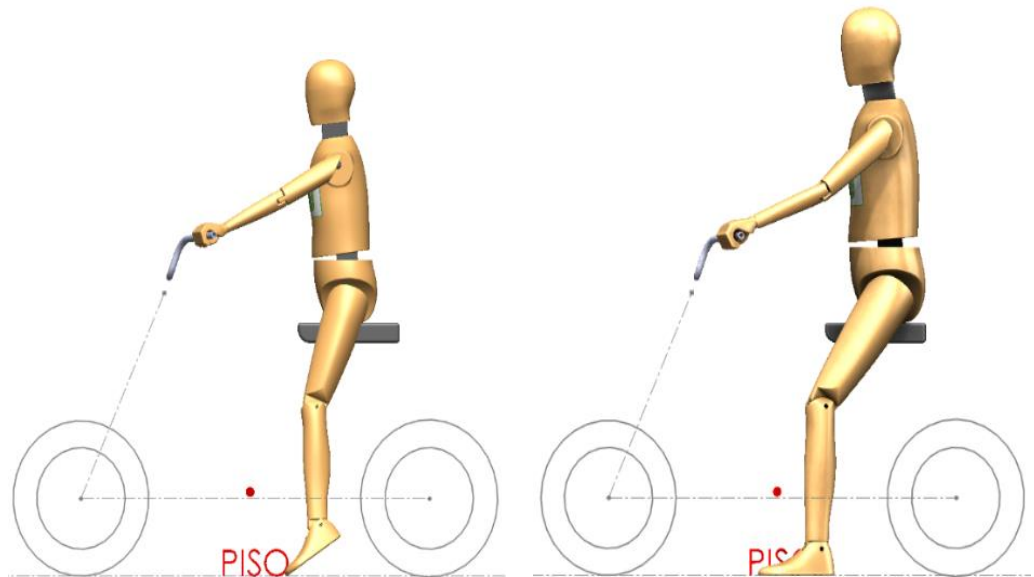
Figura 28. Modelo CAD del piloto percentil 5 y 95



A continuación, se realiza el montaje virtual del conductor a partir de una geometría base de la motocicleta realizada anteriormente, cabe mencionar que la postura establecida en la simulación son aproximaciones dadas a criterio del diseñador.

**6.4.2 Posición de pie.** La posición de pie la adopta el conductor con la motocicleta en reposo, una fracción del peso del conductor ejerce fuerza sobre los amortiguadores que obliga a comprimirse disminuyendo la altura del sillín al suelo, sin embargo, se ignora en el análisis; esta posición restringe la altura del sillín con respecto al suelo. La siguiente imagen simula la posición que adopta el conductor teniendo en cuenta la altura del piloto.

Figura 29. Posición de pie para piloto percentil 5 y 95



**6.4.3 Posición sedente.** Es la postura que adopta el conductor con la motocicleta en movimiento, se desarrolla una postura prolongada por lo que es de especial interés su análisis. Los movimientos del cuerpo están limitados a determinados ángulos y ante la posición que adopte, se tienen en cuenta los ángulos de confort (están en un rango más pequeño que los ángulos límites) para que la actividad que realice sea tolerada en un mayor tiempo y presentar una mayor eficiencia biomecánica. Seguidamente, se muestra en la tabla 14 algunos ángulos recomendados para una postura plana<sup>14</sup> vista desde un plano sagital.

---

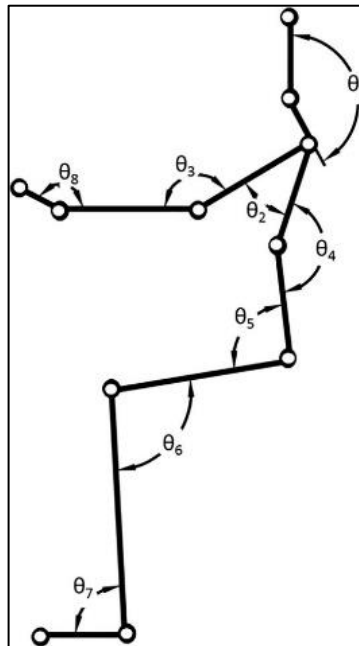
<sup>14</sup> Hernández Daniela, Lozada Luna. Evaluación y caracterización del confort y la fatiga física en la experiencia de manejo de motociclistas en la ciudad de Cartagena. Trabajo de grado. Cartagena. Universidad Tecnológica de Bolívar. 2009.

Tabla 14. Ángulos adecuados para una postura plana.

	Formaciones angulares	Mín.	Máy.
$\theta_1$	Cuello	129	202
$\theta_2$	Hombros	30	66
$\theta_3$	Codo	109	177
$\theta_4$	Espalda	177	201
$\theta_5$	Cadera	84	125
$\theta_6$	Rodilla	69	110
$\theta_7$	Tobillo	63	125

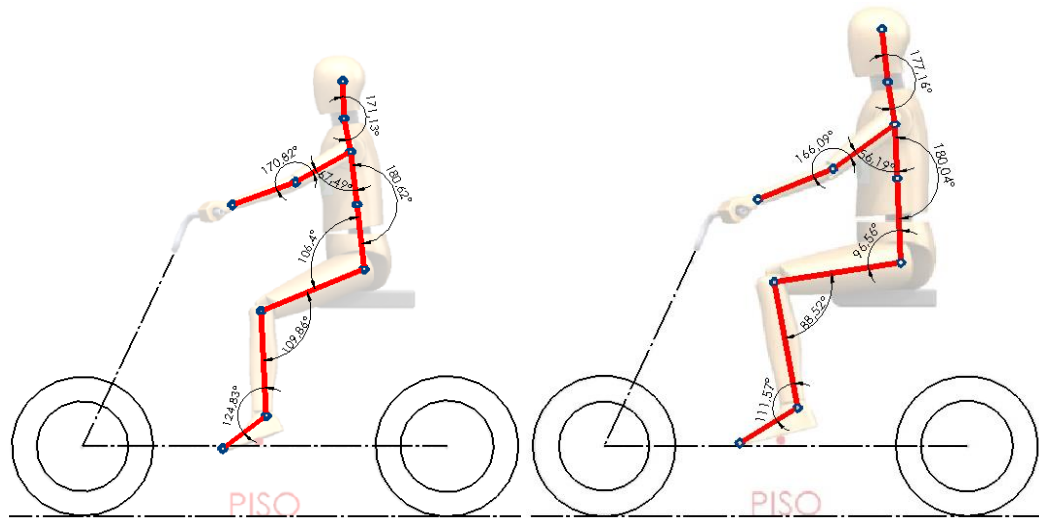
Fuente: <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0074797.pdf>

Figura 30. Notación de las formaciones angulares en el piloto



Fuente: <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0074797.pdf>

Figura 31. Posición sedente para piloto percentil 5 y 95



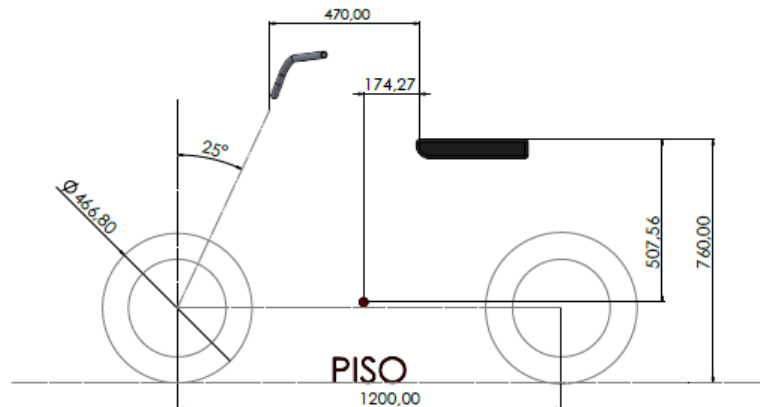
Se muestran los resultados en la figura 31 y se listan los ángulos dados en tabla 15, se evidencia que en la posición configurada del sillín cumple con los ángulos recomendados.

Tabla 15. Resultado del análisis

	Formaciones angulares	Resultados de análisis	
		P5	P95
$\theta_1$	Cuello	171	177
$\theta_2$	Hombros	67	56
$\theta_3$	Codo	171	166
$\theta_4$	Espalda	180	180
$\theta_5$	Cadera	106	97
$\theta_6$	Rodilla	110	89
$\theta_7$	Tobillo	125	112

**6.4.4 Dimensiones generadas por análisis ergonómico.** Dado los resultados anteriores, se presenta la posición del sillín y reposapiés de la motocicleta en la siguiente figura.

Figura 32. Dimensiones generadas por análisis ergonómico

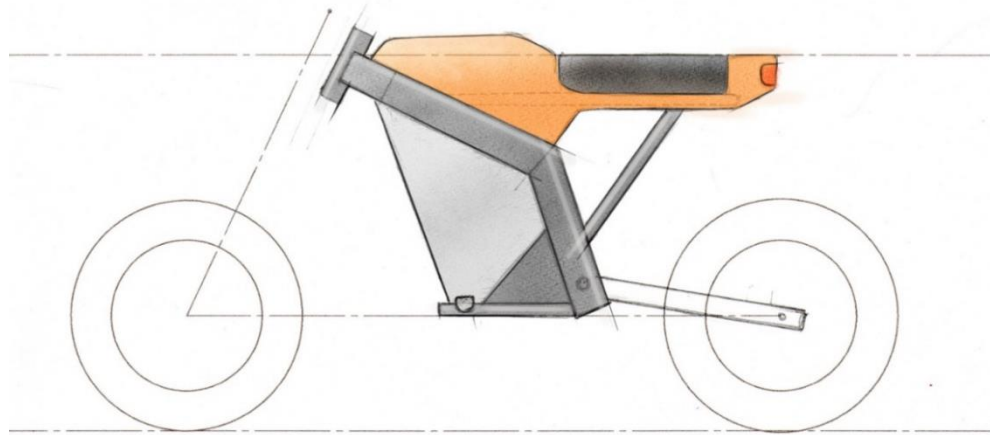


## 6.5 DISEÑO CONCEPTUAL

Se plantean los primeros bocetos adecuándose a la geometría definida en la figura 32, se presentan 3 alternativas teniendo en cuenta que gran parte del diseño está dominado por la forma del chasis.

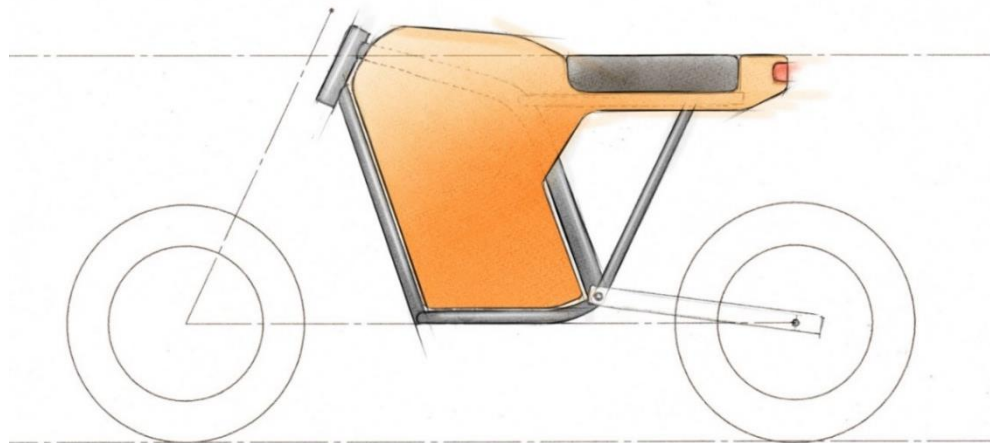
**6.5.1 Primer diseño.** En la figura 33 se visualiza el diseño de la motocicleta con una estructura doble viga, en este diseño se evita el proceso de doblado de tubería y se utilizan perfiles estructurales rectangulares y redondos.

Figura 33. Primer diseño: Chasis doble viga



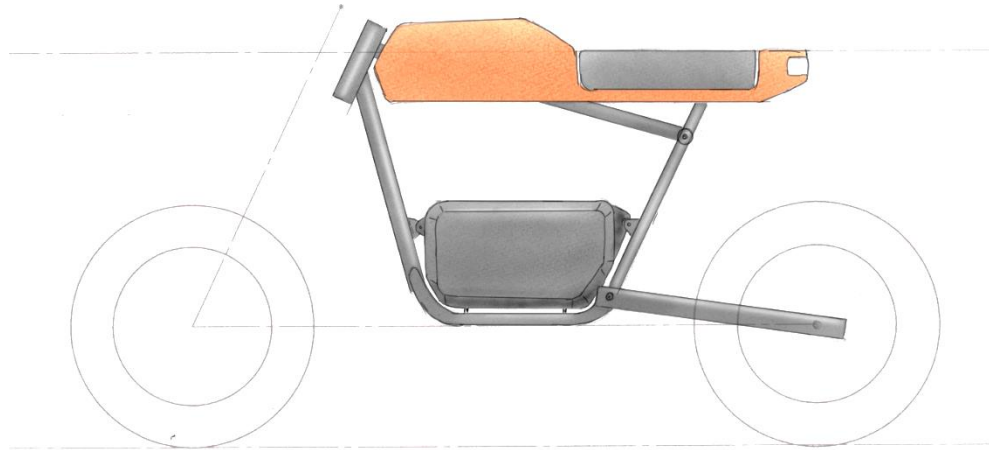
**6.5.2 Segundo diseño.** La figura 34 muestra un diseño de chasis bastante común en las motocicletas de bajo costo con motores de combustión interna, se utilizan perfiles estructurales redondos de diferentes diámetros con secciones dobladas y una superficie de carenado abundante.

Figura 34. Segundo diseño: Chasis simple cuna desdoblado



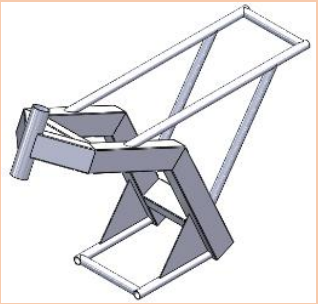
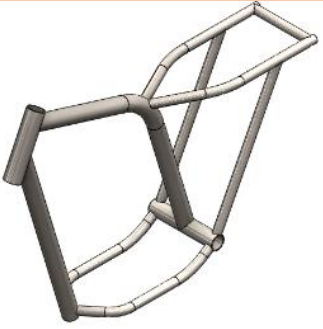

**6.5.3 Tercer diseño.** Por último, se muestra en la figura 35 un diseño similar al anterior en cuanto a la geometría del chasis, se evidencia un carenado poco abundante y un compartimento para batería que brinda la posibilidad de una extracción fácil de la misma.

Figura 35. Tercer diseño: Chasis simple cuna desdoblado 2



**6.5.4 Selección del diseño.** Para la elección del diseño se hace una matriz de selección, en ella se tendrá en cuenta que se opta por hacer un diseño minimalista, es así como esta se calificara por unas características básicas como, la apariencia, el número de elementos que están incluidos en el chasis, la facilidad de construcción y el costo de fabricación.

Tabla 16. Matriz de selección del diseño de la motocicleta

Alternativa	# de elementos	Facilidad de construcción	Costo	Apariencia	ponderado
<b>Diseño 1</b> 	1	1	1	3	1,5
<b>Diseño 2</b> 	3	2	3	1	2,25
<b>Diseño 3</b> 	2	3	2	3	2,5

## 7. FASE DE DISEÑO DE DETALLE DE LA MOTOCICLETA ELECTRICA

En este apartado se desarrolla el dimensionamiento del chasis, análisis y cálculos de los sistemas que conforma a la motocicleta eléctrica, buscando el modo de reducir costos y obtener el mejor comportamiento posible. En algunos elementos no se harán cálculos, pero si una selección que se ajuste a lo deseado.

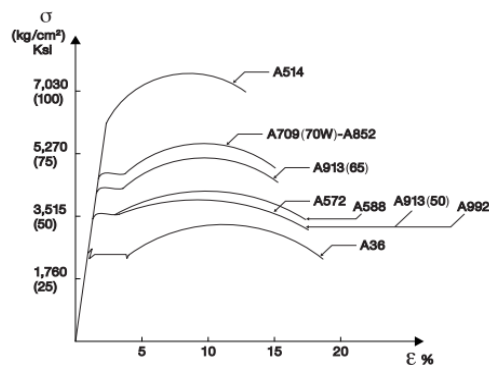
### 7.1 Diseño del chasis

Considerando la función principal el cual es mantener todos los elementos acoplados, se tienen en cuenta algunos factores importantes para su diseño como material y rigidez estructural, geometría, peso y costo de fabricación; estos factores inciden en el equilibrio de la relación costo beneficio de la estructura. Así, por ejemplo, un bajo peso permite un menor gasto energético para mover la motocicleta, una geometría adecuada puede contribuir en la elección de un material de baja calidad y por ende un material más económico, entre otras. A continuación, se realiza el proceso de diseño del chasis teniendo en cuenta los factores mencionados anteriormente.

**7.1.1 Elección del material.** En la fabricación de los chasis para vehículos habitualmente, los materiales de mayor uso son los aceros, los aluminios y la fibra de carbón, ya que estos poseen mejores características en cuanto a dureza, ductilidad, resistencia, tenacidad, etc. Para la creación del chasis de la moto eléctrica se tiene una inclinación a hacer uso de los aceros, se debe tomar en cuenta que existen diferentes tipos de aceros y debe escogerse el acero que mejor supla las necesidades respecto a las características mencionadas anteriormente, adicionalmente debe tomarse en cuenta un elemento muy importante como es el costo del material.

Entre algunos aceros que son recomendables para el diseño estructural de vehículos tenemos el ASTM A500, ASTM A36, SAE 1020 entre otros; Para el diseño del chasis de la moto eléctrica se selecciona el acero estructuras ASTM A36 el cual ofrece mejores garantías para cumplir los requerimientos del proyecto, considerando también que es un acero de bajo costo. También hay que tener en cuenta que es uno de los aceros con menor esfuerzo último de tensión (ver figura 36).

Figura 36. Gráfica esfuerzo-deformación para varios grados de acero estructural.



Fuente: [https://www.ahmsa.com/assets/files/manuales/MANUAL\\_AHMSA\\_2.pdf](https://www.ahmsa.com/assets/files/manuales/MANUAL_AHMSA_2.pdf)

A continuación, en la figura 37 se presenta la composición química del acero A36.

Figura 37. Composición química del acero A36

	Hasta 3/4 in.	Sobre 3/4 in. hasta 1-1/2 in.	Sobre 1-1/2 in. hasta 2-1/2 in.	Sobre 2-1/2 hasta 4 in.	Sobre 4 in.
<b>Carbono</b>	0.25	0.25	0.26	0.27	0.29
<b>Manganeso</b>	--	.80/1.20	.85/1.20	.85/1.20	.85/1.20
<b>Fósforo</b>	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
<b>Azufre</b>	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
<b>Silicio</b>	.40 máx.	.40 máx.	.15/.40	.15/.40	.15/.40
<b>Cobre min % cuando se especifica de acero de cobre</b>	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
* Nota: Por cada reducción de 0,01% por debajo del máximo especificado de carbono, un aumento del 0,06% de manganeso por encima de la cantidad máxima prevista será permitido, hasta el máximo de 1,35%.					

Fuente: <https://es.scribd.com/document/155212543/Composicion-Astm-a-36>

En la figura 38 se muestran las propiedades mecánicas del acero A36, como el módulo elástico, módulo de corte, etc.

Figura 38. Propiedades mecánicas acero A36

Propiedades Mecánicas		Notas
Resistencia a la tracción, MPa (ksi)	400-550 (58-80)	Placas de acero, formas y barras
Límite elástico (Esfuerzo de fluencia), MPa (ksi), $\geq$	250 (36)	Espesor $\leq$ 200mm (8 pulg.)
	220 (32)	Espesor de placas de acero $>$ 200mm (8 pulg.)
Elongación, %, $\geq$	20	Placas y barras en 200 mm (8 pulg.)
	23	Placas y barras en 50 mm (2 pulg.)
Dureza Brinell, HBW	119-162	Basado en la conversión de resistencia a la tracción
Módulo de elasticidad, GPa (ksi)	200 ( $29 \times 10^3$ )	–
Prueba de impacto Charpy con muesca en V, J (ft-lbf), $\geq$	27 (20)	Formas estructurales, ubicación alternativa del núcleo
Módulo de corte, GPa (ksi)	79.3 ( $11.5 \times 10^3$ )	–
Fy del acero A36 (Límite de fluencia), MPa (ksi), $\geq$	250 (36)	–

Fuente: <https://www.materialmundial.com/acero-astm-a36-propiedades-ficha-tecnica-estructural/>

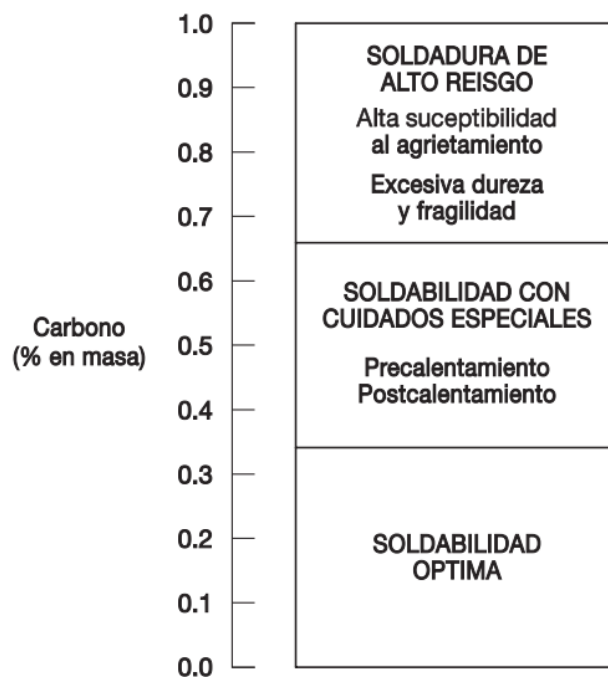
**7.1.2 Método de unión.** Existen diferentes métodos de uniones en los chasis o estructuras metálicas, sea cual sea el tipo de unión siempre tendrá como objetivo la finalización o creación de una estructura grande y robusta a partir de piezas o partes de menor tamaño, el tipo de unión depende de los materiales que se van a unir, de la rigidez y otras características que se quiera obtener.

Entre los métodos de uniones se encuentran los de tipos mecánicos los cuales se hacen por medios de remaches y todas las variaciones de ellos, se encuentran de igual forma los de tipo químico donde se usan diferentes tipos de adhesivos, y por último, se encuentra el método de unión de tipo físico (la soldadura), el cual es el más usado en la fabricación de estructuras. Entre los tipos de soldadura se encuentran la soldadura por arco (MIG/MAG, TIG), soldadura laser, soldadura con gas (oxiacetilénica), soldadura de resistencia (por punto), etc.

En la fabricación de la estructura de la motocicleta se opta por el método de unión de soldadura y específicamente de tipo arco **SMAW**, debido a que aporta la rigidez necesaria y tiene algunas ventajas como hermeticidad, economía y disminución de peso.

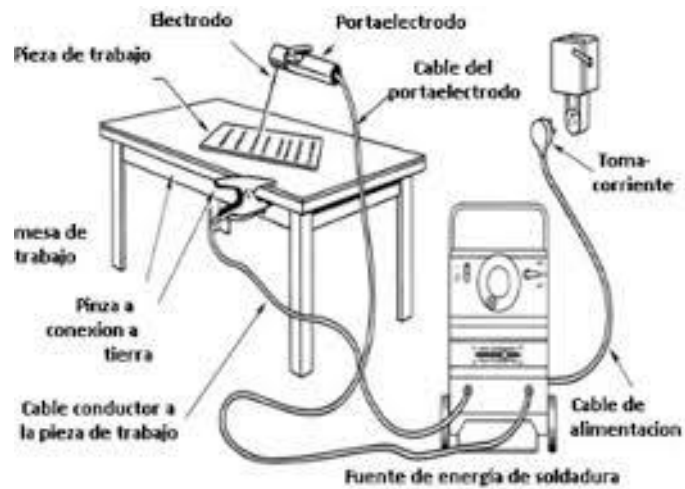
Para la soldadura en aceros, se debe tener en cuenta el porcentaje en carbono, ya que, de la cantidad de contenido en él, dependerá la facilidad de que las dos piezas puedan ser soldadas. Se seleccionó previamente el acero ASTM A36 el cual tiene un máximo de 0.25% de carbono, teniendo así una soldabilidad optima.

Figura 39. Efecto del carbono en la soldabilidad del acero



Fuente: [https://www.ahmsa.com/assets/files/manuales/MANUAL\\_AHMSA\\_2.pdf](https://www.ahmsa.com/assets/files/manuales/MANUAL_AHMSA_2.pdf)

Figura 40. Proceso de soldadura SMAW

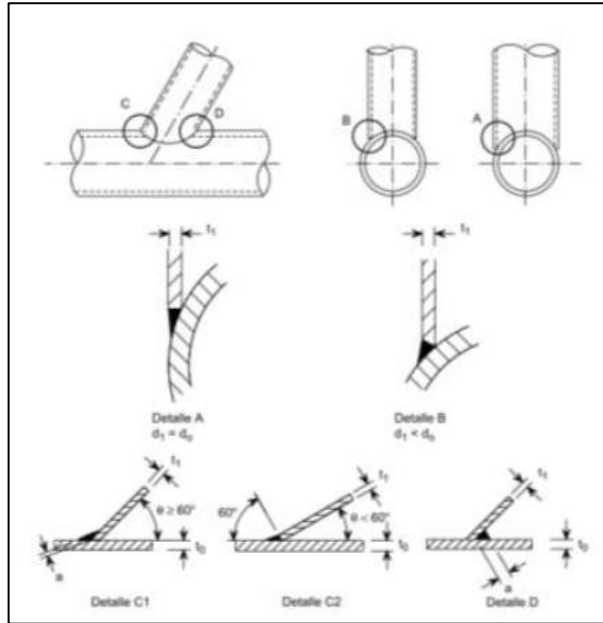


FUENTE: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS0wXr2N7n3jQ-Tzj8TqHqqBCpwi2X-RXyHAQ&usqp=CAU>

Las uniones de tubos circulares se pueden realizar mediante soldadura de ángulo si la relación entre los diámetros de las secciones a unir no excede 0.33 y si la separación a soldar no es mayor a 3mm, para la relación mayores la soldadura puede cambiar uniformemente a lo largo de la curva de la unión, como se muestra en el grafica. <sup>15</sup>

<sup>15</sup> <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13199/6/UPS-CT006826.pdf>

Figura 41. Detalles de soldadura en un nudo de perfiles tubulares circulares.



Fuente: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13199/6/UPS-CT006826.pdf>

Figura 42. Recomendación para soldar algunos aceros

Norma o Especific.	Designación el Acero	Clasificación de los electrodos según AWS									Precalentamiento recomendado °C	
		E6010	E6011	E6012	E6013	E6027 (*)	E7014 (**)	E7024 (*)	E7018 (**)	E7018 (**) A1		E8016 C1
203 Of 78	A42-27ES	•	•	•	•	•	•	•	•	•		90-150
	A52-34ES								•		•	90-150
ASTM	A36	•	•	•	•	•	•	•	•			90-150
SAE o AISI	1010 al 1020	•	•	•	•	•	•	•	•	•		Sobre 90
	1033 al 1045								•		•	150-260

(\*) Posición a soldar; Plana, horizontal y Filete  
(\*\*) Electrodo con bajo Hidrógeno  
(\*\*\*) Electrodo con contenido de Carbono 0,08%  
A1 Electrodo de acero con 0,5% de Molibdeno  
C1 Electrodo de acero con 2,5% de Níquel y 1,2% de Manganeso.

Fuente: CORONADO, Elkin Robert y NAVARRETE Junion. diseño y construcción de un vehículo biplaza tipo buggy para uso recreativo, Trabajo de grado ingeniería mecánica. Bucaramanga.: Universidad industrial de Santander, 2015

**7.1.3 Factor de seguridad.** El factor de seguridad es un criterio importante para conocer la fiabilidad de la pieza o estructura bajo condiciones de carga, matemáticamente se expresa como  $N = S_y/\sigma_1$ , donde  $S_y$  es el esfuerzo de fluencia a tensión y  $\sigma_1$  el esfuerzo al que será sometido la estructura; además, la relación entre esos dos valores debe ser mayor que uno para garantizar la integridad de la estructura. “Qué tan grande debe ser N, depende de muchas cuestiones, incluyendo nuestro nivel de confianza en el modelo con que se basan los cálculos, nuestro conocimiento del intervalo de posibles condiciones de carga durante el servicio, así como nuestra confianza en la información disponible acerca de resistencia del material.”<sup>16</sup>

Ahora, se determina el factor de seguridad mínimo para el sistema, a partir de algunos factores que se muestran en la figura 43, en esta se escoge un factor de cada categoría y finalmente se toma el factor de seguridad integral que corresponde al mayor de las tres,  $N_{dúctil} \cong M\acute{A}X(F1, F2, F3)$ .

---

<sup>16</sup> NORTON, ROBERT L. Diseño de Maquinas. México: Prentice, Hall, 1999.

Figura 43. Factores para determinar el coeficiente de seguridad en materiales dúctiles

Información	Calidad de la información	Factor
		<b>F1</b>
	Se utilizó material real para la prueba	1.3
Datos de las propiedades del material obtenidos con pruebas	Están disponibles los datos de prueba del material representativo	2
	Están disponibles los datos de prueba del material aceptablemente representativo	3
	Están disponibles los datos de prueba del material poco representativo	5+
		<b>F2</b>
	Son idénticas a las condiciones de las pruebas del material	1.3
Condiciones ambientales donde se utilizará	Condiciones de temperatura ambiente	2
	Ambiente moderadamente exigente	3
	Ambiente extremadamente exigente	5+
		<b>F3</b>
	Los modelos se han probado con experimentos	1.3
Modelos analíticos de carga y esfuerzo	Los modelos representan exactamente el sistema	2
	Los modelos representan aproximadamente el sistema	3
	Los modelos son aproximaciones burdas del sistema	5+

Fuente: NORTON, ROBERT L. Diseño de Maquinas. México: Prentice, Hall, 1999.

- F1=2, están disponibles los datos de prueba del material representativo
- F2=2, Condiciones de temperatura ambiente
- F3=3, Los modelos representan aproximadamente el sistema

Como resultado, el factor de seguridad integral es igual a 3 (N=3), el cual se tendrá como referencia para futuros cálculos.

**7.1.4 Modelos CAD.** Se hizo el modelamiento de la motocicleta a partir de la geometría inicial y las dimensiones generadas por el análisis ergonómico realizado previamente, mediante el software de diseño CAD 3D SolidWorks; esta herramienta permite realizar análisis por medio de métodos de elementos finitos (FEM) para predecir el comportamiento del modelo en las condiciones planteadas, y elaborar planos que ayudarían en alguna posterior construcción.

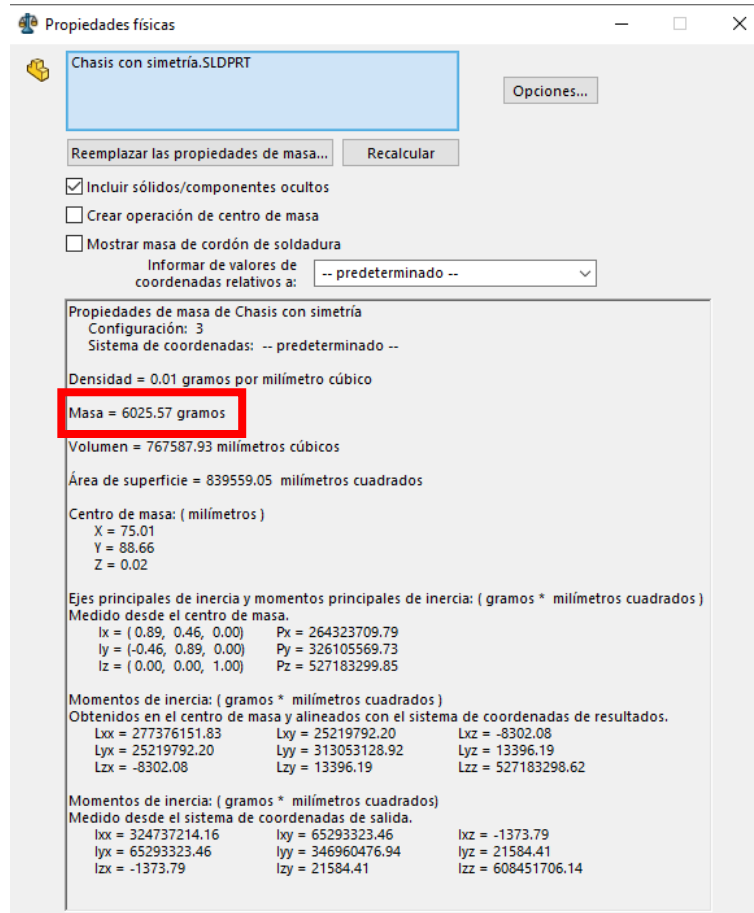
En la figura 44 se muestra el diseño del chasis simple cuna desdoblado, el modelo se hizo en base a catálogos de perfiles estructurales de distintos diámetros y espesores, algunas regiones de la estructura fueron reforzadas con elementos adicionales debido a que existían mayores concentraciones de esfuerzos. También se agregaron algunos elementos donde se asume que reposan las cargas.

Figura 44. Modelo 3d del chasis



El chasis tiene una masa total aproximada de 6.025 kg, lo cual indica que es bastante ligero tal como se aprecia en la figura 45, donde se presenta las propiedades físicas de la estructura.

Figura 45. Características del chasis

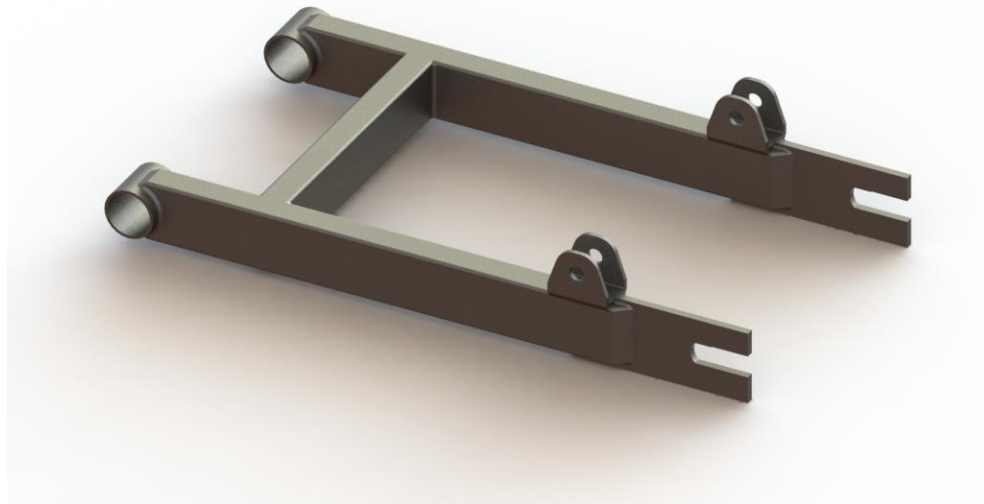


Se muestra el diseño del brazo basculante en la figura 46, el cual es parte fundamental del sistema de amortiguación ya que articula la rueda trasera con respecto al chasis de la motocicleta. A continuación, se presentan algunas características en el diseño:

- Las regiones cilíndricas delanteras pivotan en el chasis e integran unos elementos mecánicos denominados bujes.
- El anclaje inferior del amortiguador se apoya sobre el soporte trasero del basculante en dos zonas disminuyendo los esfuerzos provocados en los pernos de ajuste.

- El eje de la rueda trasera se encuentra empotrado en el bloque del motor, esto limita el diseño del anclaje con el basculante, eliminando la opción de ser una ranura cerrada como se acostumbra. Cabe mencionar que el anclaje al eje de la rueda es una chapa de aproximadamente 5 mm de espesor con ranura abierta.

Figura 46. Modelo 3D del brazo basculante



Finalmente, en la figura 47 se muestra el ensamblaje de las piezas anteriores para llevar a cabo la simulación, en este se integra un tercer elemento rígido (coloreado en amarillo) sustituyendo a los amortiguadores, con el fin de simplificar la simulación.

Figura 47. Modelo 3d del ensamblaje



**7.1.5 Consideraciones para simulación.** Gran porcentaje del éxito en los resultados del estudio estático estructural por medio de métodos de elementos finitos (FEM), está definido por las restricciones en el sistema, o sea, la disposición de los puntos de apoyos y su respectivo grado de libertad. De modo que, para lograr una mayor aproximación en los resultados y poder determinar si la estructura cumple con las especificaciones mínimas de diseño, estas restricciones serán planteadas con semejanza a la realidad.

En la figura 48 se muestra la configuración de cargas, sujeciones y conexiones del ensamblaje dados en el software SolidWorks, análogo a un diagrama de cuerpo libre y explicado en la tabla 17.

Figura 48. Configuración de apoyos y cargas en el ensamblaje

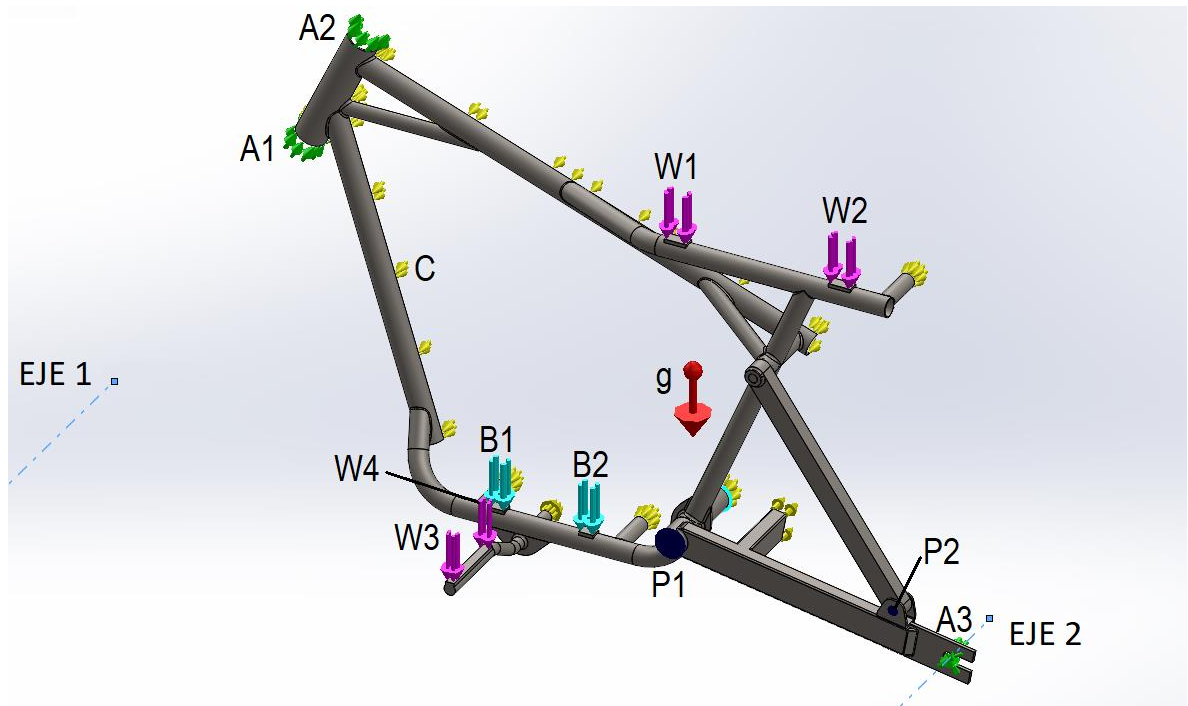
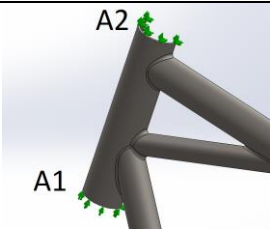
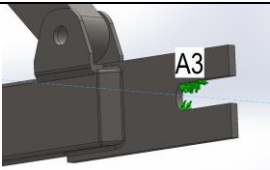


Tabla 17. Configuración de cargas, sujeciones y conexiones en SolidWorks

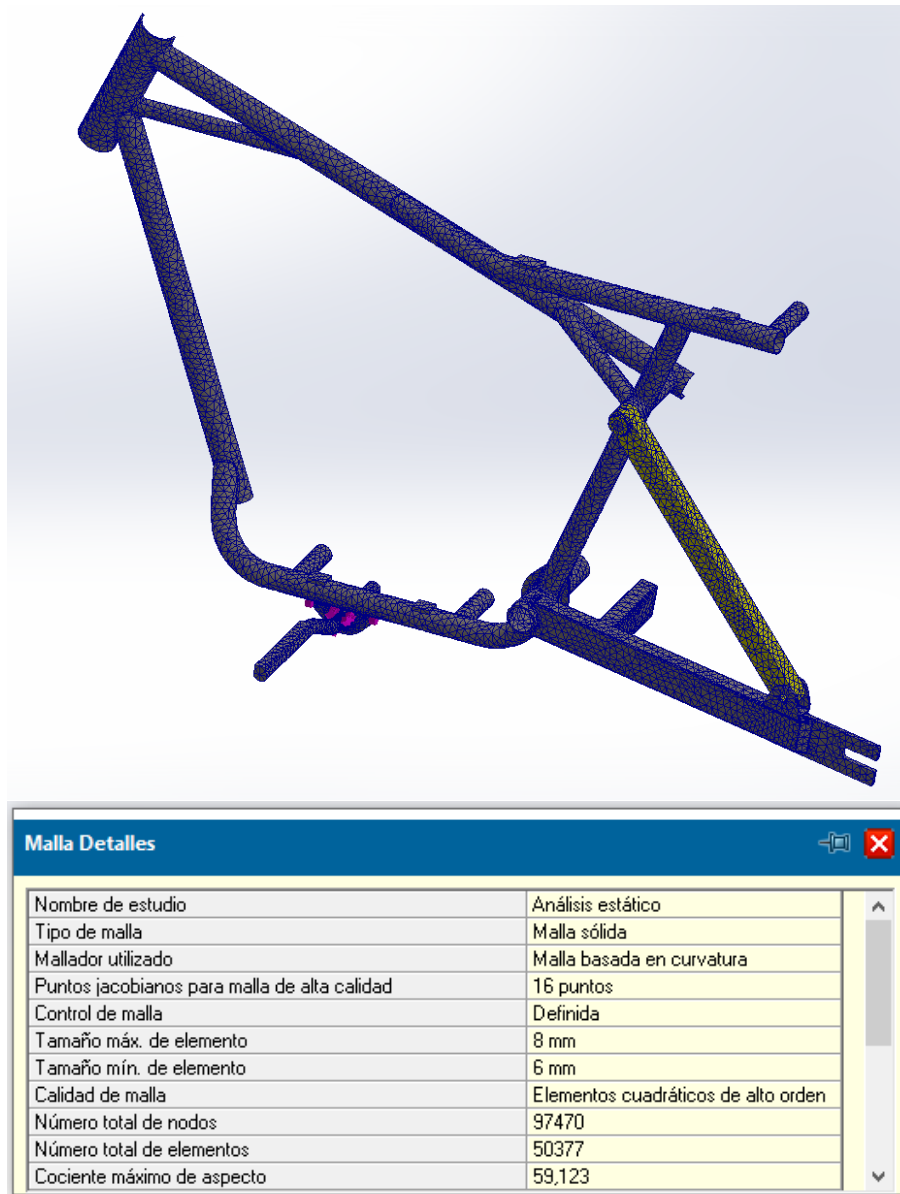
Tipo	Símbolo y nomenclatura	Descripción	Magnitud [N]
Sujeción	 <p>A2 A1</p>	las caras A1 y A2 seleccionadas en el cabezal de dirección se mueven tangente al <b>eje 1</b> o eje de la rueda delantera; se restringen los movimiento radial y axial	-
Sujeción	 <p>A3</p>	Las caras A3 seleccionadas en el basculante se mueven tangente al <b>eje 2</b> o eje de la rueda trasera. Se restringen los movimientos radial y axial	-

Sujeción por simetría		Las flechas amarillas ubicadas en las caras C en la parte posterior representan una sujeción de tipo simetría, estas se pueden usar en modelos al que se le puede aplicar simetría como es el caso, alcanzando una mayor precisión gracias a la reducción del tamaño del modelo.	-
Conexión tipo pasador		Se integran dos conexiones tipo pasador en el punto donde pivota el brazo basculante y en el acople inferior del amortiguador para simplificación de los bujes.	-
Carga		Las flechas moradas ubicadas en las caras W1 y W2 hacen referencia al peso del conductor apoyado en el sillín.	342 [N]
Carga		Las flechas moradas ubicadas en la cara W3 hace referencia al peso del conductor (piernas) apoyado sobre el reposapiés.	130,3 [N]
Carga		Las flechas azul celeste ubicadas en las caras B1 y B2 hacen referencia al peso de la batería y controlador	196,2 [N]
Fuerza de gravedad		La flecha roja denota la fuerza de gravedad aplicado al sistema.	9,81 [N]

Se realiza el mallado del ensamblaje, este es un proceso crucial en el análisis del diseño debido a que la precisión en los resultados se ve directamente afectado en la calidad de la malla. Se genera una malla basada en curvatura con un tamaño de

elemento pequeño, además, se realiza un control de mallado haciendo la malla más fina en las regiones con mayor criticidad para mejorar la predicción del comportamiento del chasis. En la figura 49 se puede observar el mallado del ensamblaje y los detalles de malla.

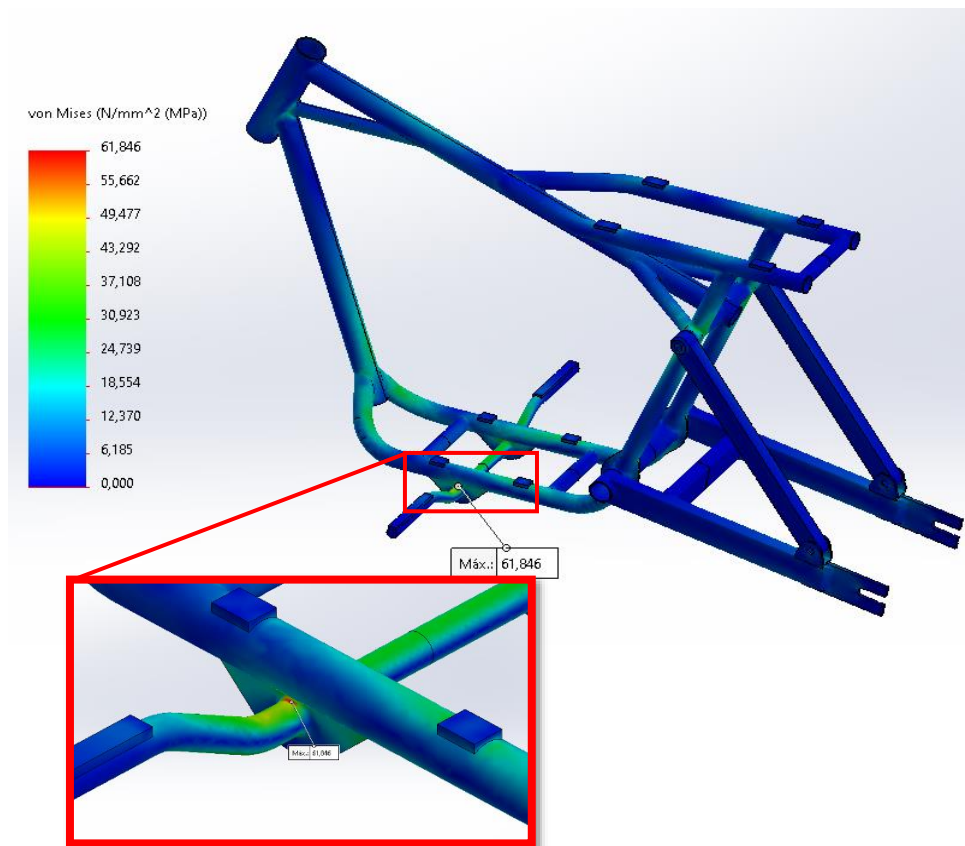
Figura 49. Mallado del ensamblaje y detalles de malla



## 7.1.6 Resultados de análisis estático estructural.

**7.1.6.1 Resultados de esfuerzos.** En la figura 50 se puede apreciar el trazado de tensiones con vista completa del ensamblaje, se evidencia que no existen regiones que sobrepasen el esfuerzo ultimo de tensión  $S_y$  o límite elástico del material seleccionado (Acero ASTM a36, 250 Mpa) y se observa que la mayor concentración de esfuerzos se encuentra en la unión del reposapiés con la parte inferior del chasis, teniendo un valor de 61,86 Mpa. El basculante presenta baja concentración de esfuerzos.

Figura 50. Trazado de tensiones (Von Mises)



### 7.1.1.1 Resultado de deformaciones

Figura 51. Trazado de deformaciones

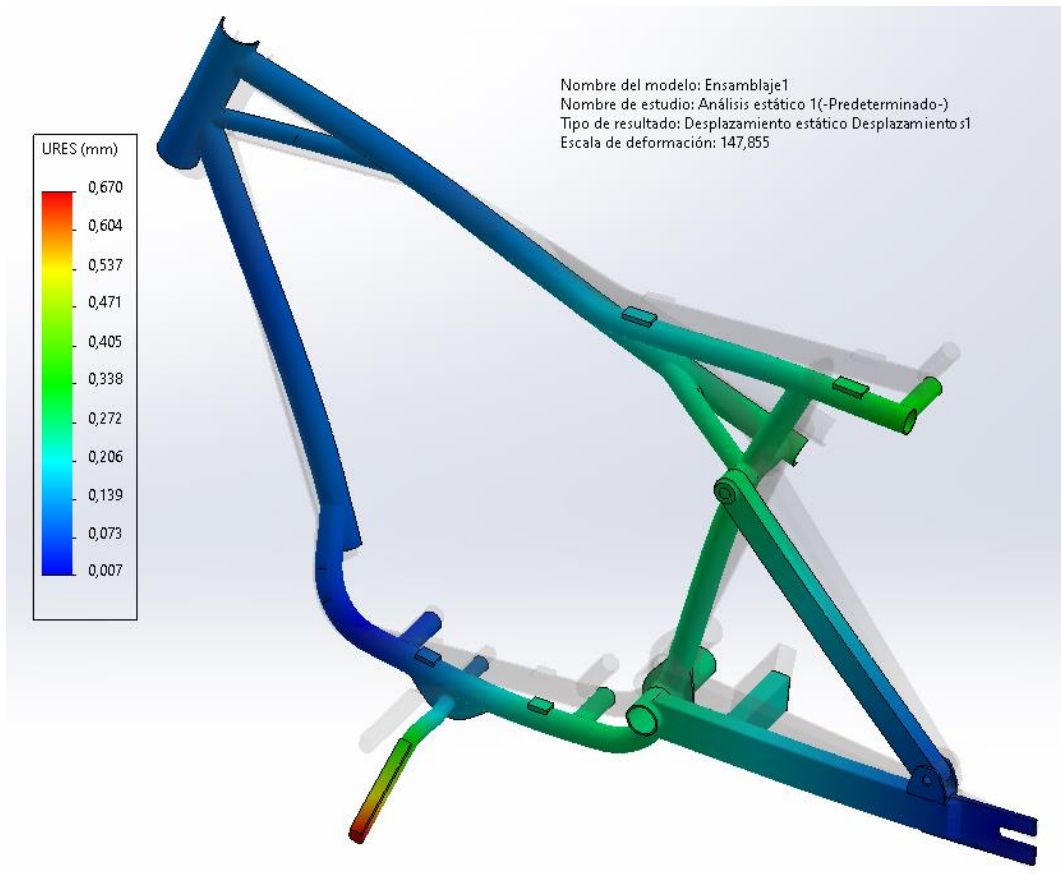
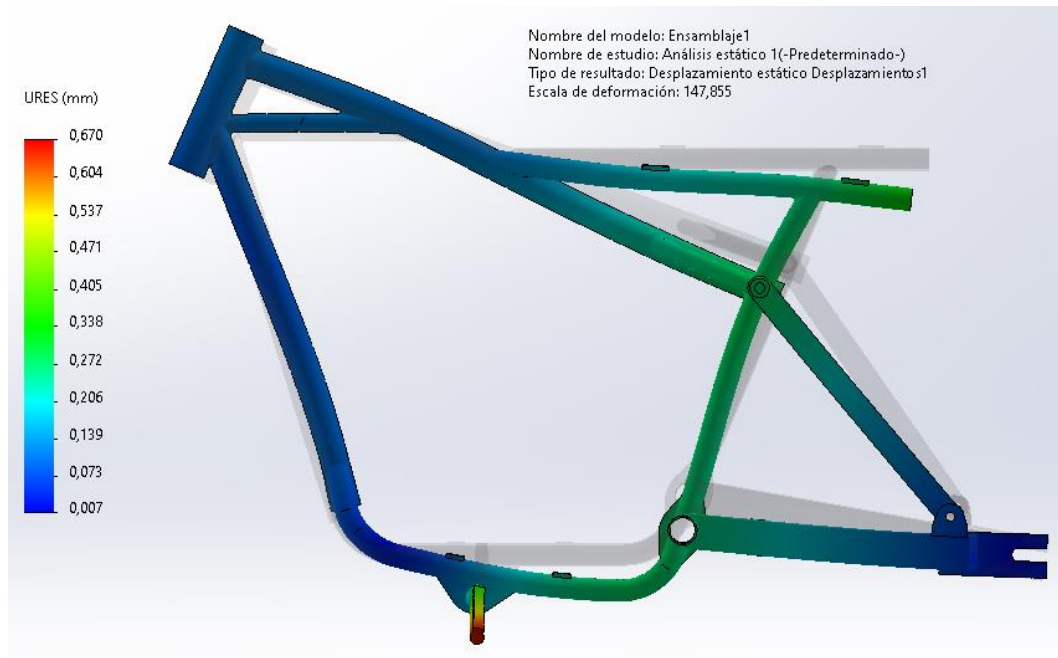
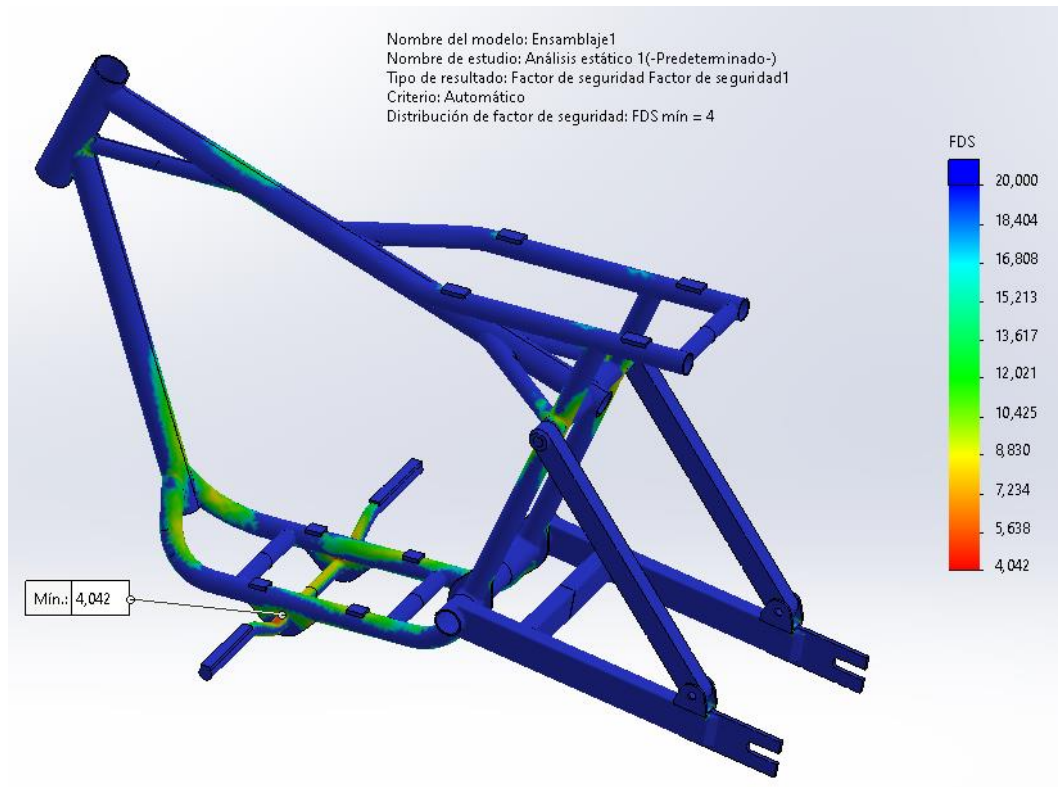


Figura 52. Trazado de deformaciones en vista lateral



**7.1.6.3 Resultados del factor de seguridad.** Se obtuvo un factor de seguridad mínimo de 4 (Figura 53), el cual es superior al valor de referencia establecido anteriormente y corrobora que la estructura admite las cargas aplicadas, de igual manera se aprecia que el mínimo valor obtenido está ubicado en la misma zona del trazado de tensiones. De acuerdo con este resultado, se tiene la opción de optar por un acero de mejor calidad si así se requiere.

Figura 53. Trazado de factor de seguridad



## 7.2 Sistema de suspensión

Imaginemos transitar por un terreno irregular en una motocicleta sin un sistema de amortiguamiento, seguramente se tendrá una mala sensación durante y al final del trayecto, asimismo el chasis y demás elementos en la motocicleta sufrirán mayor estrés por ciclos más amplios de carga y la vida útil se vería seriamente afectada. Es importante mencionar que la dirección sufriría inconvenientes dado que en esta condición se presenta pérdida de adherencia en la rueda; he aquí la gran importancia de este sistema. Para contrarrestar lo anterior, a cualquier vehículo se debe instalar un sistema de suspensión adecuado para que ambas partes (hombre-máquina) no sufran mayor estrés al final del camino.

**7.2.1 Suspensión trasera.** La suspensión trasera contara de dos partes una de ellas los amortiguadores doble brazo y otra el basculante el cual se hizo su diseño y estudio correspondiente. Se selecciona el amortiguador de bóxer 100, REF: DM-1710-25 (Figura 54)

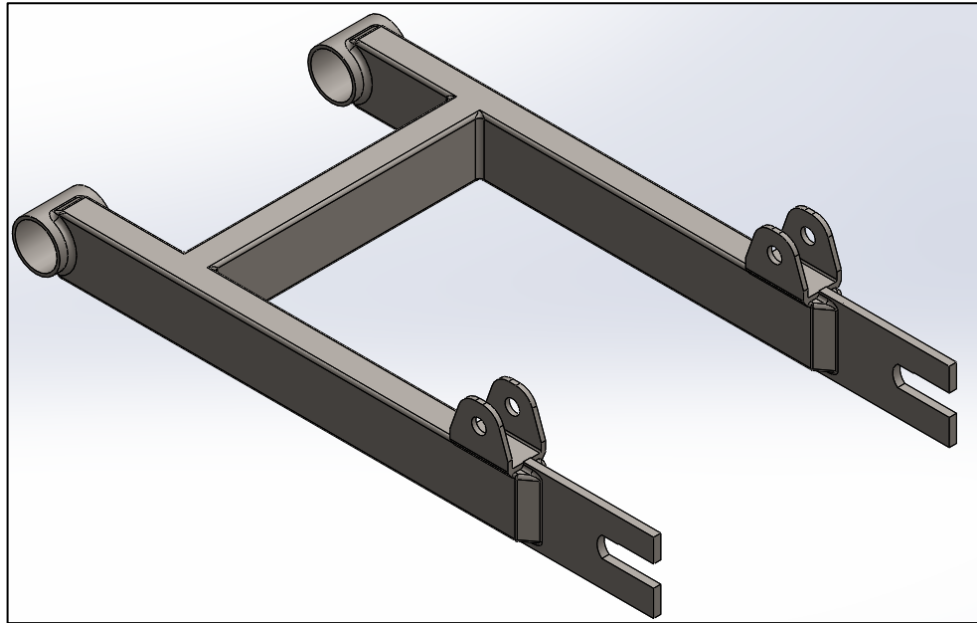
Figura 54. Amortiguador bóxer 100



Fuente: <https://www.impocali.com/img/catalogos/Shibumi/1.-%20CATALOGO%20SHIBUMI%202019.pdf>

**7.2.1.1 Diseño del basculante.** El basculante es parte fundamental del sistema de amortiguación trasera ya que este mantiene en posición a la llanta con respecto al cuerpo de la moto y es donde se soportan los movimientos que realizan los amortiguadores, el estudio del basculante se encuentra en el apartado (6.1.7) junto con el chasis. A continuación, se muestra el modelo CAD del basculante.

Figura 55. Modelo 3d del basculante



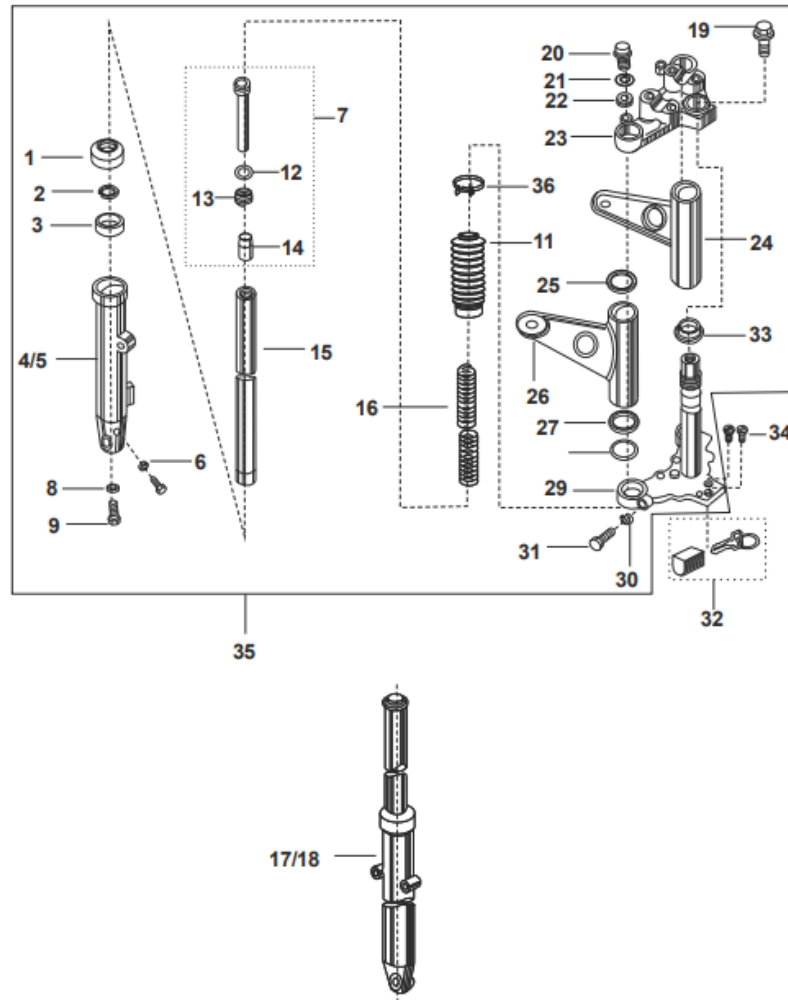
**7.2.2 Suspensión delantera y sistema dirección.** En la suspensión delantera se opta por la selección de un kit de tren delantero completo de la moto Boxer Ct-100 2020, que incluye los siguientes componentes, horquilla delantera, manubrio de dirección, espigas, eje de dirección, entre otros. Este sistema se puede apreciar en la figura 56 y 57. Además este sistema se ha caracterizado por su durabilidad y excelente desempeño en diferentes terrenos.

Figura 56. Parte de tren delantero Boxer CT 100



Fuente: [https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-658666474-tren-delantero-de-boxer-ct-100-con-horquilla-\\_JM#position=6&search\\_layout=stack&type=item&tracking\\_id=37449756-0f5e-49e0-a040-b60156a9313c](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-658666474-tren-delantero-de-boxer-ct-100-con-horquilla-_JM#position=6&search_layout=stack&type=item&tracking_id=37449756-0f5e-49e0-a040-b60156a9313c)

Figura 57. Kit de sistema de suspensión delantera

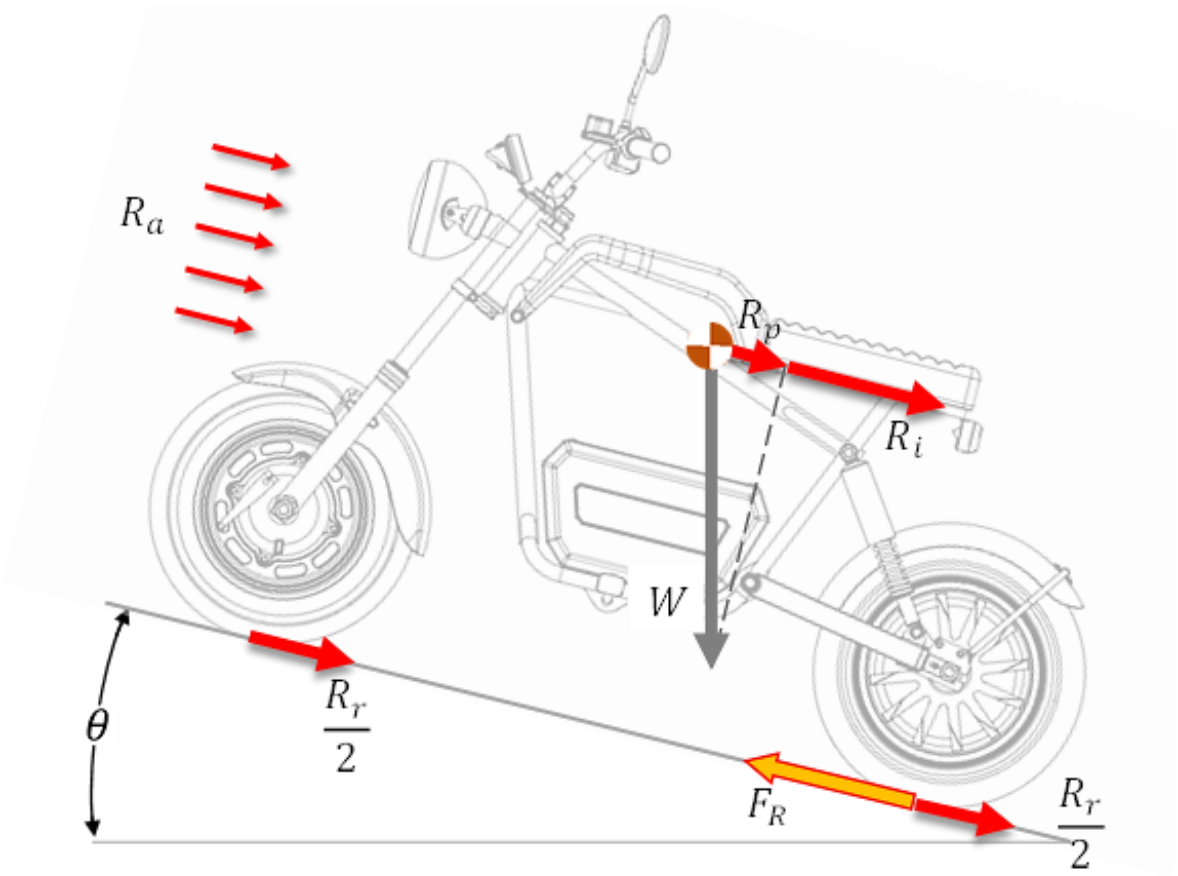


Fuente: [https://www.auteco.com.co/wp-content/uploads/2020/05/Manual\\_de\\_partes\\_BOXER\\_CT\\_100.pdf](https://www.auteco.com.co/wp-content/uploads/2020/05/Manual_de_partes_BOXER_CT_100.pdf)

### 7.3 Sistema de potencia

**7.3.1 Cálculo de potencia requerida por la motocicleta.** En la figura 57 se plantea un diagrama de cuerpo libre en la que se integran todas las fuerzas que actúan en el sistema, con el fin de plantear las ecuaciones generales que ayudan a calcular la potencia del motor eléctrico.

Figura 58. Diagrama de cuerpo libre (DCL) de la motocicleta



La potencia se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$P = F_R * \frac{d}{t} = F_R * V \quad \text{[Ecuación 1]}$$

$$d = V_i * t + \frac{1}{2} * a * t^2 \quad \text{[Ecuación 2]}$$

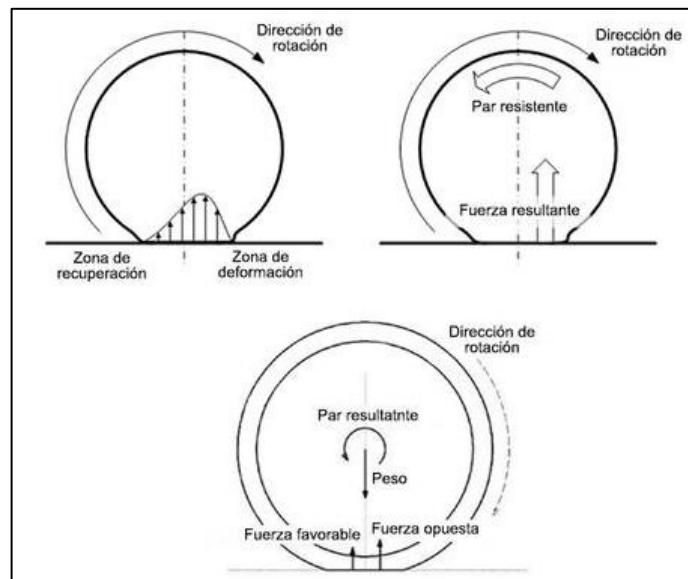
Donde  $F_R$  es la fuerza impulsora,  $d$  es la distancia recorrida en el tiempo dado,  $V_i$  es la velocidad inicial,  $a$  es la aceleración que experimenta el vehículo y  $t$  es tiempo que tarda en recorrer la distancia  $d$ .

Además, para el análisis se distinguen dos condiciones, régimen transitorio y régimen permanente; y a su vez cada condición se subdivide en dos casos, terreno

plano y terreno inclinado. A continuación, se presentan las fuerzas que se oponen al movimiento del vehículo:

**7.3.1.1 Resistencia por rodadura.** La resistencia por rodadura suele interpretarse como el rozamiento entre la llanta y el asfalto, pero esto es erróneo ya que entre ellas no existe un deslizamiento si no un rodamiento relativo, así que, la resistencia por rodadura está dada por un par de fuerza, esta resistencia es afectada por la histéresis del neumático (elasticidad y adherencia del neumático con el asfalto), y a su vez es afectada por algunos factores como lo son la temperatura y la presión del neumático, que hacen que disminuya o aumente la huella de contacto y la dureza del neumático; también es afectada por el peso y la velocidad aunque esta última influye en muy pequeñas proporciones.

Figura 59. Fuerzas que actúan en la rodadura



Fuente: <https://m1.paperblog.com/i/462/4626534/resistencia-rodadura-importancia-neumaticos-L-M96eGL.jpeg>

Para definir la resistencia por rodadura se emplea la siguiente ecuación:

$$R_r = C_r * F_N \quad \text{[Ecuación 3]}$$

$$C_r = \frac{d}{R}$$

[Ecuación 4]

Donde  $C_r$  es el coeficiente de resistencia de rodadura,  $F_N$  la fuerza normal en el punto de contacto de la rueda en Newton (N),  $d$  el parámetro de fricción de rodadura en metros (m) y  $R$  el radio de la rueda en metros (m).

El coeficiente  $C_r$  puede ser calculado con la siguiente ecuación:

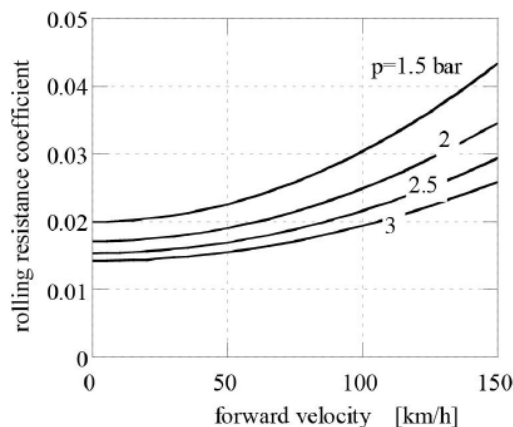
$$C_r = 0,0085 + \frac{0,018}{p} + \frac{1,59 \cdot 10^{-6}}{p} * V^2$$

[Ecuación 5]

Donde  $p$  es la presión de aire en el neumático en bares (bar) y  $V$  es la velocidad de la motocicleta en m/s. La presión de aire en los neumáticos de acuerdo con las dimensiones seleccionadas (rin 12 en ambas ruedas), varían generalmente entre los 25 y 30 psi, siendo este valor mayor en el neumático trasero.

El coeficiente de resistencia de rodadura también puede ser encontrado en función de la presión y velocidad tal como se muestra en la figura 58, sin embargo se pierde un poco de exactitud.

Figura 60. Coeficiente de resistencia de rodadura VS velocidad y presión



Fuente: VITTORE, Cossalter. 2 ed. 2006. ISBN 978-81-44-7532-767

**7.3.1.2 Resistencia por pendiente.** Es originada por el peso del vehículo cuando se desplaza en una pendiente y se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

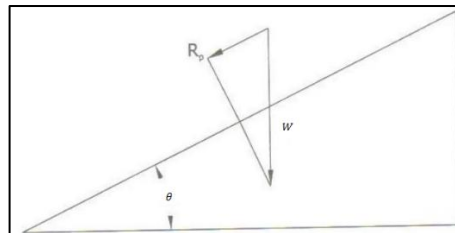
$$R_p = W * \text{sen}\theta \quad \text{[Ecuación 6]}$$

$$W = m_T * g \quad \text{[Ecuación 7]}$$

$$m_T = m_c + m_p + m_b + m_o \quad \text{[Ecuación 8]}$$

Donde  $W$  es el peso total del vehículo incluyendo el piloto;  $\theta$  es la inclinación de la carretera;  $m_T$  es la masa total de la motocicleta incluyendo el piloto;  $g$  la gravedad terrestre;  $m_c$  es la masa de la estructura incluyendo los sistemas de suspensión;  $m_p$  es la masa del piloto;  $m_b$  es la masa de la batería, controlador, motor eléctrico y  $m_o$  masa de accesorios

Figura 61. Resistencia por pendiente



Fuente: [https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQaNMra1zbtEEXNGYzRstZStGyxFli\\_Jej-rQ&usqp=CAU](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQaNMra1zbtEEXNGYzRstZStGyxFli_Jej-rQ&usqp=CAU)

**7.3.1.3 Resistencia por inercia.** Físicamente la inercia se define como la resistencia que presenta un cuerpo frente a cambios de velocidad, en el caso de la resistencia provocada por el cuerpo de la motocicleta en estado transitorio, la resistencia por inercia se define mediante la siguiente ecuación:

$$R_i = m_e * a \quad \text{[Ecuación 9]}$$

$$a = \frac{V_f - V_i}{t} \quad \text{[Ecuación 10]}$$

Donde  $a$  es la aceleración de la motocicleta,  $V_f$  es la velocidad final en m/s,  $V_i$  es la velocidad inicial,  $t$  el tiempo transcurrido entre el cambio de velocidad en segundos (s) y  $m_e$  es la masa equivalente en (kg) expresada en la ecuación 9.

$$m_e = m_T + I_{w_{rt}} * \tau_{rt}^2 + I_{w_{rd}} * \tau_{rd}^2 \quad \text{[Ecuación 11]}$$

$$\tau_{rt} = \frac{\omega_r}{V} = \frac{1}{r_{rt}} \quad \text{[Ecuación 12]}$$

$$\tau_{rd} = \frac{\omega_f}{V} = \frac{1}{r_{rd}} \quad \text{[Ecuación 13]}$$

Ésta última incluye la inercia de los cuerpos que se involucran, la masa total del sistema y los elementos giratorios. Donde:

$I_{w_{rt}}$  es la inercia de la rueda trasera;

$I_{w_{rd}}$  es la inercia de la rueda delantera;

$\tau_{rt}^2$  son la relación de velocidad angular de la rueda trasera

$\tau_{rd}^2$  es la relación de velocidad de la rueda delantera

**7.3.1.4 Resistencia aerodinámica.** Cuando un cuerpo se desplaza se crea una fuerza o resistencia aerodinámica que es opuesta al movimiento y puede provenir de diferentes factores, la forma del carenaje, la fricción de la superficie (rozamiento del aire contra la superficie del cuerpo que se desplaza), resistencia por interferencia (Flujos de aire que se cruzan).

Para definir la Resistencia aerodinámica se emplea la siguiente formula.

$$R_a = \frac{1}{2} * \rho * C_D * A_f * V^2 \quad \text{[Ecuación 14]}$$

Donde:  $\rho$  representa la densidad de aire;  $A_f$  representa el área frontal de la motocicleta;  $C_D$  representa el coeficiente de resistencia aerodinámica y  $V$  representa la velocidad de avance de la motocicleta

El valor del coeficiente  $C_D$  está fuertemente influenciado por la forma de la motocicleta, en particular por la presencia o falta de carenado. El valor de  $C_D * A$  puede variar desde  $0,18 \text{ m}^2$  para competidores récord de velocidad que están completamente carenados hasta  $0,7 \text{ m}^2$  para motocicletas sin carenado y el piloto en una posición erguida.<sup>17</sup>

**7.3.2 Resultados de la potencia requerida.** A continuación, se muestran los cálculos realizados para encontrar la potencia máxima requerida en la motocicleta mediante diversas situaciones:

Tabla 18.Caso 1: Terreno plano y régimen transitorio

$V_i = 0$ ; $V_f = 60 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ ; $\theta = 0$				
		$\sum F_x = m * a$ $R_i = m * a$ $F_R = R_a + R_p + R_i + R_r$ $R_p = 0$		
Ecuaciones	Variable	Valor		Descripción
$R_r = C_r * F_N$ $F_N = m_T * g$ $C_r = 0,0085 + \frac{0,018}{p} + \frac{1,59 \times 10^{-6}}{p} * V_{prom}^2$ $V_{prom} = \frac{V_i + V_f}{2}$	$R_r$	27,59	$N$	Resistencia a la rodadura
	$C_r$	0,01726	-	Coeficiente de rodadura
	$F_N$	1599	$N$	Fuerza normal
	$g$	9,81	$m/s^2$	Gravedad terrestre
	$p$	2,068	$bar$	Presión de aire de neumáticos
	$V_{prom}$	8,333	$m/s$	Velocidad promedio
$R_i = m_e * a$ $a = \frac{V_f - V_i}{t}$	$R_i$	241,7	$N$	Resistencia por inercia
	$m_e$	174	$kg$	Masa equivalente
	$a$	1,389	$m/s^2$	Aceleración de la motocicleta

<sup>17</sup> VITTORE, Cossalter. 2 ed. 2006. Pág. 93

$m_e = m_T + I_{rt} * \tau_r^2 + I_{rd} * \tau_f^2$ $\tau_r = \frac{1}{r_{rt}}$ $\tau_f = \frac{1}{r_{rd}}$ $m_T = m_c + m_p + m_b + m_o$	$t$	12	$s$	Tiempo de aceleración
	$m_T$	163	$kg$	Masa total con piloto
	$I_{rt}$	0,37	$kg * m^2$	Inercia de rueda trasera
	$\tau_r$	4,108	$m^{-1}$	Relación de velocidad rueda trasera
	$I_{rd}$	0,26	$kg * m^2$	Inercia de rueda delantera
	$\tau_f$	4,284	$m^{-1}$	Relación de velocidad rueda delantera
	$r_{rt}$	0,2434	$m$	Radio rueda trasera
	$r_{rd}$	0,2334	$m$	Radio rueda delantera
	$m_c$	35	$kg$	Masa de estructura, suspensión
	$m_p$	83	$kg$	Masa del piloto
	$m_b$	38	$kg$	Masa batería, controlador, motor
	$m_o$	7	$kg$	Masa otros componentes
	$R_a = \frac{1}{2} * \rho * C_D A * V_{prom}^2$	$R_a$	24,34	$N$
$\rho$		1,169	$kg/m^3$	Densidad del aire
$C_D * A$		0,6	$m^2$	Coefficiente de resistencia aerodinámica
$Pot = \frac{W_t}{t}$ $W_t = F_R * d$ $d = V_i * t + \frac{1}{2} * a * t^2$ $T = F_R * r_{rt}$	$Pot$	2447	$W$	Potencia
	$W$	29363	$J$	Trabajo
	$d$	100	$m$	Distancia recorrida
	$T$	71,47	$N * m$	Torque

Según los resultados, se obtuvieron los valores de Potencia y torque requerido por el motor eléctrico para acelerar de 0 a 60 km/h la motocicleta en las condiciones de terreno plano y régimen transitorio. Se escoge un motor eléctrico con capacidad de una potencia máxima de 2500 W y un torque igual o superior a los 72 N.m.

Ahora se realizan los cálculos para calcular en condiciones de terreno plano y régimen permanente o velocidad constante.

Tabla 19.Caso 2: Terreno plano y régimen permanente

$V = 30 \frac{km}{h} \quad ; \quad \theta = 0$				
			$\sum F_x = 0$ $R_i = 0$ $F_R = R_a + R_p + R_i + R_r$ $R_p = 0$ $F_R = R_a + R_r$	
Ecuaciones	Variable	Valor		Descripción
$R_r = C_r * F_N$ $F_N = m_T * g$ $C_r = 0,0085 + \frac{0,018}{p} + \frac{1,59 \times 10^{-6}}{p} * V^2$	$R_r$	27,85	$N$	Resistencia a la rodadura
	$C_r$	0,01742	-	Coeficiente de rodadura
	$F_N$	1599	$N$	Fuerza normal
	$m_T$	163	$kg$	Masa total con piloto
	$p$	2,068	$bar$	Presión de aire de neumáticos
	$V_{prom}$	8,333	$m/s$	Velocidad promedio
$R_a = \frac{1}{2} * \rho * C_D A * V_{prom}^2$	$R_a$	97,42	$N$	Resistencia aerodinámica
	$\rho$	1,169	$kg/m^3$	Densidad del aire
	$C_D * A$	0,6	$m^2$	Coeficiente de resistencia aerodinámica
$Pot = F_R * V$ $T = F_R * r_{rt}$	$Pot$	2080	$W$	Potencia
	$T$	30,49	$N * m$	Torque

De acuerdo con los resultados de ambos casos, se debe escoger un motor con una potencia nominal de 2000 Watts y que alcance una potencia máxima de 2500 Watts para cumplir con los objetivos planteados.

**7.3.2 Motor eléctrico.** Para los requerimientos necesarios de la moto eléctrica se selecciona un motor de 12 pulgadas 2000W 260 35H V1 48V DC sin escobillas para motocicleta Scooter Eléctrica, características (Anexo C.)

Figura 62. Motor eléctrico de cubo



Fuente: <https://ae01.alicdn.com/kf/H62b1da365cbf4c3b987511e2b6dbffb11.jpg>

Tabla 20. Especificación del motor

ESPECIFICACIONES DEL MOTOR	
Tipo de Motor	BLDC de concentradores de imanes permanentes
Marca	QSMOTOR
Diseño de Motor	Doble eje con llanta de 12 pulgadas
Altura de imán y pares de polos	35 mm 23 pares de polo
Neumático	120/70-12
Potencia nominal	2000 W
Potencia máxima	2500 W
Velocidad (personalizable)	30 – 60 km/h
Par máximo aproximadamente	110 N.m
Max eficiencia aprox.	86%
Tipo de freno	Freno de disco (por defecto)

Fuente: <http://es.qs-motor.com/product/12-pulgadas-260-modelo-2000watt-motor-de-cubo-con-llanta-para-scooter-o-motocicleta-electricas-35h-tipo-v1/>

**7.3.3 Controlador.** Se selecciona el controlador QSKLS7218A el cual es compatible y recomendable para el motor eléctrico mencionado anteriormente. Mas detalles en (Anexo D.)

Figura 63. Controlador QSKLS7218S para motor sin escobillas



Fuente:

<https://ae01.alicdn.com/kf/HTB1Cz.fRXXXXXc.XXXXq6xXFXXM.jpg?size=375488&height=591&width=900&hash=75e8478e5221a407c5cf1018bf73c6fd>

Figura 64. Especificaciones del controlador

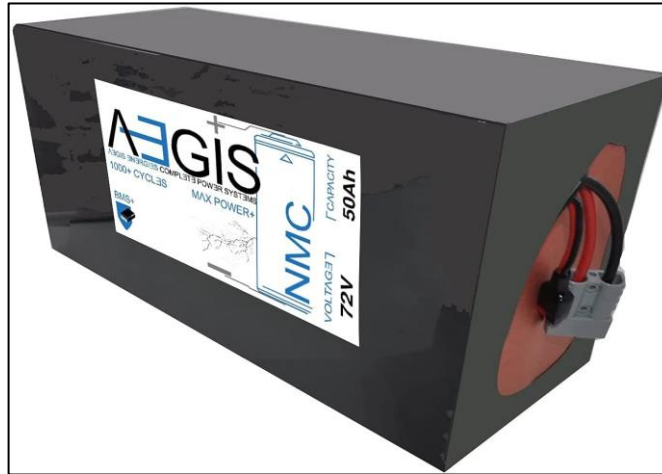
ESPECIFICACIONES DEL CONTROLADOR	
Potencia nominal	1500 - 2500 W
Potencia máxima	3000 W
Voltaje	24 - 72 V
Límite de corriente	80 A
Límite de corriente (20 segundos)	200 A
Masa	1,27 kg

Fuente:

[https://es.aliexpress.com/item/1005003069346489.html?algo\\_pvid=b4e07f3a-fca5-4123-ae22-02b511242244&algo\\_exp\\_id=b4e07f3a-fca5-4123-ae22-02b511242244-10](https://es.aliexpress.com/item/1005003069346489.html?algo_pvid=b4e07f3a-fca5-4123-ae22-02b511242244&algo_exp_id=b4e07f3a-fca5-4123-ae22-02b511242244-10)

### 7.3.4 Batería

Figura 65. Batería Aegis 72V 50Ah



Fuente: [https://m.media-amazon.com/images/I/61FdDVo23BS.\\_AC\\_SL1500\\_.jpg](https://m.media-amazon.com/images/I/61FdDVo23BS._AC_SL1500_.jpg)

Figura 66. Cargador de batería Aegis



Fuente: [https://m.media-amazon.com/images/I/51W7VFE82iS.\\_AC\\_SL1024\\_.jpg](https://m.media-amazon.com/images/I/51W7VFE82iS._AC_SL1024_.jpg)

## 7.4 Sistema de frenado

### 7.4.1 Consideraciones del frenado

**7.4.1.1 Esfuerzo de frenado.** La fuerza de frenado tiene el mismo valor que la fuerza de adherencia o rozamiento y por lo tanto se calculará mediante el producto entre el peso que gravita sobre una rueda y el coeficiente de adherencia entre ella y el suelo, y tiene sentido contraria a la fuerza de impulsión. <sup>18</sup>

**7.4.1.2 Distancia mínima de frenado.** Es la distancia mínima que recorre el vehículo desde que se aplican los frenos y depende de la velocidad y de algunos factores como, el peso que el vehículo lleva, el desgaste de los frenos, la inclinación de la calzada, etc.

**7.4.1.3 Coeficiente de fricción dinámica.** Es un parámetro adimensional vinculado a la fricción entre dos superficies en movimiento, se muestra en la figura 65 algunos coeficientes de fricción dinámica para distintos materiales

Figura 67. Propiedades de materiales comunes para forro de embragues y frenos.

Material de fricción contra acero o hierro fundido	Coeficiente de fricción dinámica	
	seco	en aceite
Moldeado	0.25–0.45	0.06–0.09
Tejido	0.25–0.45	0.08–0.10
Metal sinterizado	0.15–0.45	0.05–0.08
Hierro fundido o acero duro	0.15–0.25	0.03–0.06

Fuente: Norton R. L. Diseño de máquinas (2011)

<sup>18</sup> <http://creandoconciencia.org.ar/enciclopedia/accidentologia/la-fisica-de-la-colision/FUERZAS-DE-FRENADO.pdf>

## 7.4.2 Cálculos de frenado

**7.4.2.1 Freno de disco trasero.** Para el desarrollo de los cálculos se tendrá en cuenta una relación de radio que se obtiene en los discos de freno y según la literatura se demuestra que el torque máximo para cualquier radio exterior  $r_0$  se obtiene cuando el radio interior es  $r_i = 0,577 * r_0$ <sup>19</sup>. En la tabla 21 se muestran las ecuaciones y resultados encontrados.

---

<sup>19</sup> Norton R.L. Diseño de máquinas. Pág. 832

Tabla 21. Cálculos del freno de disco

Calculos de esfuerzos en el freno					
Ecuacion	Ecuacion	Variables	Valor	Unidades	Descripcion de la variable
$des = \frac{(V_{ini} - V_{fin})^2}{2 \cdot X}$	[15]	des	6,039	$m/s^2$	Desaceleracion
		Vini	16,67	$m/s$	Velocidad inicial
		Vfin	0	$m/s$	Velocidad final
		X	23	m	Distancia de frenado
$F_{frenado} + F_{aire} + F_{rodadura} = F_{inericia}$	[16]	$F_{frenado}$	883,5	N	Fuerza de frenado
		$F_{aire}$	28,44	N	Fuerza aerodinamica
		$F_{rodadura}$	27,08	N	Fuerza de rodadura
		$F_{inericia}$	939	N	Fuerza de inercia
$T = 0,5 \cdot d_{rueda} \cdot F_{frenado}$	[17]	T	203,2	N*m	Torque entre el neumatico y el suelo
		$d_{rueda}$	0,46	m	Diametro de la rueda
$T = \frac{p \cdot \theta \cdot \mu}{3} \cdot (r_0^3 - r_i^3) \cdot N_p$	[18]	P	30000	pas	Presion de las pastillas
		$r_0$	0,089	m	Radio exterior de disco
		$r_i$	0,051	m	Radio interior de disco
		$\mu$	0,3	/	Coefficiente de friccion
		$\theta$	60	deg	Angulo de agarre de pastillas
		$N_p$	2	/	Numero de discos
$r_0 = \left[ \frac{3 \cdot T}{\theta \cdot \mu \cdot p \cdot (1 - rel^3) \cdot N_p} \right]^{(1/3)}$	[19]	rel	0,58	/	Relacion de radios
$T_{req} = N_p \cdot \mu \cdot F \cdot 2 / 3 \cdot \left[ \frac{r_0^3 - r_i^3}{r_0^2 - r_i^2} \right]$	[20]	Treq	148,7	N*m	Torque requerido
$F = \theta \cdot r_i \cdot P_{max} \cdot [r_0 - r_i]$	[21]	F	3459	N	Fuerza requerida

De acuerdo con los resultados obtenidos, los radios externo e interno del disco de freno está entre los que se puede encontrar en el mercado.

### 7.4.2.2 Freno de tambor delantero

- Momento de las fuerzas de fricción  $M_f$

$$M_f = \frac{fP_{at}br}{\text{sen}\theta_a} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \text{sen}\theta(r - a \cos\theta) d\theta \quad [\text{Ecuación 22}]$$

$$a = \sqrt{x^2 + y^2} \quad [\text{Ecuación 23}]$$

- Momento de fuerzas normales  $M_N$

$$M_N = \frac{P_{at}bra}{\text{sen}\theta_a} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \text{sen}^2\theta d\theta \quad [\text{Ecuación 24}]$$

- Fuerza de accionamiento  $F$

$$F = \frac{M_N - M_f}{c} \quad [\text{Ecuación 25}]$$

- Par de torsión  $T$

$$T = T_R + T_L \quad [\text{Ecuación 26}]$$

Para la Zapata derecha:

$$T_R = \frac{fP_{at}br^2(\cos\theta_1 - \cos\theta_2)}{\text{sen}\theta_a} \quad [\text{Ecuación 27}]$$

Para la zapata izquierda se debe conocer la presión máxima de operación de esta, así que la podemos obtener sabiendo que los momentos tanto de fricción como normal son proporcionales a esta presión.

$$F = \frac{(M_N/P_{at})p_{al} + (M_f/P_{at})p_{al}}{c} \quad \text{[Ecuación 28]}$$

$$T_L = \frac{fP_{aL}br^2(\cos\theta_1 - \cos\theta_2)}{\text{sen}\theta_a} \quad \text{[Ecuación 29]}$$

A continuación, en la tabla 22 se observan los datos de entrada, datos de salida y el desarrollo de las ecuaciones mostradas anteriormente; El coeficiente de fricción y datos de la zapata se toman de catálogo, Ver anexo F.

Tabla 22. Cálculos del freno de tambor

JUEGO DE ZAPATA 06430-KVT-D10			
Datos de entrada			
Variable	unidad	Valor	Descripción
$\phi$	<i>m</i>	0.11	Diámetro zapata.
<i>r</i>	<i>m</i>	0,055	Radio zapata.
<i>b</i>	<i>m</i>	0.025	Ancho de zapata.
<i>y</i>	<i>m</i>	0.037	Distancia desde centro hasta el pivote en dirección Y
<i>x</i>	<i>m</i>	0.00752	Distancia desde centro hasta el pivote en dirección X
<i>c</i>	<i>mm</i>	80.91	Distancia entre pivote y donde punto donde se ejerce la fuerza
<i>P<sub>at</sub></i>	<i>kPa</i>	500	Presión máxima o limite.
<i>f</i>	-	0.5	Coefficiente de rozamiento
$\theta_1$	-	0	Angulo entre punto de aplicación de fuerza y la zapata
$\theta_2$	-	160	Angulo completo del punto de contacto
$\theta_a$	-	90	
Desarrollo de ecuaciones			
$a = \sqrt{X^2 + Y^2}$			

$$M_f = \frac{f \cdot P_{at} \cdot b \cdot r}{\sin(\theta_a)} \cdot \left[ r - r \cdot \cos(\theta_2) - \frac{a}{2} \cdot \sin^2(\theta_2) \right]$$

$$M_N = \frac{P_{at} \cdot b \cdot a_p \cdot r}{\sin(\theta_a)} \cdot \left[ \frac{\pi}{2} \cdot \frac{\theta_2}{180} - 1/4 \cdot \sin(2 \cdot \theta_2) \right]$$

$$f = \frac{M_N - M_f}{c}$$

$$T_R = \frac{f \cdot P_{at} \cdot b \cdot r^2 \cdot (\cos(\theta_1) - \cos(\theta_2))}{\sin(\theta_a)}$$

$$F_1 = \frac{\frac{M_N}{P_{at}} \cdot P_{izquierda} + \frac{M_f}{P_{at}} \cdot P_{izquierda}}{c}$$

$$T_L = \frac{f \cdot P_{izquierda} \cdot b \cdot r^2 \cdot (\cos(\theta_1) - \cos(\theta_2))}{\sin(\theta_a)}$$

$$T = T_L + T_R$$

#### Datos de salida

Variable	unidad	Valor	Descripción
<b>a</b>	<i>m</i>	0.03776	Distancia desde el centro hasta el pivote de giro.
$M_f$	<i>N * m</i>	25.14	Momento de las fuerzas de fricción.
$M_N$	<i>N * m</i>	131.3	Momento de las fuerzas de normales.
<b>F</b>	<i>kN</i>	1.31	Fuerza de accionamiento.
$P_{izquierda}$	<i>kPa</i>	339.3	Presión ejercida zapata izquierda.
$T_R$	<i>N * m</i>	25.67	Torsión zapata derecha.
$T_L$	<i>N * m</i>	17.42	Torsión zapata izquierda.
<b>T</b>	<i>N * m</i>	43.09	Par de torsión.

## 7.5 Partes y accesorios de la moto eléctrica

- Frenos

Figura 68. Frenos hidráulicos



Fuente: <https://ae01.alicdn.com/kf/Hb1af4716ecd444748ef886d83c4203e8s.jpg>

- Luces

Figura 69. Farola redonda led



Fuente: [http://http2.mlstatic.com/D\\_983319-MCO43855896038\\_102020-O.jpg](http://http2.mlstatic.com/D_983319-MCO43855896038_102020-O.jpg)

Figura 70. Kit de direccionales.



Fuente: [https://i1.wp.com/mlm-s1-p.mlstatic.com/850652-MLM31543153303\\_072019-O.jpg?resize=465%2C500](https://i1.wp.com/mlm-s1-p.mlstatic.com/850652-MLM31543153303_072019-O.jpg?resize=465%2C500)

- **Tablero de indicadores.** Se selecciono un velocímetro CT-22 de 48v-120v programable (Figura 69), que permite visualizar el tiempo de conducción, distancia, velocidad, tensión, y estado de carga de la batería. Para más información ver (Anexo E).

Figura 71. Velocímetro CT-22



Fuente:

<https://sc02.alicdn.com/kf/HTB134LAzkSWBuNjSszd762eSpXar/202837003/HTB134LAzkSWBuNjSszd762eSpXar.png>

Figura 72. Acelerador



Fuente: <http://www.gs-motor.com/product/hall-twist-throttle-0-5v/>

## 8. MODELO A ESCALA

Figura 73. Construcción del chasis.



Figura 74. Aplicación de base anticorrosiva a la estructura.



Figura 75. Chasis del prototipo.



Figura 76. Aplicación de base anticorrosiva al basculante.



Figura 77. Basculante del prototipo.



Figura 78. Sistemas de suspensión del prototipo.



Figura 79. Carenaje del prototipo (Guarda barro).



Figura 80. Sillín del prototipo.



Figura 81. Ensamblaje sistema de suspensión trasero y chasis.



Figura 82. Ensamblaje sistema de suspensión trasero, chasis y guarda barro.



Figura 83. Ensamblaje de los sistemas de suspensión, chasis, sillín, manubrio y carenaje



Figura 84. Prototipo de la moto eléctrica



## 9. ANÁLISIS ECONÓMICO EN COMPARACIÓN CON OTRAS MOTOS ELÉCTRICAS.

Para el análisis económico se listará el valor de todos los elementos que harán parte de la moto eléctrica, sin tener en cuenta el proceso de fabricación ni ensamblaje, de igual forma se resalta que la cotización de cada ítem se hace de forma independiente y sin descuento alguno por compras al por mayor.

Tabla 23. Costo sistema eléctrico

TABLA DE COSTOS SISTEMA ELECTRICO				
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT	PRECIO	TOTAL
1	Controlador YKZ7280JA	1	\$ 230.000	\$ 230.000
2	Velocímetro CT-22	1	\$ 174.043	\$ 174.043
3	Batería	1	\$ 730.000	\$ 730.000
4	Kit de Direccionales	2	\$ 16.000	\$ 32.000
5	Farola delantera redonda	1	\$ 33.500	\$ 33.500
6	Cableado	3	\$ 2.000	\$ 6.000
7	Stop	1	\$ 9.000	\$ 9.000
<b>VALOR TOTAL</b>				<b>\$ 1.214.543</b>

Tabla 24. Costo estructura

TABLA DE COSTOS ESTRUCTURA				
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT	PRECIO	TOTAL
8	Rodamientos	5	\$ 7.000	\$ 35.000
9	Pata de gato lateral	1	\$ 15.000	\$ 15.000
10	Buje de unión entre chasis y basculante	1	\$ 13.000	\$ 13.000
11	Basculante	1	\$ 200.000	\$ 200.000
12	Chasis	1	\$ 400.000	\$ 400.000
<b>VALOR TOTAL</b>				<b>\$ 663.000</b>

Tabla 25. Costo sistema de propulsión

TABLA DE COSTOS SISTEMA DE PROPULSIÓN				
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT	PRECIO	TOTAL
13	Motor de 12 pulgadas 1500 W V1	1	\$ 497.792	\$ 497.792
14	Llanta Trasera 130/70-R12	1	\$ 160.000	\$ 160.000
15	Llanta Delantera 100/70-R10	1	\$ 80.000	\$ 80.000
16	Rin Delantero	1	\$ 140.000	\$ 140.000
			<b>VALOR TOTAL</b>	<b>\$ 877.792</b>

Tabla 26. Costo sistema de suspensión

TABLA DE COSTOS SISTEMA DE SUSPENSIÓN				
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT	PRECIO	TOTAL
1	KIT DELANTERO (horquillas, frenos de tambor)	1	\$ 384.900	\$ 384.900
7	Kits amortiguadores traseros	1	\$ 73.000	\$ 73.000
			<b>VALOR TOTAL</b>	<b>\$ 457.900</b>

Tabla 27. Resumen de costos

RESUMEN DE COSTOS	
DESCRIPCIÓN	TOTAL
SISTEMA ELECTRICO	\$ 1.214.543
ESTRUCTURA	\$ 663.000
SISTEMA DE PROPULSIÓN	\$ 877.792
SISTEMA DE SUSPENSION	\$ 457.900
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>\$ 3.213.235</b>

Actualmente en Colombia las motos que se ponen a la cabeza en las más vendidas en el año 2020 son la Stärker Skuty con 852 matriculadas y la Avanti con 617 matriculadas, seguidas por Stärker E3 con 236 unidades y la Trotter con 107.

A continuación, en la tabla 23 se comparan las características y costo de las dos motos más vendidas en Colombia y la moto eléctrica diseñada en el proyecto.

Tabla 28. Cuadro comparativo de motos eléctricas

MOTO ELÉCTRICA	IMAGEN	POTENCIA	VELOCIDAD MAX	COSTO
Stärker Skuty		800 W	40km/h	\$4.000.000
Avanti		2000W	55km/h	\$4.500.000
Moto eléctrica del proyecto		2000W	60km/h	\$3.213.000

De la tabla anterior se puede observar que existe una viabilidad muy marcada de éxito a la hora del desarrollo de la motocicleta eléctrica del proyecto, ya que supera o iguala en algunos aspectos a las otras dos motos, teniendo una mejora en la velocidad, potencia y un costo más bajo.

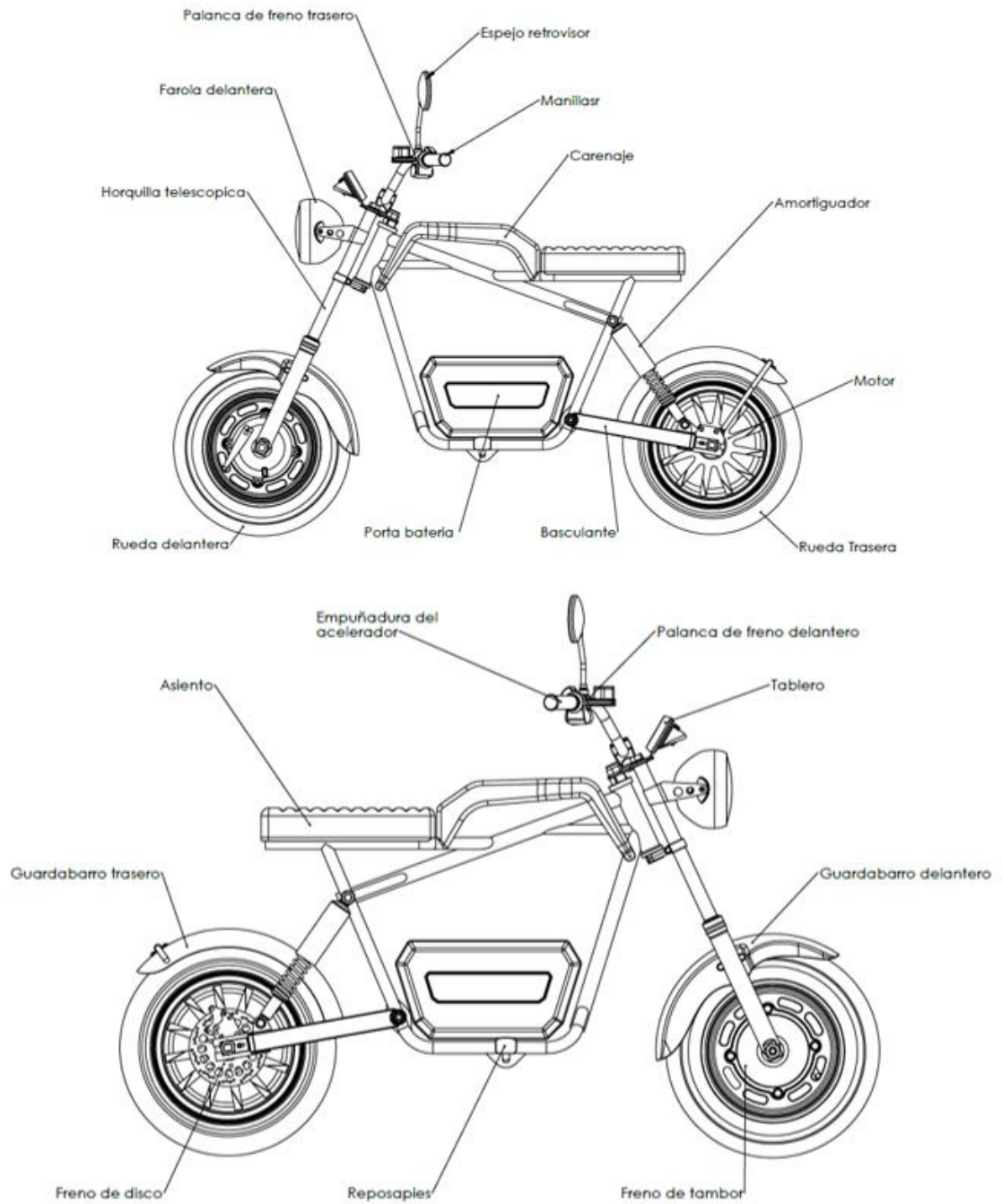
## 10. MANUAL BÁSICO DE USO Y CUIDADO

Figura 85. Manual básico de uso



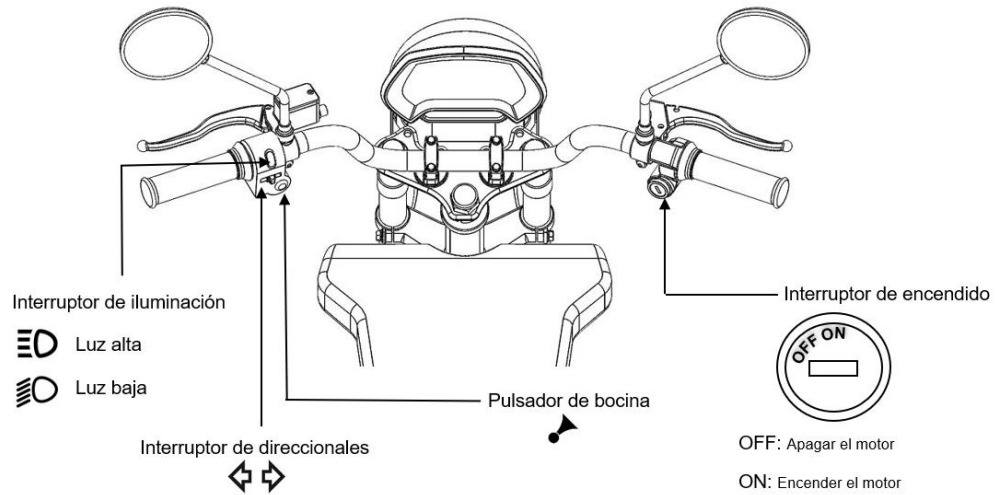
## PARTES DE LA MOTO ELÉCTRICA.

Figura 86. Partes de la moto.



## INTERRUPTORES

Figura 87. Interruptores



## INDICADORES

Figura 88. Velocímetro

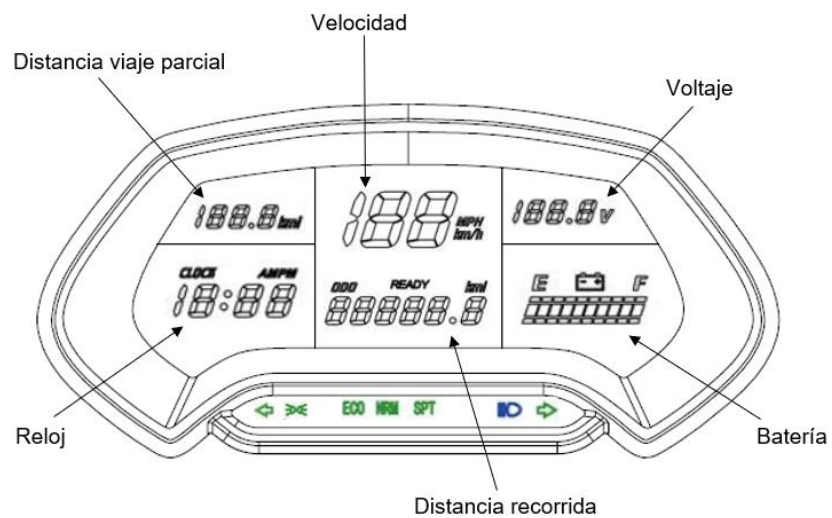
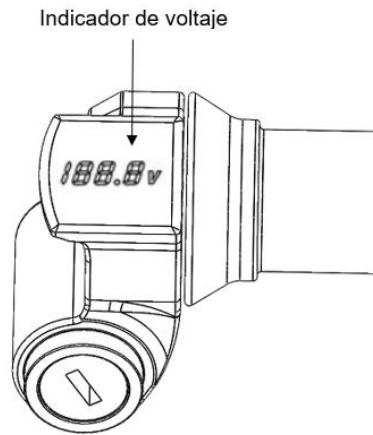
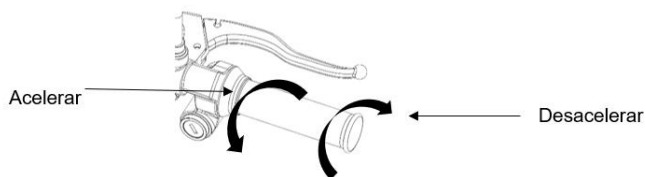


Figura 89. Acelerador completo con pantalla de voltaje

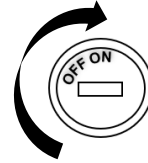


## PUESTA EN MARCHA

- ❖ Sujete el manubrio con ambas manos.
  - Bloque las ruedas de la
- ❖ Ascender a la moto eléctrica.
  - Súbase a la motocicleta por los lados, dejando todo el tiempo un pie en piso
- ❖ Libere los frenos.
  - Libere las palancas de los frenos suavemente



- ❖ Encender la moto.
  - Introduzca la llave y gire en sentido horario para energizar

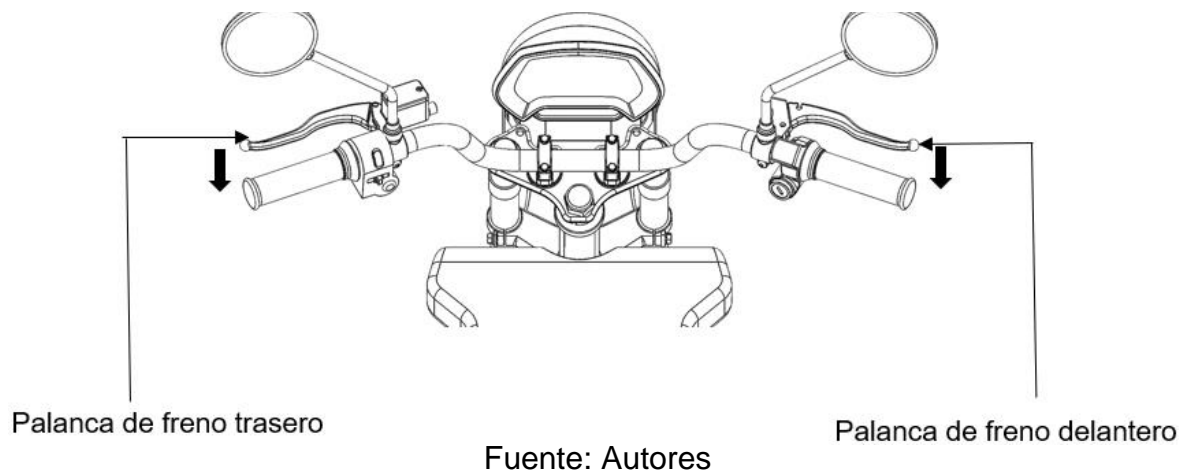


- ❖ Aceleración de la moto.
  - Acelerar: gire la empuñadura en dirección contraria a su cuerpo.
  - desacelerar: gire la empuñadura en dirección a su

## FRENADO

- Deje de acelerar y presione ambos frenos.
- Si se encuentra en un terreno inestable o resbaladizo, se recomienda hacer el frenado con la

Figura 90. Frenado de la moto



## RECOMENDACIONES.

- ❖ Cumplir con las normas de tránsito y límite la velocidad a la de los límites establecidos.
- ❖ Disminuir la velocidad en carreteras resbaladizas y/o con mal tiempo para asegurar una distancia de frenado adecuada.
- ❖ Prestar atención en zona inundadas, podría causar oxidación o fallo del motor, la batería u otras partes si el agua sobrepasa el eje de la rueda.
- ❖ Garantizar la seguridad de los demás y la integridad de su moto, no dejando conducir a personas que no estén capacitadas para ello.

## **PRECAUCIONES**

- ❖ Esta moto está diseñada para una persona de masa máxima aproximada de 83 kg
- ❖ Esta moto no está diseñada para un uso estrictamente urbano.
- ❖ El uso correcto de la batería es esencial para el buen funcionamiento de la moto.

## **AVISO DE SEGURIDAD**

- ❖ El uso de casco es obligatorio
- ❖ Es recomendable utilizar gafas protectoras.
- ❖ Tenga en cuenta que la distancia de frenado se ve reducida con el mal tiempo.
- ❖ Reduzca la velocidad si el estado de la carretera no es bueno.
- ❖ No se distraiga con aparatos electrónicos como el celular.
- ❖ Señalice correctamente su intención de cambio de carril.

## **USO Y MANTENIMIENTO DE BATERÍA**

Para evitar cualquier inconveniente como sobrecalentamientos y mantener la vida útil de la batería tener en cuenta.

- ❖ La temperatura correcta de la batería debe estar entre -10°C y 45°C.
- ❖ Tener máximo cuidado con la exposición al agua o líquidos corrosivos.
- ❖ mantenga piezas metálicas y ajenas a la batería a una distancia adecuada con el fin de evitar recalentamientos.

## **RECOMENDACIONES DE CARGA**

- ❖ La batería se debe cargar en temperaturas ambiente
- ❖ El tiempo de carga no debe exceder las 12 horas o se podría ver afectada la vida útil de la batería.

- ❖ Es recomendable usar la motocicleta eléctrica cuando se tiene la batería completamente cargada
- ❖ Evitar cargar la batería cuando se tiene temperaturas bajas ya que pierde su capacidad.
- ❖ Para mantener la vida útil de la batería, no permita que esta disminuya su carga a menos de un 30%

### **ALMACENAMIENTO.**

- ❖ Evite exposiciones al sol y a la lluvia para reducir los daños y el paso del tiempo.
- ❖ desconecte la batería durante su almacenamiento.

### **LISTADO DE MANTENIMIENTO REGULAR**

#### **Revisión regular de Seguridad**

- ❖ Luces
- ❖ Frenos

#### **Revisión del sistema eléctrico.**

- ❖ Batería
- ❖ Cableado de la instalación eléctrica
- ❖ Sistema de Control

#### **Revisiones estructurales**

- ❖ Basculante
- ❖ Neumáticos
- ❖ Rodamientos de las ruedas
- ❖ Comprobación Estructural
- ❖ Amortiguadores

## 11. CONCLUSIONES

Se diseñó una moto eléctrica minimalista de bajo costo con las funciones básicas de uso que cumple con los objetivos del proyecto. En ello, se adaptó el diseño de la motocicleta a los requerimientos establecidos, capacidad máxima de ocupante 83 kg, velocidad Max 60 Km/h, potencia entre un rango de 1000 a 3000 W, y contribuir en disipar o erradicar la contaminación y ruido producido por el vehículo.

El estudio ergonómico realizado ayudó a establecer las dimensiones adecuadas de la motocicleta para un rango de población en la región nororiental colombiana; para una posición sedente mediante un rango de ángulos de confort formado por las articulaciones y para una posición de pie donde se logró inspeccionar y validar la postura que adopta.

Se hizo el estudio de la estructura en el software de ingeniería SolidWorks, el cual permitió aproximar el comportamiento de la estructura a la realidad, y así realizar una validación de la estructura para evitar el proceso de prueba y error con la geometría de la estructura y los materiales seleccionados.

Se realizó un estudio económico el cual permite demostrar la viabilidad del proyecto, comparando la motocicleta diseñada frente a algunas motocicletas más vendidas en el mercado con características similares.

Se construyó un modelo a escala 1:3 donde se logró visualizar el diseño y la apariencia de partida de la moto eléctrica.

Se presentó un manual de uso y cuidado con base a los sistemas desarrollados para ayudar a prolongar la vida útil de la motocicleta.

## 12. BIBLIOGRAFIA

CAMPOVERDE MALDONADO, Ana María y GALARZA SERRANO, Santiago Paúl. Propuesta del proceso de soldadura para el chasis del Vehículo Monoplaza tipo Fórmula SAE. (En línea). Trabajo de grado Ingeniero Mecánico Automotriz. Cuenca.: Universidad Politécnica Salesiana. 2016. (Consultado el 14 de Julio 2021).

CASAJUS, Luis. Tipos de chasis de motocicleta. Revista técnica de Centro Zaragoza (en línea). Zaragoza (España): enero 2012, nro. 51. (Fecha de consulta: 15 de julio 2021). Disponible en: [http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala\\_prensa/revista\\_tecnica/hemeroteca/articulos/R51\\_A\\_2.pdf](http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R51_A_2.pdf)

CHIO, Juan Carlos. Parque automotor genera el 90% de contaminación del aire en Bucaramanga. Vanguardia (en línea). Bucaramanga (Colombia): abril 2018, (Consultado el 17 de julio de 2021). Disponible en: <https://www.vanguardia.com/area-metropolitana/bucaramanga/parque-automotor-genera-el-90-de-contaminacion-del-aire-en-bucaramanga-HEVL431413>

FOALE, Tony. Motocicletas Comportamiento dinámico y diseño de chasis. 1 ed. 2003

HAMROCK, Bernard; JACOBSON, Bo J; SCHMID, Steven. Elementos de máquinas, México. Mc Graw Hill, 2000

HERNÁNDEZ Daniela, Lozada Luna. Evaluación y caracterización del confort y la fatiga física en la experiencia de manejo de motociclistas en la ciudad de Cartagena. Trabajo de grado. Cartagena. Universidad Tecnológica de Bolívar. 2009. Disponible en: <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0074797.pdf>

MARADEI GARCIA, MARIA FERNANDA, ESPINEL CORREAL, FRANCISCO, DIAZ A., LUCETH ROCIO Diseño De Una Plataforma Informática Para El Almacenamiento Y Análisis De Datos Antropométricos. *Antropos 2.0. Revista UIS Ingenierías* [en línea]. 2008, 7 (1), 41-51 [fecha de Consulta 9 de noviembre de 2021]. ISSN:1657-4583. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=553756884003>

NORTON, ROBERT L. Diseño de Maquinas *un enfoque integrado*. 4 ed. México: Prentice, Hall, 1999.


TILLEY, Alvin R y DREYFUSS ASSOCIATES, Henry the Measure of Man and Woman. Human factors in design. Originally Published, New York.: Whitney Library of Design, 1959. ISBN 0-8230=3031-8

VITTORE, Cossalter. *Motorcycle Dynamics*, Lulu, 2 ed. 2006.

## 13. ANEXOS

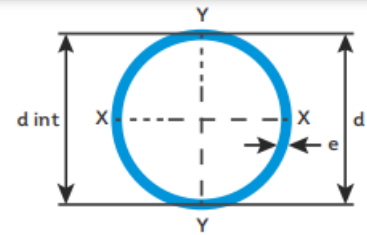
ANEXO A. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA MOTO ELÉCTRICA

## CARACTERISTICAS TECNICAS

				<b>MOTOR</b>		
				Tipo	Electric de tubo en rueda del rotor externo BLDC con Sensor Hall	
				Potencia máxima	2000W	
				Velocidad máxima	60km/h	
				Par de torsión Max	141,5N.m	
				Eficiencia máxima aproximada	88%	
<b>CAPACIDAD</b>		<b>DIMENSIONES Y PESOS</b>				
OCUPANTES	1 persona (83 KG)	Longitud entre ejes	1200 mm			
<b>BATERIA</b>		Altura total	760mm			
TIPO	Litio 72V-50Ah	Ancho total	500mm			
Tiempo de carga 100%	8 HORAS	Peso de la moto	70kg			
Capacidad	3,6KWh	<b>CHASIS</b>				
<b>TRANSMISION</b>		Material	Acero A36			
Tracción	Llanta trasera	Perfil	Tubular			
<b>EQUIPAMIENTO</b>						
Frenos		Trasero de disco				
		Delantero de tambor				
Llantas		Neumático delantero: 90/90-12				
		Neumático trasero: 130/70-R12				
Suspensión		Trasera basculante dos brazos				
		Delantero horquilla convencional				

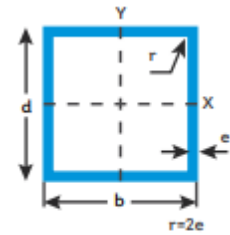
## ANEXO B. TUBERÍA ESTRUCTURAL

## TUBERÍA DE ACERO ESTRUCTURAL REDONDA.



REFERENCIA DIÁMETRO NOMINAL	REFERENCIA DIÁMETRO REAL	Dimensiones			Peso teórico calculado [kg / m]	Área A [mm <sup>2</sup> ]	FLEXIÓN			MÓDULO PLÁSTICO Z [mm <sup>3</sup> ]	MOMENTO DE INERCIA TORCIONAL J [mm <sup>4</sup> ]	CONSTANTE DE CORTE TORSIONAL C [mm <sup>3</sup> ]	UNIDAD DE EMPAQUE
		Diámetro Exterior [mm]	Diámetro interior [mm]	Espesor [mm]			I [mm <sup>4</sup> ]	S [mm <sup>3</sup> ]	r [mm]				
Tubería Circular		d [mm]	d int [mm]	t [mm]									
1-1/2"	1.89"	48,0	45,0	1,50	10,32	204,25	55503,5	2312,6	16,48	3030,9	111007,0	4759,48	91
1-1/2"	1.89"	48,0	44,0	2,00	13,61	269,61	71863,9	2994,3	16,33	3961,9	143727,8	6219,97	
1-1/2"	1.89"	48,0	42,0	3,00	19,98	396,27	101629,2	4234,5	16,01	5709,8	203258,4	8957,63	
2"	2.36"	60,0	56,0	2,00	17,16	339,73	143695,2	4789,8	20,57	6289,4	287390,3	9876,04	61
2"	2.36"	60,0	55,0	2,50	21,27	421,27	175449,0	5848,3	20,41	7738,1	350898,0	12148,37	
2-1/2"	2.87"	73,0	69,0	2,00	21,01	415,70	263154,7	7209,7	25,16	9415,4	526309,5	14786,34	37
2-1/2"	2.87"	73,0	68,0	2,50	26,08	516,22	322663,6	8840,1	25,00	11617,5	645327,3	18242,08	
3"	3-1/2"	89,0	85,0	2,00	25,75	509,19	483529,9	10865,8	30,82	14125,8	967059,8	22185,43	37
3"	3-1/2"	89,0	84,0	2,50	32,00	633,09	594944,9	13369,5	30,66	17470,9	1189889,9	27436,62	
3"	3-1/2"	89,0	83,0	3,00	38,18	755,63	702735,1	15791,8	30,50	20743,0	1405470,2	32571,62	
3"	3-1/2"	89,0	81,0	4,00	50,31	996,64	907757,8	20399,1	30,18	27071,5	1815515,6	42496,90	19
4"	4-1/2"	114,3	109,3	2,50	41,36	817,89	1282428,8	22439,7	39,60	29156,0	2564857,5	45791,51	
4"	4-1/2"	114,3	108,3	3,00	49,41	977,39	1520118,1	26598,7	39,44	34699,4	3040236,2	54494,38	
4"	4-1/2"	114,3	106,3	4,00	65,28	1292,32	1977533,3	34602,5	39,12	45505,1	3955066,5	71452,26	
4"	4-1/2"	114,3	102,3	6,00	96,15	1905,87	2823351,4	49402,5	38,49	66013,7	5646702,8	103603,15	2
---	6"	152,4	144,4	4,00	87,83	1737,58	4804323,8	63048,9	52,58	82250,5	9608647,6	129171,86	
---	6"	152,4	140,4	6,00	129,98	2573,77	6945069,6	91142,6	51,95	120341,0	13890139,2	188940,26	
---	6"	152,4	136,4	8,00	170,93	3388,22	8923184,6	117102,2	51,32	156477,0	17846369,2	245577,84	2
8"	8-5/8"	219,1	209,1	5,00	158,38	3132,41	18011226,4	164429,8	75,83	213831,6	36022452,9	335833,23	
8"	8-5/8"	219,1	207,1	6,00	189,17	3742,59	21338003,5	194800,9	75,51	254395,0	42676006,9	399511,69	
8"	8-5/8"	219,1	203,1	8,00	249,86	4946,64	27728839,7	253144,7	74,87	333370,2	55457679,3	523441,07	
8"	8-5/8"	219,1	199,1	10,00	309,37	6128,96	33779775,8	308385,5	74,24	409519,7	67559551,6	642850,94	2
10"	10-3/4"	273,1	259,1	7,00	275,57	5451,21	48438094,5	354792,9	94,26	462585,6	96876188,9	726483,33	
10"	10-3/4"	273,1	255,1	9,00	351,64	6959,80	61007440,9	446859,1	93,63	586560,0	122014881,8	921059,29	
10"	10-3/4"	273,1	249,1	12,00 *	463,53	9181,91	78862174,0	577639,1	92,68	765887,2	157724347,9	1202325,07	
12"	12-3/4"	323,9	307,9	8,00	373,89	7395,59	92602663,4	571886,1	111,90	744995,0	185205326,8	1170019,81	2
12"	12-3/4"	323,9	303,9	10,00	464,40	9190,15	113760469,6	702550,4	111,26	920426,0	227520939,1	1445380,54	
12"	12-3/4"	323,9	299,9	12,00 *	553,73	10962,97	134158720,9	828523,8	110,62	1091632,7	268317441,8	1714004,89	

## TUBERÍA DE ACERO ESTRUCTURAL CUADRADA.



REFERENCIA	REAL		ESPOSOR PARED	PESO TEÓRICO CALCULADO	ÁREA A	FLEXIÓN			MÓDULO PLÁSTICO	MOMENTO DE INERCIA TORCIONAL	CONSTANTE DE CORTE TORSIONAL	UNIDAD DE EMPAQUE
	d [mm]	b [mm]				I <sub>x</sub>	S <sub>x</sub>	r <sub>x</sub>				
Tubería Cuadrada	d [mm]	b [mm]	e [mm]	[kg / m]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>4</sup> ]	[mm <sup>3</sup> ]	[mm]	[mm <sup>3</sup> ]	J [mm <sup>4</sup> ]	C [mm <sup>3</sup> ]	
50 x 50	50	50	1,50	2,24	281,3	101366,5	4054,7	19,66	4723,7	160183,2	6580,74	100
50 x 50	50	50	2,00	2,93	366,8	128768,8	5150,8	19,39	6076,1	207506,3	8596,09	
50 x 50	50	50	2,50	3,60	448,2	153122,5	6124,9	19,12	7319,6	251938,8	10520,46	
60 x 60	60	60	2,00	3,56	446,8	229847,7	7661,6	23,48	8962,6	365542,6	12549,71	100
60 x 60	60	60	2,50	4,39	548,2	275865,8	9195,5	23,22	10870,7	446052,3	15419,24	
60 x 60	60	60	3,00	5,19	645,4	317514,9	10583,8	22,95	12648,2	522420,3	18179,36	
70 x 70	70	70	2,00	4,19	526,8	373395,6	10668,4	27,57	12407,1	588463,2	17247,32	64
70 x 70	70	70	2,50	5,17	648,2	451016,8	12886,2	27,31	15119,3	720622,4	21248,01	
70 x 70	70	70	3,00	6,13	765,4	522589,2	14931,1	27,04	17678,1	847043,8	25122,00	
90 x 90	90	90	2,50	6,74	848,2	995742,5	22127,6	35,49	25708,9	1566932,5	35695,56	36
90 x 90	90	90	3,00	8,01	1005,4	1163603,9	25857,9	35,22	30248,9	1850559,5	42355,27	
100 x 100	100	100	2,50	7,53	948,2	1383917,1	27678,3	39,57	32050,0	2166572,5	44314,34	
100 x 100	100	100	3,00	8,96	1125,4	1621864,1	32437,3	39,31	37789,7	2562931,7	52645,90	
100 x 100	100	100	4,00	11,73	1467,3	2060301,2	41206,0	38,78	48609,0	3320100,2	68768,74	
100 x 100	100	100	6,00	16,98	2101,5	2792252,3	55845,0	37,69	67643,0	4697060,9	98821,79	
120 x 120	120	120	4,00	14,25	1787,3	3677562,9	61292,7	46,97	71701,0	5848682,0	100397,67	9
135 x 135	135	135	4,00	16,13	2027,3	5329923,9	78961,8	53,10	91949,5	8416637,9	128025,37	9
135 x 135	135	135	6,00	23,58	2941,5	7438252,5	110196,3	52,04	130737,4	12095905,5	186253,69	
150 x 150	150	150	4,00	18,01	2267,3	7414726,0	98863,0	59,23	114709,0	11643882,0	159001,06	4
150 x 150	150	150	6,00	26,40	3301,5	10430274,8	139070,3	58,18	164055,4	16808007,0	232094,51	
150 x 150	150	150	9,00	38,21	4728,3	14135777,2	188477,0	56,53	228295,0	23778870,6	333523,54	
200 x 200	200	200	5,00	30,11	3792,7	22142673,8	221426,7	79,14	256400,3	34665159,2	354514,70	2
200 x 200	200	200	7,00	41,43	5193,7	29556279,9	295562,8	78,10	346471,6	47158128,6	486381,97	
200 x 200	200	200	9,00	52,34	6528,3	36178243,1	361782,4	77,03	429529,2	58900089,8	612462,16	
200 x 200	200	200	12,00 *	67,93	8405,9	44676036,6	446760,4	75,38	541143,8	75152973,7	790574,31	
250 x 250	250	250	9,00	66,47	8328,3	73861649,3	590893,2	97,49	693538,3	118080455,5	975100,78	2
250 x 250	250	250	12,00 *	86,77	10805,9	92807158,8	742457,3	95,88	884943,4	152049635,1	1267865,19	
300 x 300	300	300	10,00	89,04	11170,8	143654801,0	957698,7	117,41	1120327,8	228464140,8	1568713,62	2
300 x 300	300	300	12,00 *	105,61	13205,9	166884396,8	1112562,6	116,35	1312443,0	268928112,4	1856756,07	

ANEXO C. CARACTERÍSTICAS Y PLANO DEL MOTOR.

12 pulgadas 260 modelo 2000watt Motor de cubo con llanta para scooter o motocicleta eléctricas (35H) tipo v1

12 pulgadas 2000w motor de rueda diseñado especialmente para scooters eléctricos o moto eléctricas, la potencia nominal se puede ser 1500 W, 2000 W, 3000W o 5000 W. La velocidad máxima se puede personalizar a partir 35-100km/h.

Especificación del motor:

Tipo de motor: motor BLDC de concentradores de imanes permanentes

diseño del motor: Doble eje con llanta de 12 pulgadas

tamaño de la llanta: 3.5×12

Tire a juego: 120/70-12

Altura de imán: 35MM

Polo de pares: 23 pares

Potencia nominal: 2000W

Potencia máxima: 2500W

Tensión nominal: 48V (60/72V se puede ser opcional)

Velocidad: 45km/h (30-60km/h se puede personalizar)

Max RPM sin carga: 650RPM

Par máximo: 110N.M

Rendimiento Máximo: 86%

Continious actual: 48A

La corriente máxima: 60A

Tipo de freno: Freno de disco

Fock trasera de la anchura para la instalación: 200 mm

Material de núcleo de bobinado: Hierro

Sección transversal del cable de fase: 6 mm<sup>2</sup>

Salón ángulo de eliminación gradual del sensor: 120 grados

Sensor de temperatura: Opcional

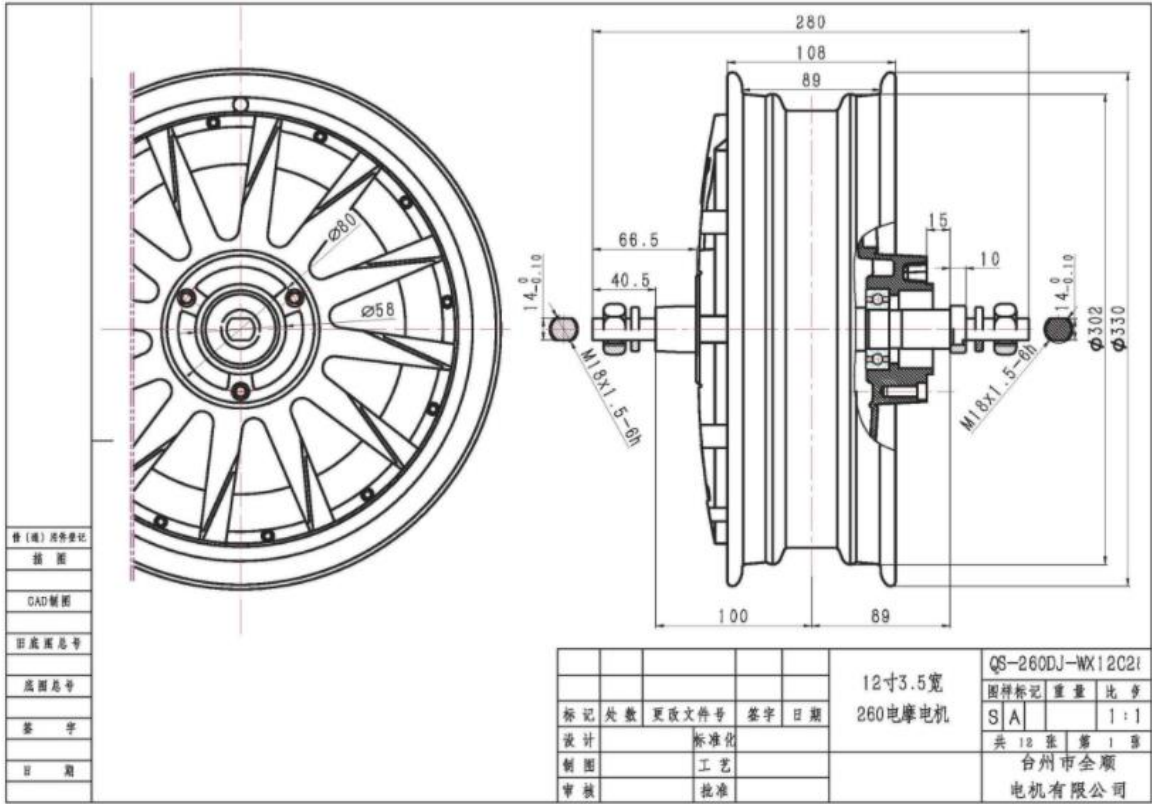
Temperatura de trabajo: desde 70 grados a 120 grados

Grado impermeable: IP54

W. / G..W. : 15kgs / 16kgs

Tamaño del paquete: 44\*43\*34cm

Color: Negro



修(编) 序号/单位
视图
CAD制图
审核/日期
设计/日期
日期

				12寸3.5宽 260电摩电机		QS-260DJ-WX12C21	
标记	处数	更改文件号	签字	日期		图样标记	重量
设计		标准化				SA	1:1
制图		工艺				共 12 张 第 1 张	
审核		批准				台州市全顺 电机有限公司	

ANEXO D. CARACTERÍSTICAS Y PLANO DEL CONTROLADOR.

## Características clave

- 1) Muy fácil de conectar
- 2) Puede coincidir con casi motor DC sin escobillas
- 3) Garantía de Calidad (generalmente no después de-venta tema)
- 4) Programable

## En general especificación

de la onda sinusoidal del controlador programable con regen función

Motor Límite de corriente 20 segundos: 200A

Motor Límite de corriente continua: 80A

térmico sonda: KTY83-122

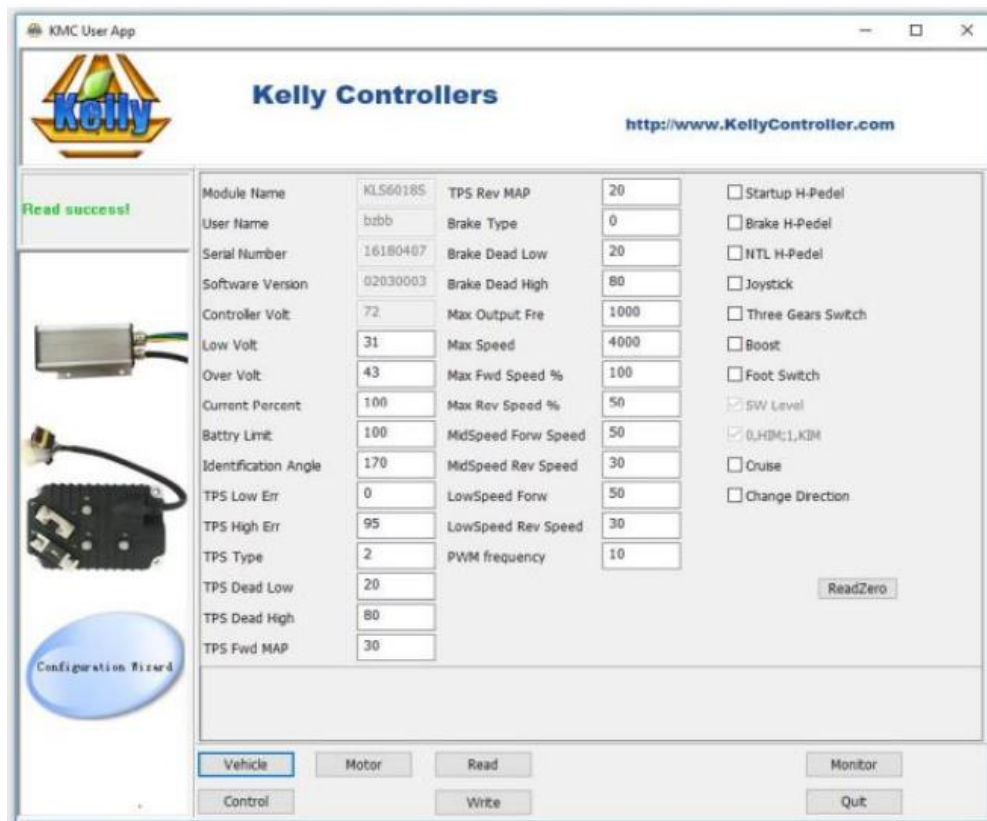
incluyendo un controlador + convertidor USB cable + coincidentes macho

Tamaño del controlador: 148mm \* 94mm \* 53mm

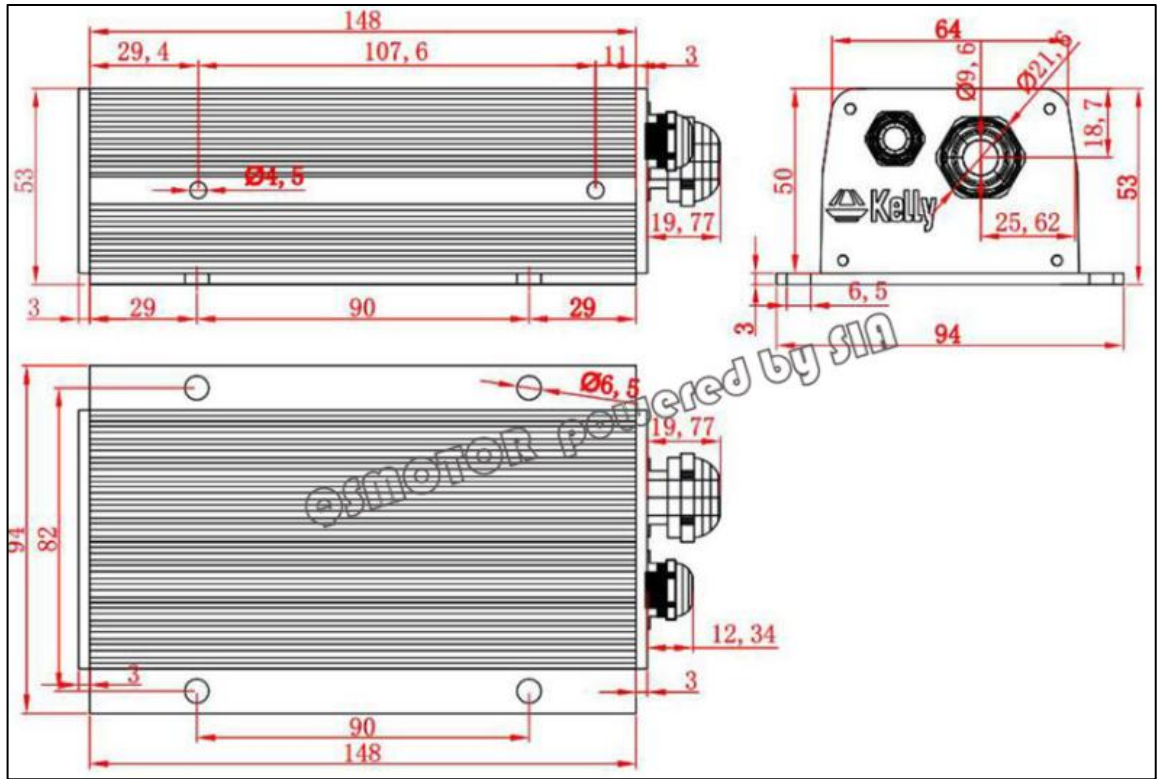
Peso neto: 1,27 kg

impermeable IP54

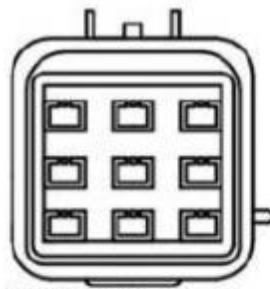
## INTERFAZ DEL SOFTWARE DEL CONTROLADOR KELLY



# DIMENSIONES DEL CONTROLADOR



## PIN DE DEFINICIÓN



DJ7091Y-2.3-11

Orange REV SW (14)	Black GND (6)	White FWD (12)
Red 12V (11)	Yellowish 12V Brake (25)	Blue Relay (9)
	Pink PWR (7)	



DJ7091Y-2.3-21

Gray Micro SW (15)	Green Throttle (3)	Raddle Temp (1)
Black GND (20)	Dark Gray Meter (8)	
Purple 5V (4)	Brown Brake AN (2)	



DJ7061Y-2.3-21

Black GND (21)		5V Purple (5)
Yellow Hall A (18)	D-Green Hall B (17)	D-Blue Hall C (16)

1, The switch signal is valid to 12V

2, 12V only can be used for LED or Switch signals

3, Boost and Brake Analog regen use the same port on pin2.

When boost is disabled in user program, pin2 is used as brake analog regen mode. When boost is enabled, pin2 is used for boost function. You may not use two functions at the same time.

## CONEXIONES PARA LOS DIFERENTES PINES DE CONEXIÓN

### **DJ7091Y-2.3-11 Pin definición**

- (14) REV\_SW: Interruptor inverso entrada Naranja
- (6) RTN: señal de retorno o fuente de alimentación regreso Negro
- (12) FWD: Con interruptor blanco
- (11) 12V:12V 12V fuente de rojo
- (9) de relé: contactor principal conductor Azul
- (7) PWR: Controlador de fuente de alimentación (entrada) Rosa
- ¡(25) 12V interruptor de freno! Amarillento

### **DJ7091Y-2.3-21 Pin definición**

- (15) Micro\_SW: acelerador de entrada Gris
- (3) acelerador: acelerador de entrada analógica 0-5V, Verde
- (1) Temperatura: Motor sensor de temperatura de entrada ¡Raddle!
- (20) RTN: Señal de regreso Negro
- ¿(8) Metro: copia de la señal de los sensores hall? Gris oscuro
- ¡(4) 5V: alimentación de 5V de salida <40mA! Púrpura
- ¡(2) Brake\_AN: Freno de variable regen o función! Marrón

### **DJ7061Y-2.3-21 Pin definición**

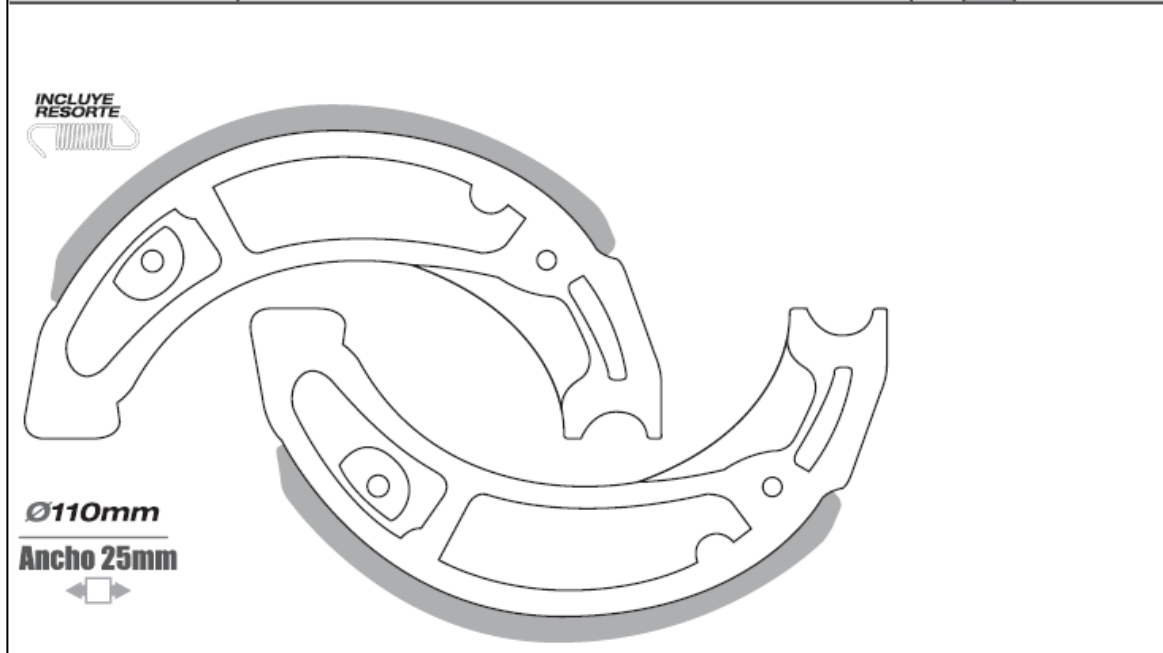
- (21) RTN: Señal de regreso Negro
- (5) 5V: alimentación de 5V de salida <40mA púrpura
- (18) Hall A: Hall fase un Amarillo
- (17) la Sala B: Hall Fase B Verde oscuro
- (16) La Sala C: Hall Fase C Azul oscuro

ANEXO E. VELOCÍMETRO.



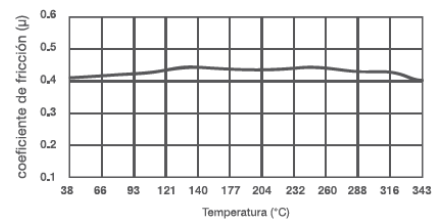
## ANEXO F. FRENO DE TAMBOR

Marca	Referencia motocicleta	🔸	🔹	Modelo
HONDA	CB 110 DLX		•	2018 -
HONDA	CD 100		•	2010 -
HONDA	Click 125 i		•	2016 -
HONDA	CRF 230F		•	2019 -
HONDA	CRF 50F - 110F	•	•	2019 -
HONDA	Dream Neo		•	2016 -
HONDA	ECO 100 / ECO DELUXE		•	2011 -
HONDA	ELITE / ELITE +		•	2010 -
HONDA	NAVI	•	•	2018 -
HONDA	NX 125 BROS		•	2009 -
HONDA	SPLENDOR NXG		•	2010 -
HONDA	WAVE 110	•	•	2016 - 2017
HONDA	WAVE 110 S		•	2018 -
HONDA	XL 100 - 125 - 185	•	•	1982 -
HONDA	XR 125 - 150 L		•	2011 -
JIALING	ECLIPSE		•	2011 -
JIALING	EGO JH 125T - 7		•	2010 -
JIALING	MAXIMA		•	2011 -
JIALING	MBX 110		•	2011 -
JIALING	PAR 110		•	2016 -
JIALING	SKY WING 125		•	2016 -
JIALING	TARGET 100		•	2016 -
QINGQI	MOPED 110		•	2011 -
SIGMA	Cloud 110 3		•	2016 -
SIGMA	SG 125 2A		•	2016 -



## BANDAS *Mineral and Rubber*

- Su formulación LIBRE DE PLOMO y LIBRE DE ASBESTO, a base de fibras minerales y aglutinantes de goma, la hacen una banda amigable con el medio ambiente.
- El material de fricción cumple con los estándares de la norma ISO 9001: 2000 (NTC 1715 en Colombia), y la norma NTP 311.401:2003 de Comité Técnico de Normalización del Perú.
- Este producto presenta un coeficiente de fricción en el rango F al G a temperatura normal y en caliente.
- Las Bandas Amigables OSAKA mejoran la duración del tambor de frenos debido a la suavidad de sus componentes.
- Frenado confortable y controlable, lo que lo hace suave, libre de chillidos y vibraciones.
- Presenta un corto periodo de asentamiento o ajuste de las bandas a la campana.
- Producto no apto para competición.
- La garantía de este producto es de 3 meses.
- OSAKA S.A.S. fabrica sus productos con componentes de origen colombiano, ecuatoriano y peruano.



### VALORES TÍPICOS

PRUEBA	VALOR	DIMENSIÓN
DUREZA SHORE D	50 - 65	HSD
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	75 daN/cm <sup>2</sup>	1080 PSI
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	350 daN/cm <sup>2</sup>	5000 PSI
COEFICIENTE DE FRICCIÓN (Un)	0.35 - 0.45	
COEFICIENTE DE FRICCIÓN (Uc)	0.35 - 0.45	

## ANEXO G. PARTES SUSPENSIÓN DELANTERA

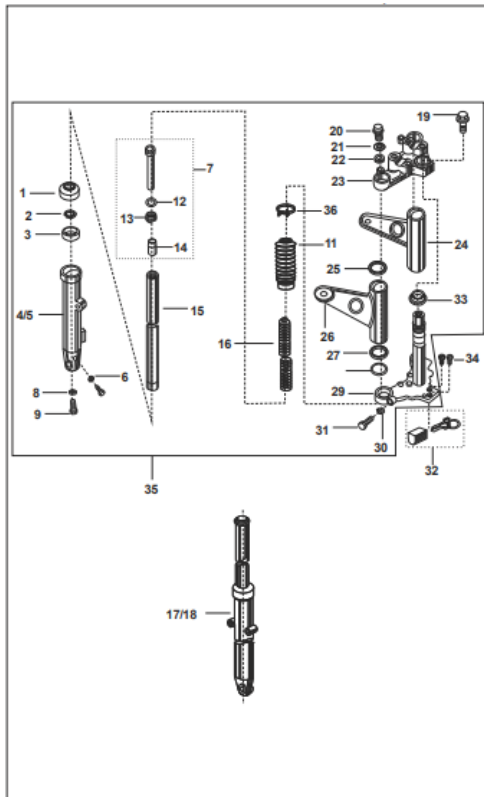


FIG. N°.	PARTE N°.	DESCRIPCIÓN	TEC	STD	K-TEC	UG	4T	OBSERVACIÓN
1	DD181032	Guardapolvo	-	-	2	2	2	
2	31181108	Pin Retén Tubo Telescópico	-	-	2	2	2	
	30181023		-	-	2	-	-	
3	DL181080	Retén Telescópico	-	-	2	2	2	
4	DD181031	Camisa Telescópica Izquierda	-	-	1	1	1	
5	DD181034	Camisa Telescópica Derecha	-	-	1	1	1	
6	31181103	Junta Tornillo	-	-	2	2	2	
7	31181015	Cilindro Tubo Telescópico	-	-	1	1	-	
8	30181026	Junta Tornillo	-	-	2	2	2	
9	31181106	Tornillo Camisa Telescópico	-	-	2	2	2	
11	DL181038	Guardapolvo	-	-	2	2	2	
12	31181111	Pin Tubo Telescópico	-	-	-	-	2	
13	31181112	Resorte Suspensión	-	-	-	-	2	
14	31181110	Buje Tubo Telescópico	-	-	-	-	2	
15	31181098	Tubo Telescópico	-	-	-	-	2	
	31181014		-	-	2	2	-	
16	31181099	Resorte Tubo Telescópico	-	-	-	-	2	
	31181017		-	-	2	2	-	
17	31181096	Telescópico Izquierdo Completo	-	-	-	-	1	
	DF181029		-	-	-	-	1	
18	31181113	Telescópico Derecho Completo	-	-	-	-	1	
	DF181030		-	-	-	-	1	
19	31181120	Tornillo Espiga	-	-	1	1	1	
20	31181100	Tornillo	-	-	2	2	2	
21	31181102	Anillo Retén	-	-	2	2	2	
22	31181101	Arandela Resorte Suspensión	-	-	2	2	2	
23	31181119	Cabeza Horquilla	-	-	1	1	1	

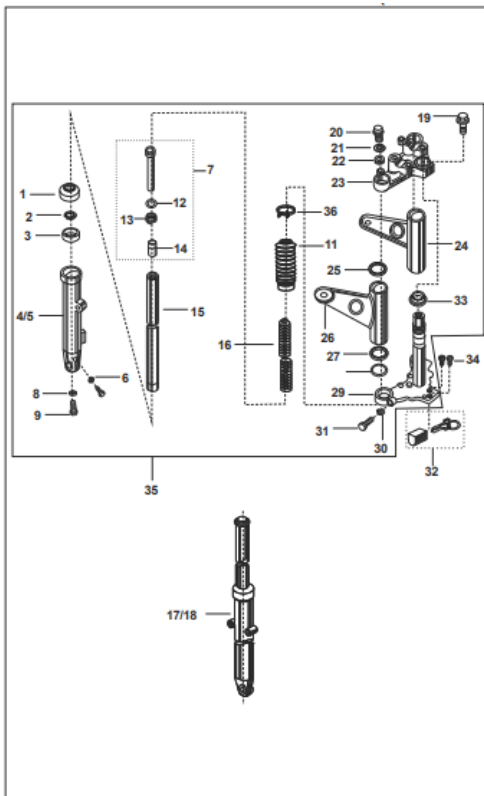
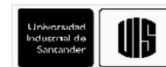
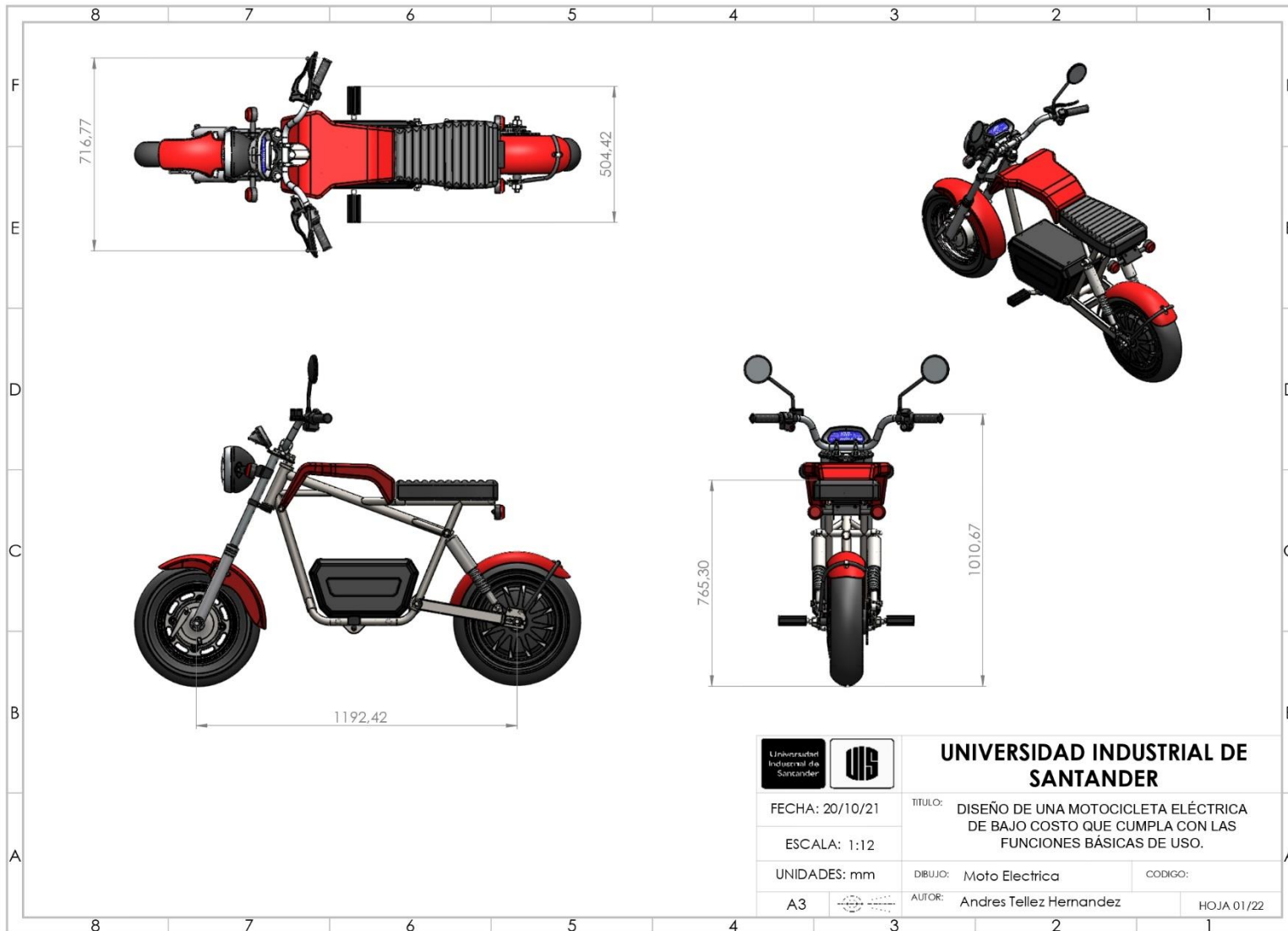


FIG. N°.	PARTE N°.	DESCRIPCIÓN	TEC	STD	K-TEC	UG	4T	OBSERVACIÓN
24	DD181089	Soporte Cuenca Farola Derecho	-	-	-	-	1	
	DF181032		-	-	-	-	1	
	DF181042		-	-	1	-	-	
25	DD181090	Junta Superior Soporte Farola	-	-	2	2	2	
26	DF181031	Soporte Cuenca Farola Izquierdo	-	-	-	-	1	
27	DD181091	Junta Soporte Farola	-	-	2	2	2	
28	31181114	Junta Cubierta Horquilla	-	-	2	2	2	
29	DF181020	Espiga Central	-	-	1	1	1	
	DF181060		-	-	1	-	-	
30	39078912	Arandela Presión	-	-	2	2	2	
31	39077704	Tornillo Hexágono 3x30	-	-	2	2	2	
32	31181021	Seguro Dirección	-	-	-	-	1	
33	30181009	Cuna Superior Espiga	-	-	1	1	1	
34	39101101	Tornillo Seguro Dirección	-	-	-	-	2	
35	DF181053	Suspensión Delantera Completa	-	-	1	-	-	
36	DD181028	Abrazadera Guardapolvo	-	-	2	2	2	
	DD181005		-	-	2	-	-	

## ANEXO H. PLANOS



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

FECHA: 20/10/21

TITULO: DISEÑO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA DE BAJO COSTO QUE CUMPLA CON LAS FUNCIONES BÁSICAS DE USO.

ESCALA: 1:12

UNIDADES: mm

DIBUJO: Moto Electrica

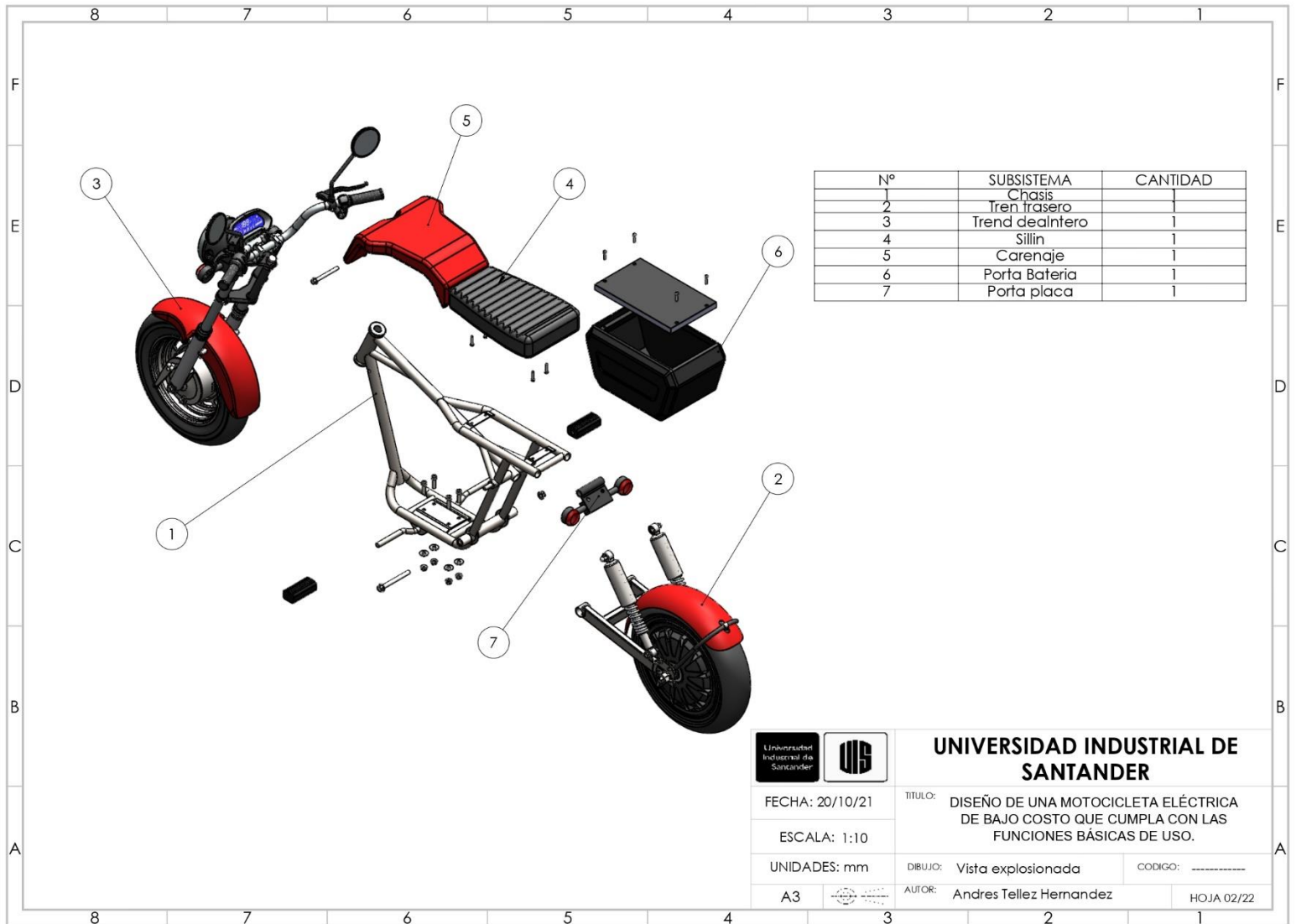
CODIGO:

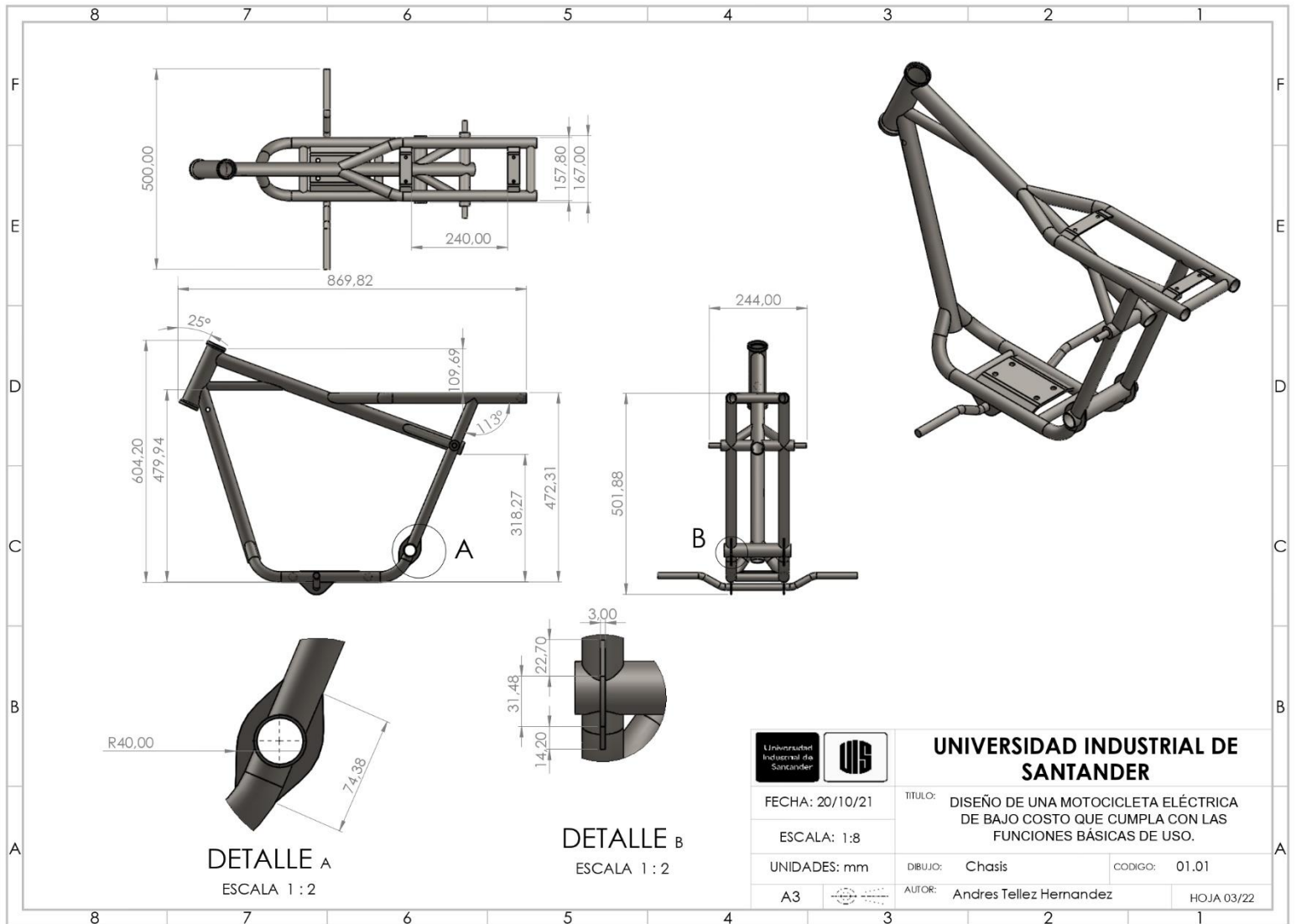
A3

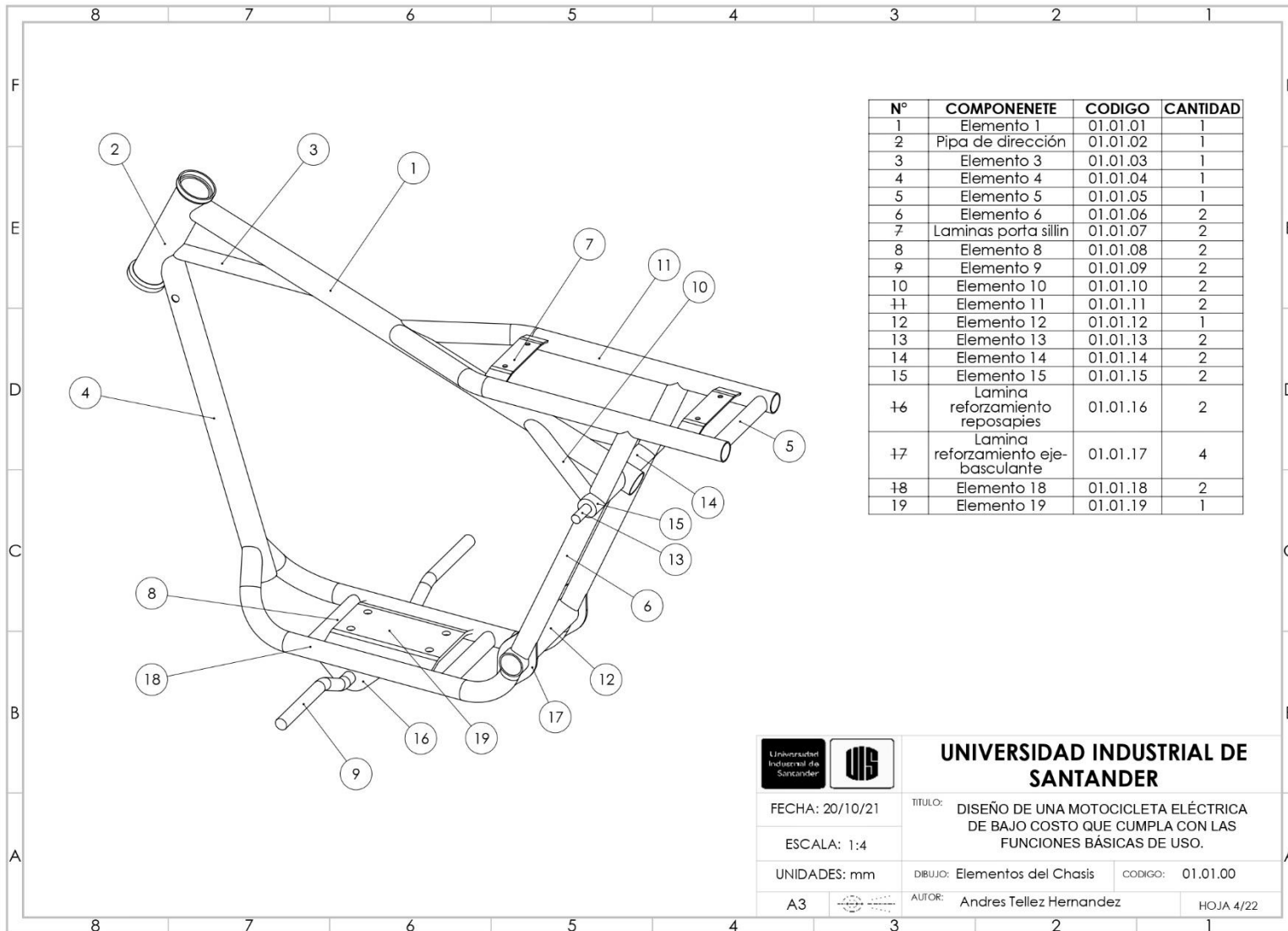


AUTOR: Andres Tellez Hernandez

HOJA 01/22







**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

FECHA: 20/10/21

TITULO: DISEÑO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA DE BAJO COSTO QUE CUMPLA CON LAS FUNCIONES BÁSICAS DE USO.

ESCALA: 1:4

UNIDADES: mm

DIBUJO: Elementos del Chasis

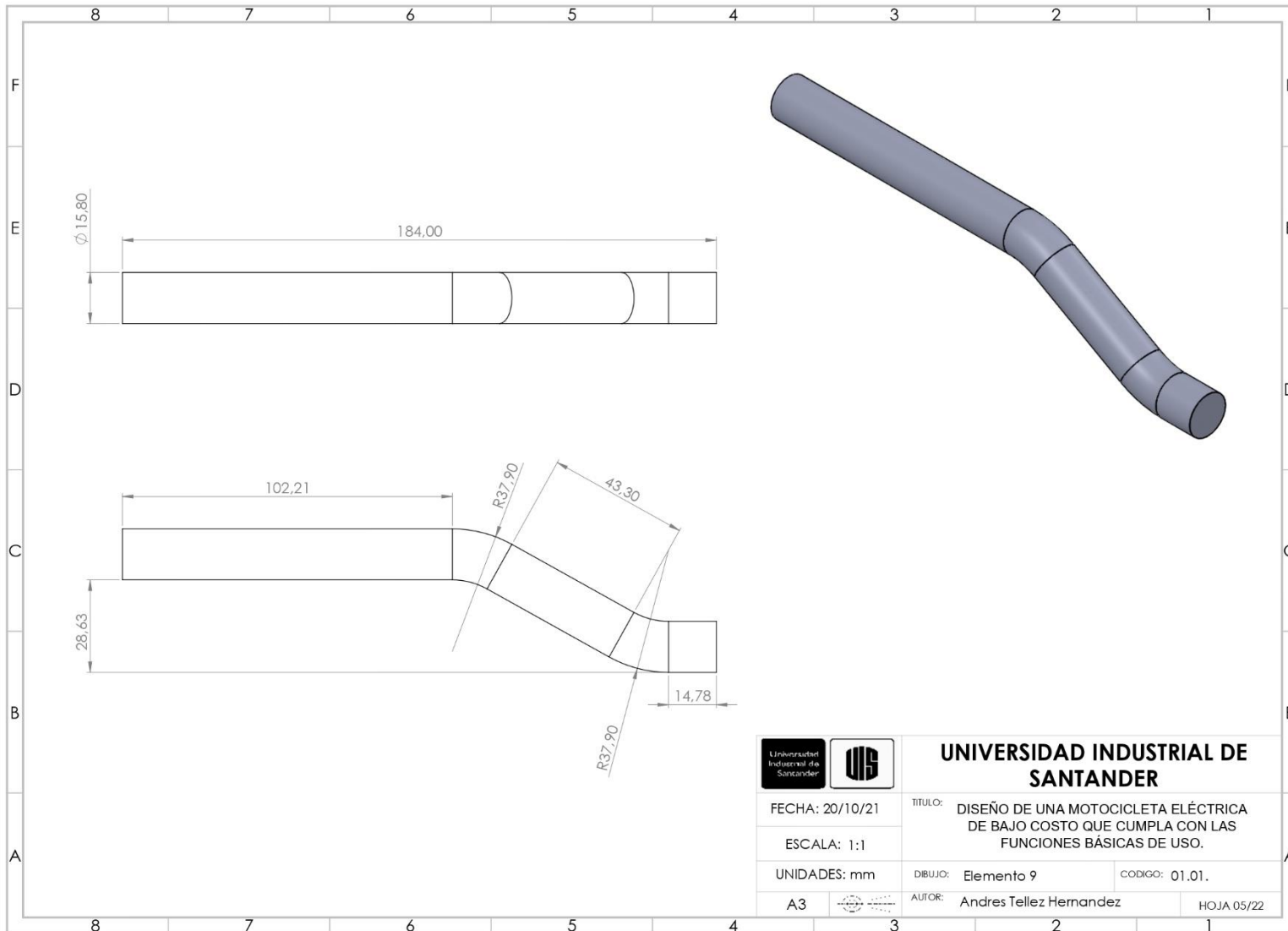
CODIGO: 01.01.00

A3



AUTOR: Andres Tellez Hernandez

HOJA 4/22



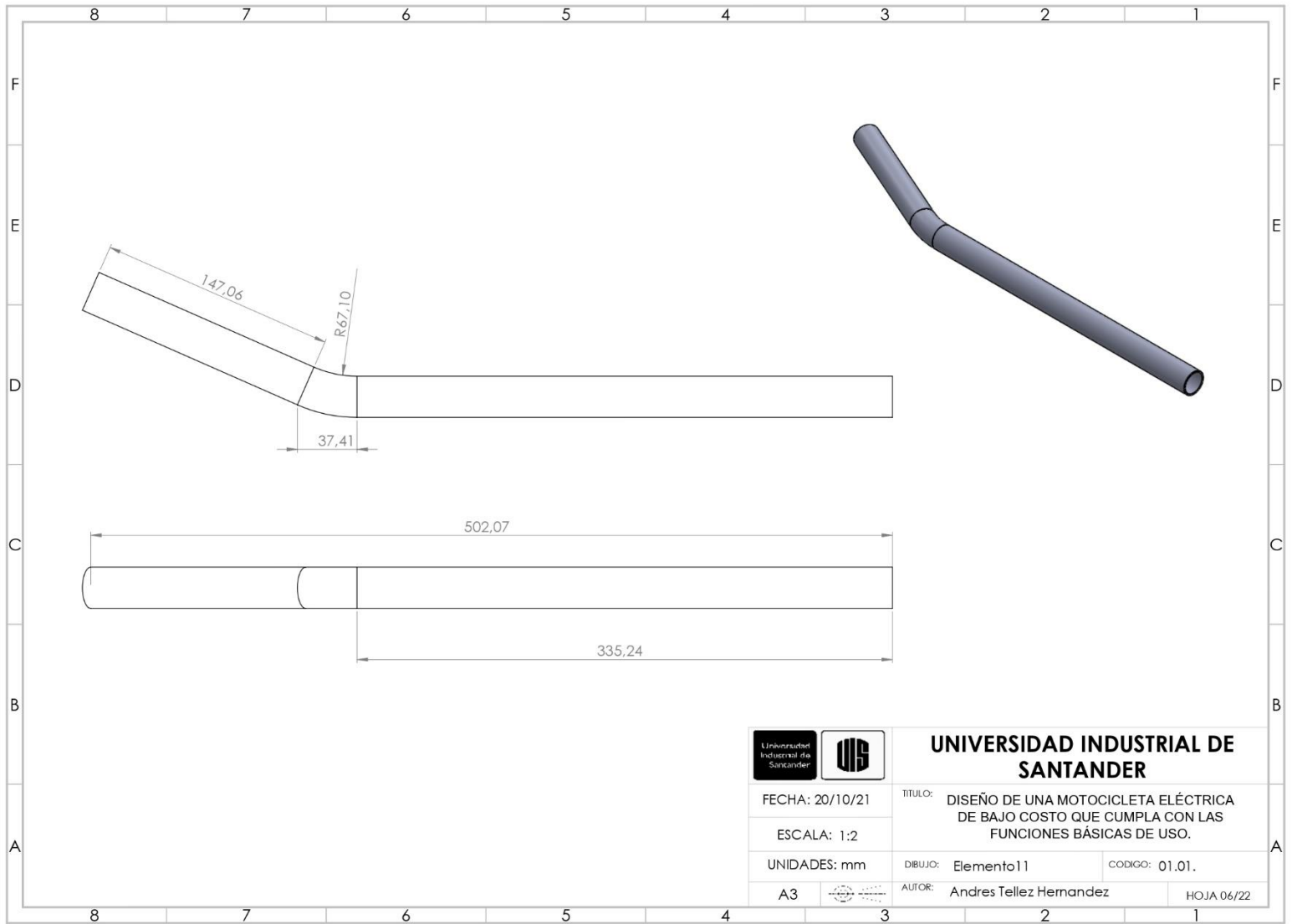
**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

FECHA: 20/10/21  
 ESCALA: 1:1

TITULO: DISEÑO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA DE BAJO COSTO QUE CUMPLA CON LAS FUNCIONES BÁSICAS DE USO.

UNIDADES: mm  
 A3

DIBUJO: Elemento 9  
 CODIGO: 01.01.  
 AUTOR: Andres Tellez Hernandez  
 HOJA 05/22



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

FECHA: 20/10/21

TITULO: DISEÑO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA DE BAJO COSTO QUE CUMPLA CON LAS FUNCIONES BÁSICAS DE USO.

ESCALA: 1:2

UNIDADES: mm

DIBUJO: Elemento11

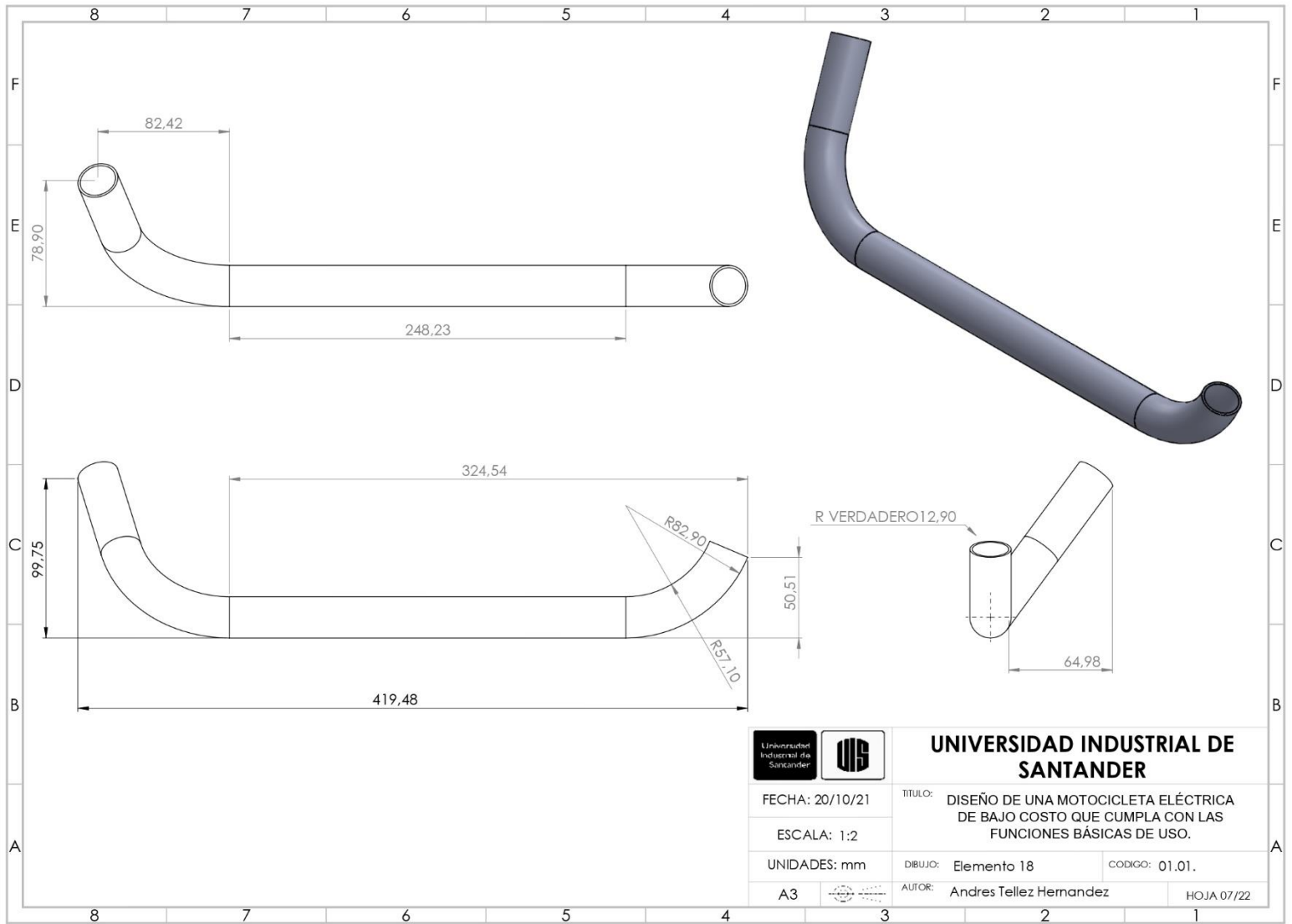
CODIGO: 01.01.

A3

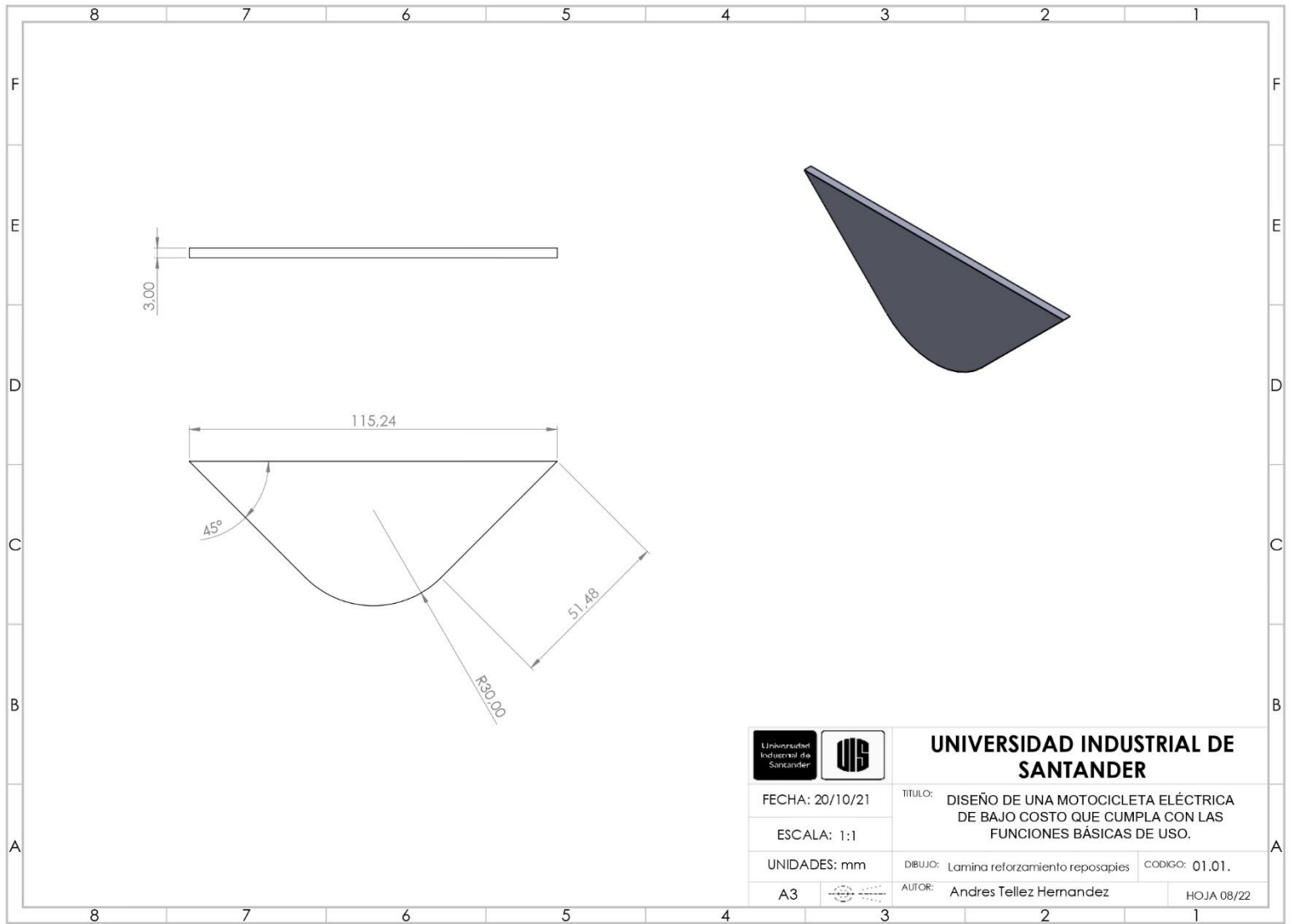


AUTOR: Andres Tellez Hernandez

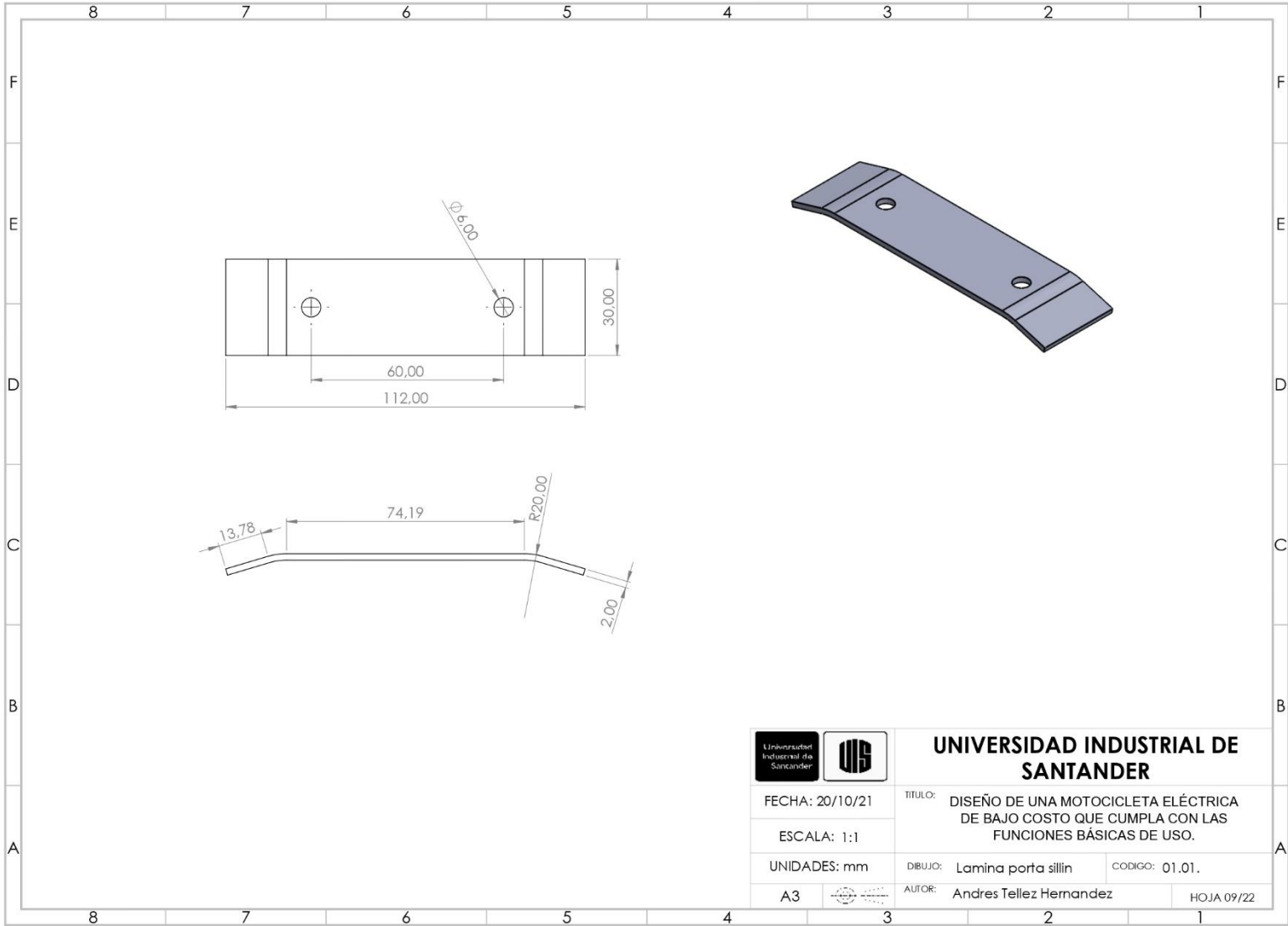
HOJA 06/22



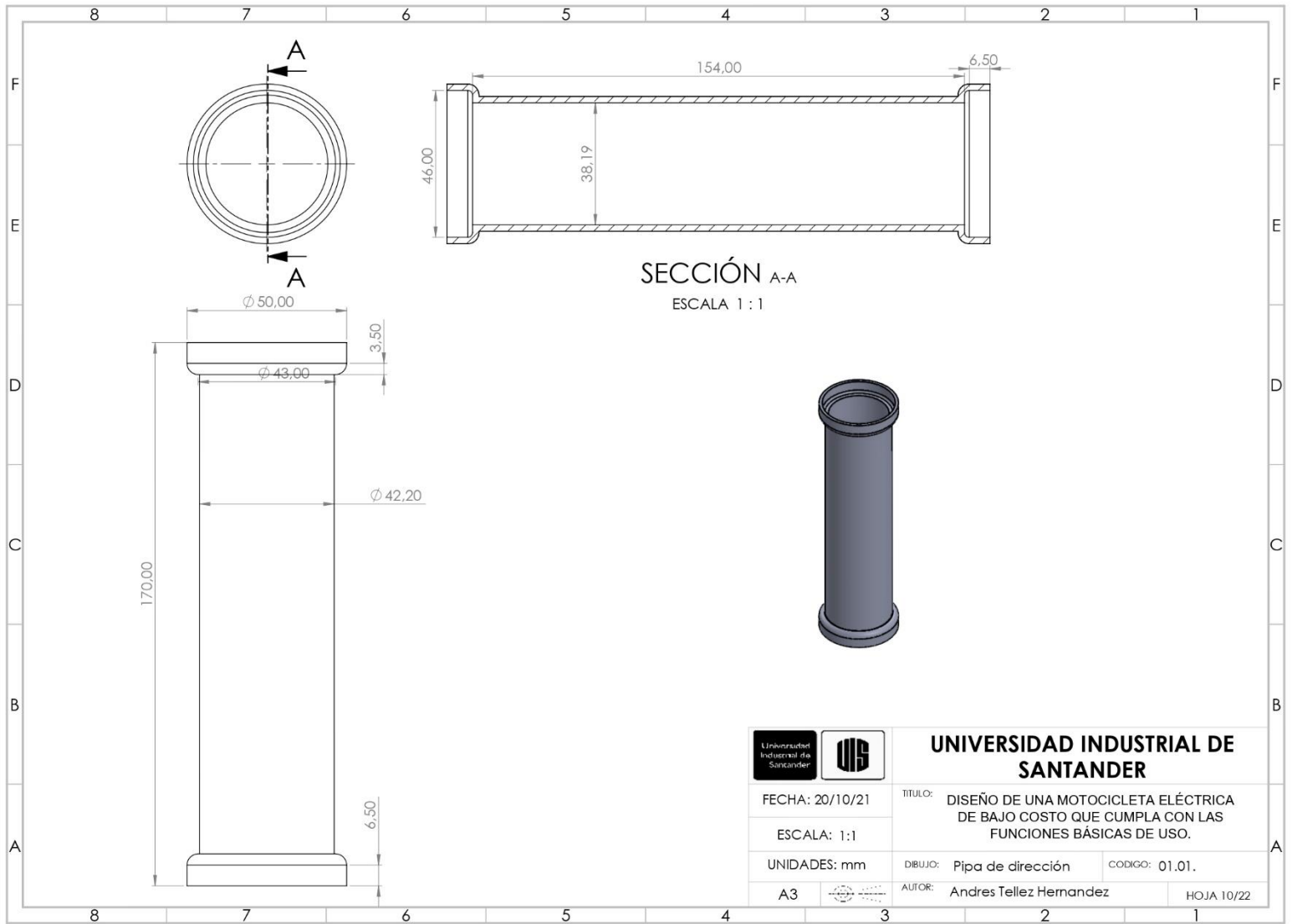
 	<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>	
	TITULO: DISEÑO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA DE BAJO COSTO QUE CUMPLA CON LAS FUNCIONES BÁSICAS DE USO.	
FECHA: 20/10/21	DIBUJO: Elemento 18	CODIGO: 01.01.
ESCALA: 1:2	AUTOR: Andres Tellez Hernandez	HOJA 07/22
UNIDADES: mm	A3	



 	<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>	
	TITULO: DISEÑO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA DE BAJO COSTO QUE CUMPLA CON LAS FUNCIONES BÁSICAS DE USO.	
FECHA: 20/10/21	DIBUJO: Lamina reforzamiento reposapiés	CODIGO: 01.01.
ESCALA: 1:1	AUTOR: Andres Tellez Hernandez	HOJA 08/22
UNIDADES: mm		
A3		



		<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>	
		TITULO: DISEÑO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA DE BAJO COSTO QUE CUMPLA CON LAS FUNCIONES BÁSICAS DE USO.	
FECHA: 20/10/21	DIBUJO: Lamina porta sillin		CODIGO: 01.01.
ESCALA: 1:1	AUTOR: Andres Tellez Hernandez		HOJA 09/22
UNIDADES: mm	A3		



SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 : 1

	<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>	
	FECHA: 20/10/21	
ESCALA: 1:1	TITULO: DISEÑO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA DE BAJO COSTO QUE CUMPLA CON LAS FUNCIONES BÁSICAS DE USO.	
UNIDADES: mm	DIBUJO: Pipa de dirección	CODIGO: 01.01.
A3	AUTOR: Andres Tellez Hernandez	HOJA 10/22

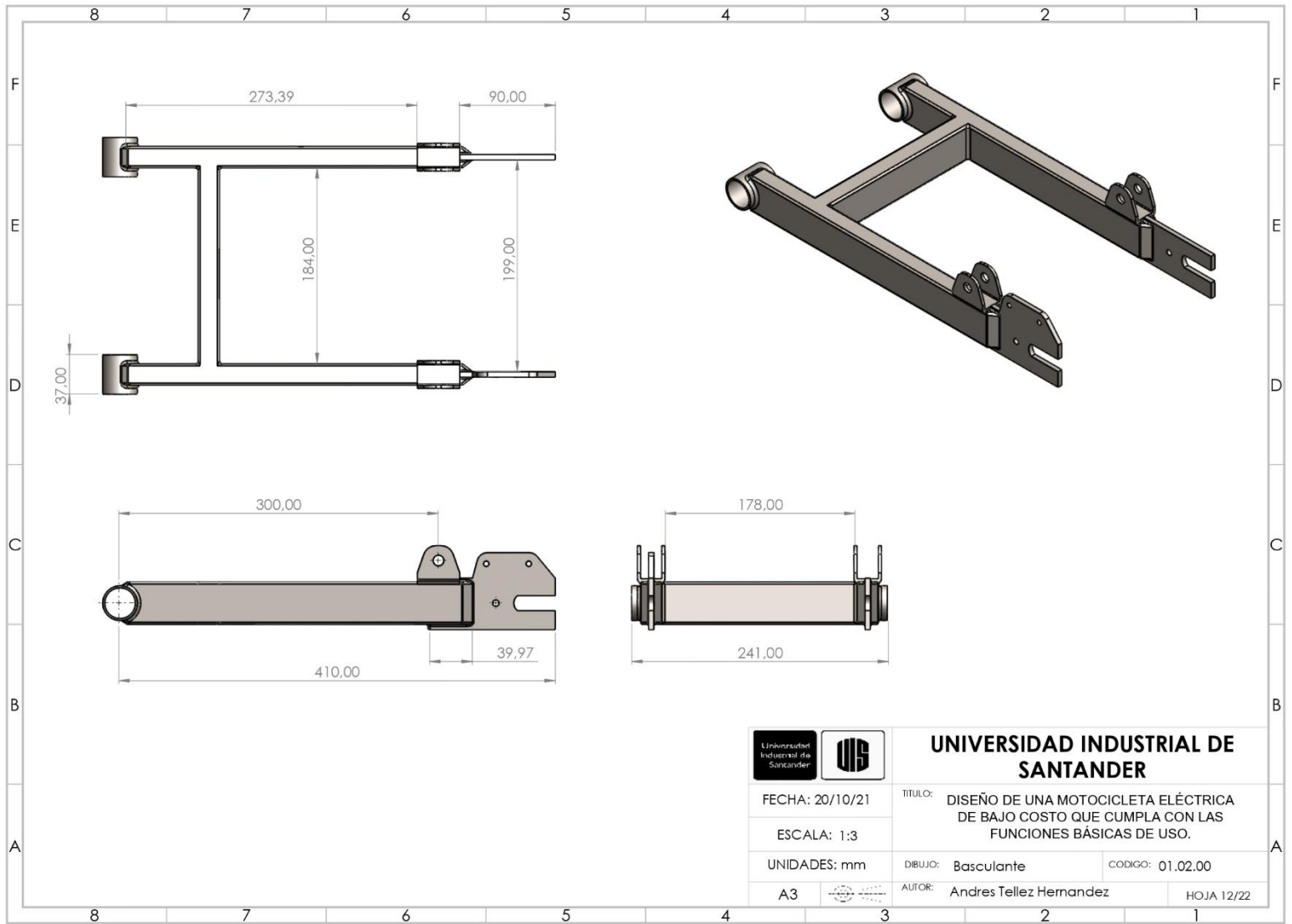
N°	CODIGO	CANTIDAD	DIAMETRO NOMINAL (pulgadas)	LOGITUD (mm)
1	01.01.01	1	1	647
3	01.01.03	1	1/2	231
4	01.01.04	1	1	466
5	01.01.5	1	1/2	132
6	01.01.06	2	3/4	485
8	01.01.08	2	1/2	114
10	01.01.10	2	1/2	107
12	01.01.12	1	1	167
13	01.01.13	2	1/4	30
14	01.01.14	2	3/4	37
15	01.01.15	2	3/4	25

DIAMETRO

LONGITUD

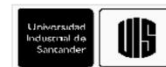
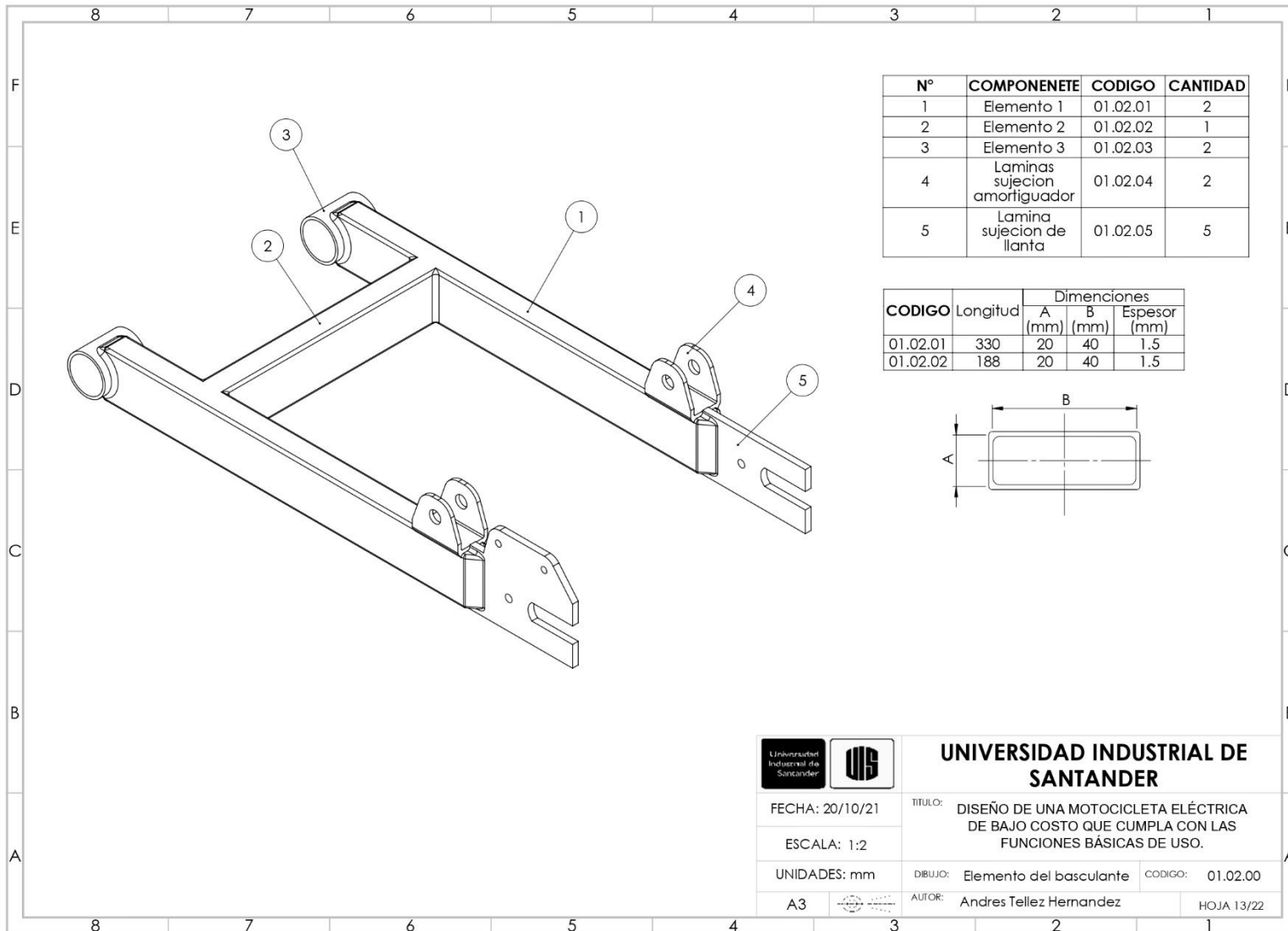
		<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>
FECHA: 20/10/21	TITULO: DISEÑO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA DE BAJO COSTO QUE CUMPLA CON LAS FUNCIONES BÁSICAS DE USO.	
ESCALA: 1:1		
UNIDADES: mm	DIBUJO: Detalles de elemento del chasis	CODIGO: -----
A3	AUTOR: Andres Tellez Hernandez	HOJA 11/22



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

FECHA: 20/10/21  
 ESCALA: 1:3  
 UNIDADES: mm  
 A3

TITULO: DISEÑO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA DE BAJO COSTO QUE CUMPLA CON LAS FUNCIONES BÁSICAS DE USO.  
 DIBUJO: Basculante CODIGO: 01.02.00  
 AUTOR: Andres Tellez Hernandez HOJA 12/22



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

FECHA: 20/10/21

TITULO: DISEÑO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA DE BAJO COSTO QUE CUMPLA CON LAS FUNCIONES BÁSICAS DE USO.

ESCALA: 1:2

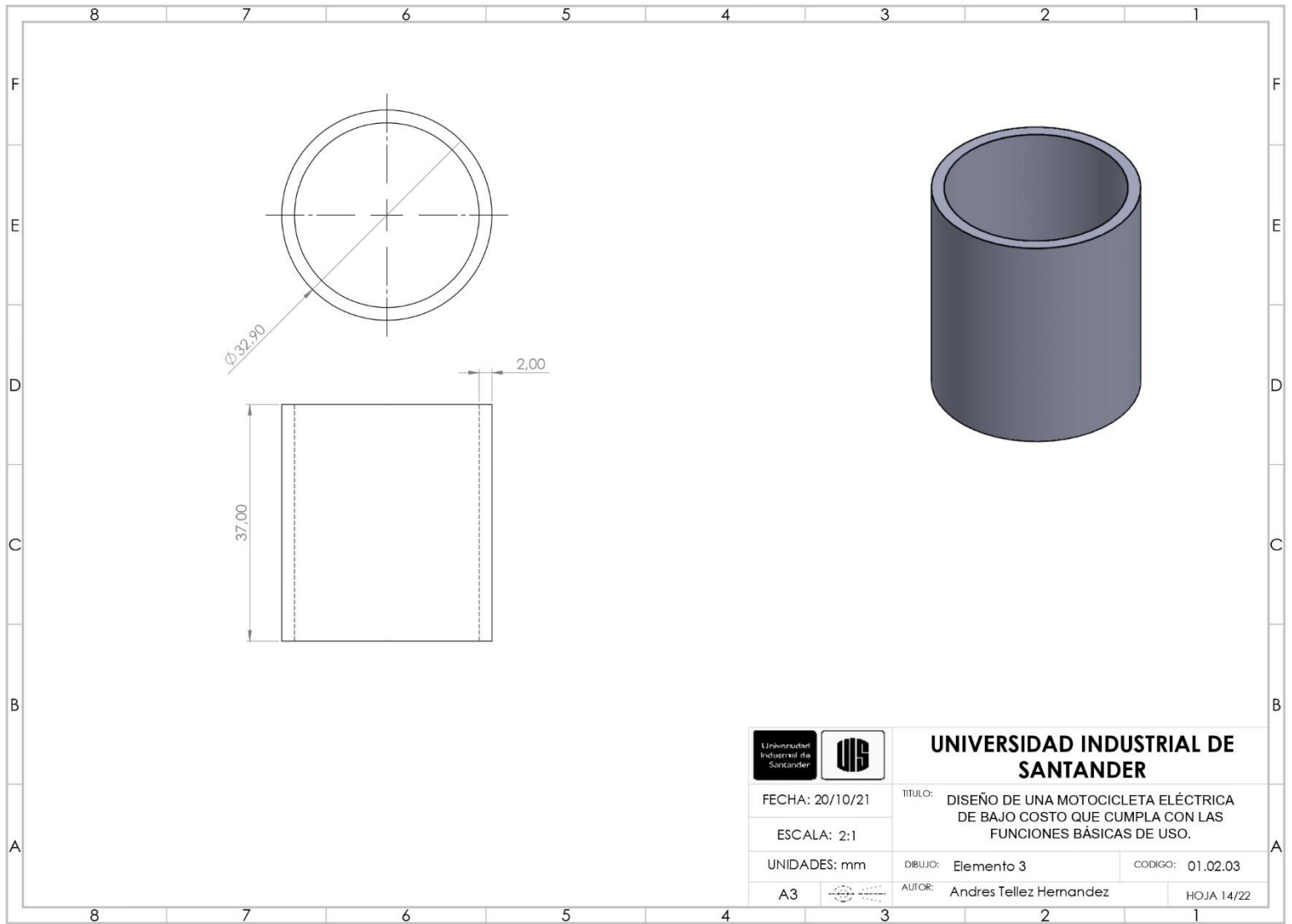
UNIDADES: mm

DIBUJO: Elemento del basculante CODIGO: 01.02.00

A3

AUTOR: Andres Tellez Hernandez

HOJA 13/22



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

FECHA: 20/10/21

TITULO: DISEÑO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA DE BAJO COSTO QUE CUMPLA CON LAS FUNCIONES BÁSICAS DE USO.

ESCALA: 2:1

UNIDADES: mm

DIBUJO: Elemento 3

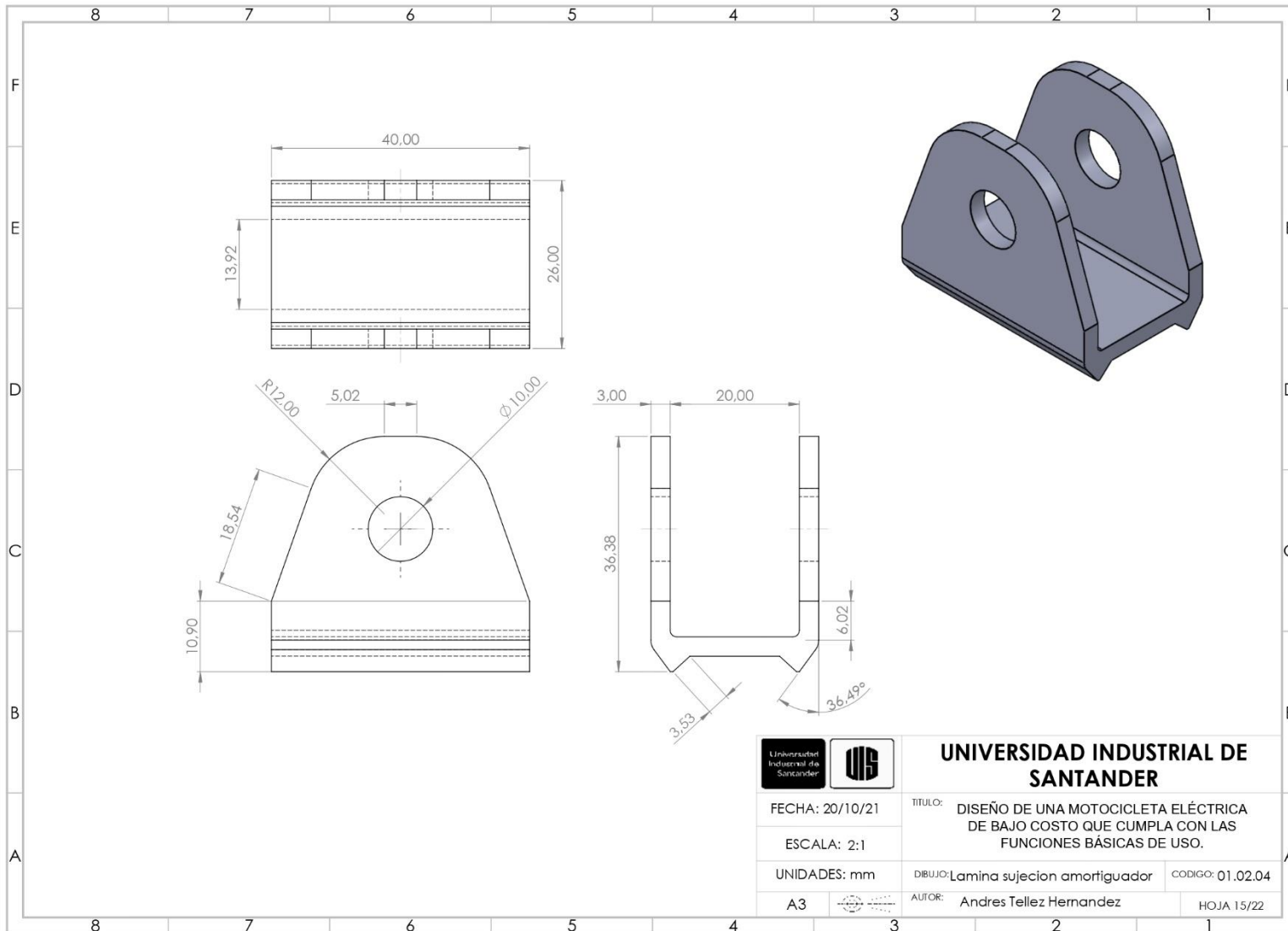
CODIGO: 01.02.03

A3



AUTOR: Andres Tellez Hernandez

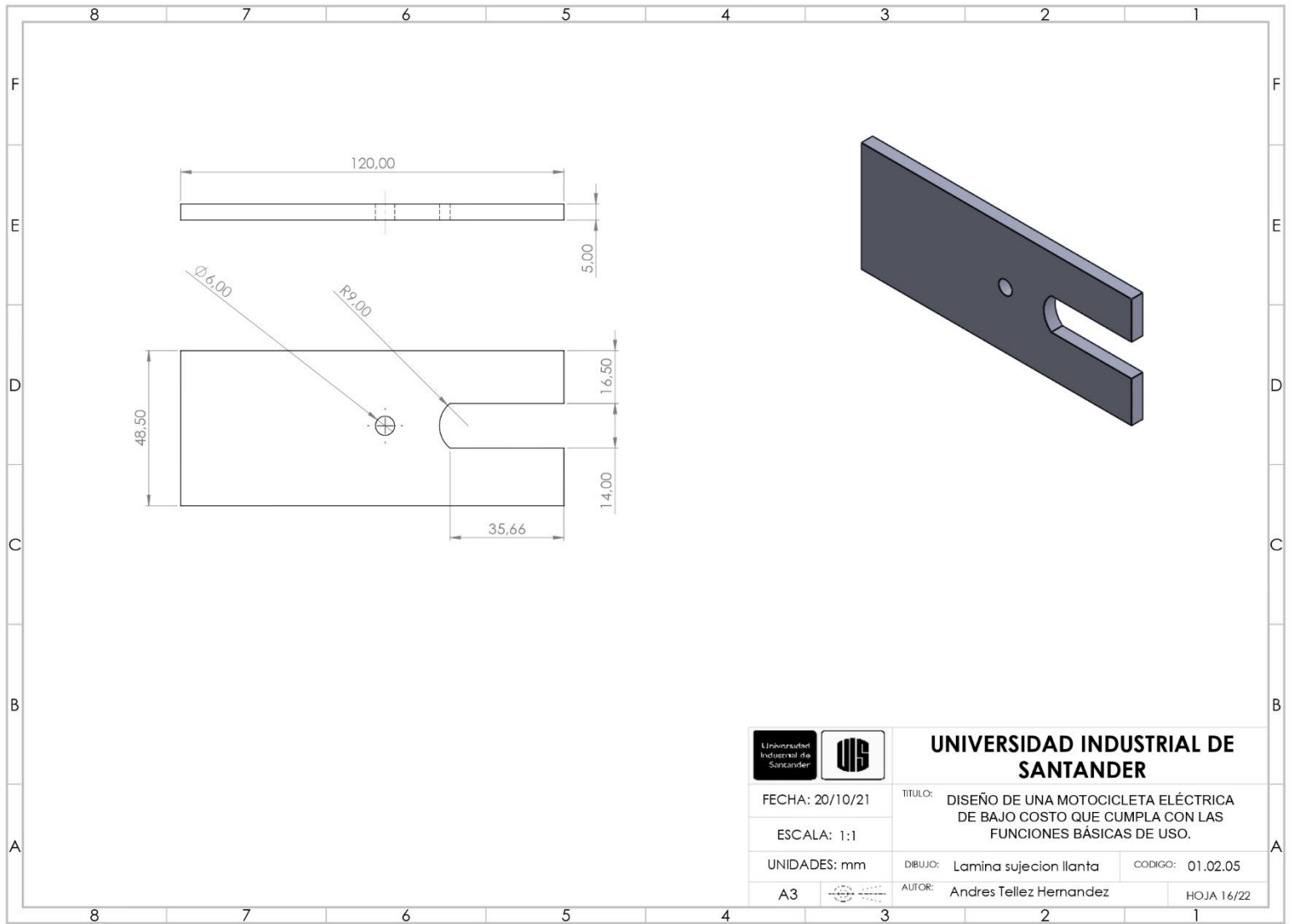
HOJA 14/22



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

FECHA: 20/10/21  
 ESCALA: 2:1  
 UNIDADES: mm  
 A3

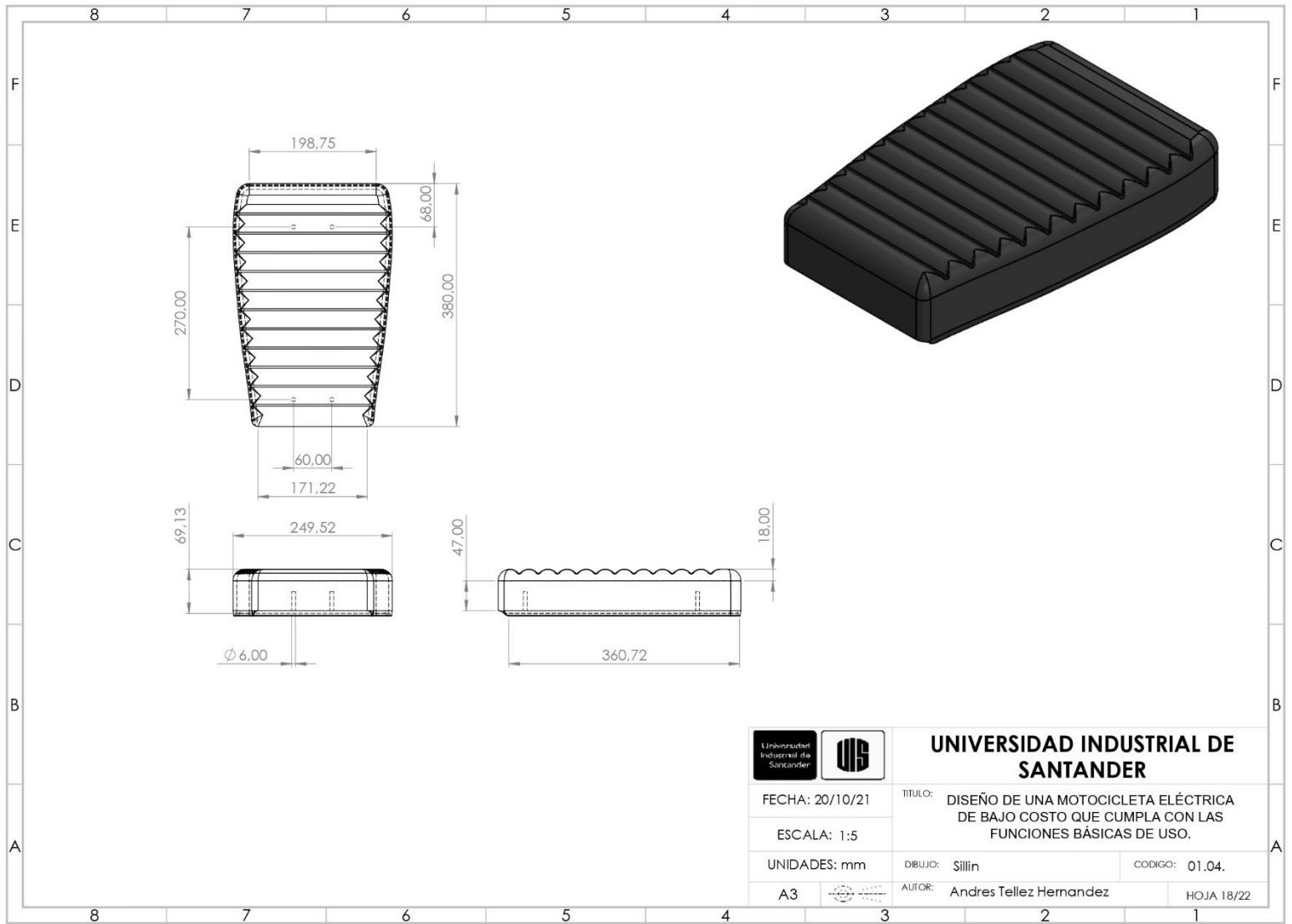
TITULO: DISEÑO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA DE BAJO COSTO QUE CUMPLA CON LAS FUNCIONES BÁSICAS DE USO.  
 DIBUJO: Lamina sujecion amortiguador CODIGO: 01.02.04  
 AUTOR: Andres Tellez Hernandez HOJA 15/22



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

FECHA: 20/10/21  
 ESCALA: 1:1  
 UNIDADES: mm  
 A3

TITULO: DISEÑO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA DE BAJO COSTO QUE CUMPLA CON LAS FUNCIONES BÁSICAS DE USO.  
 DIBUJO: Lamina sujecion llanta CODIGO: 01.02.05  
 AUTOR: Andres Tellez Hernandez HOJA 16/22



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

FECHA: 20/10/21

TITULO: DISEÑO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA DE BAJO COSTO QUE CUMPLA CON LAS FUNCIONES BÁSICAS DE USO.

ESCALA: 1:5

UNIDADES: mm

DIBUJO: Silin

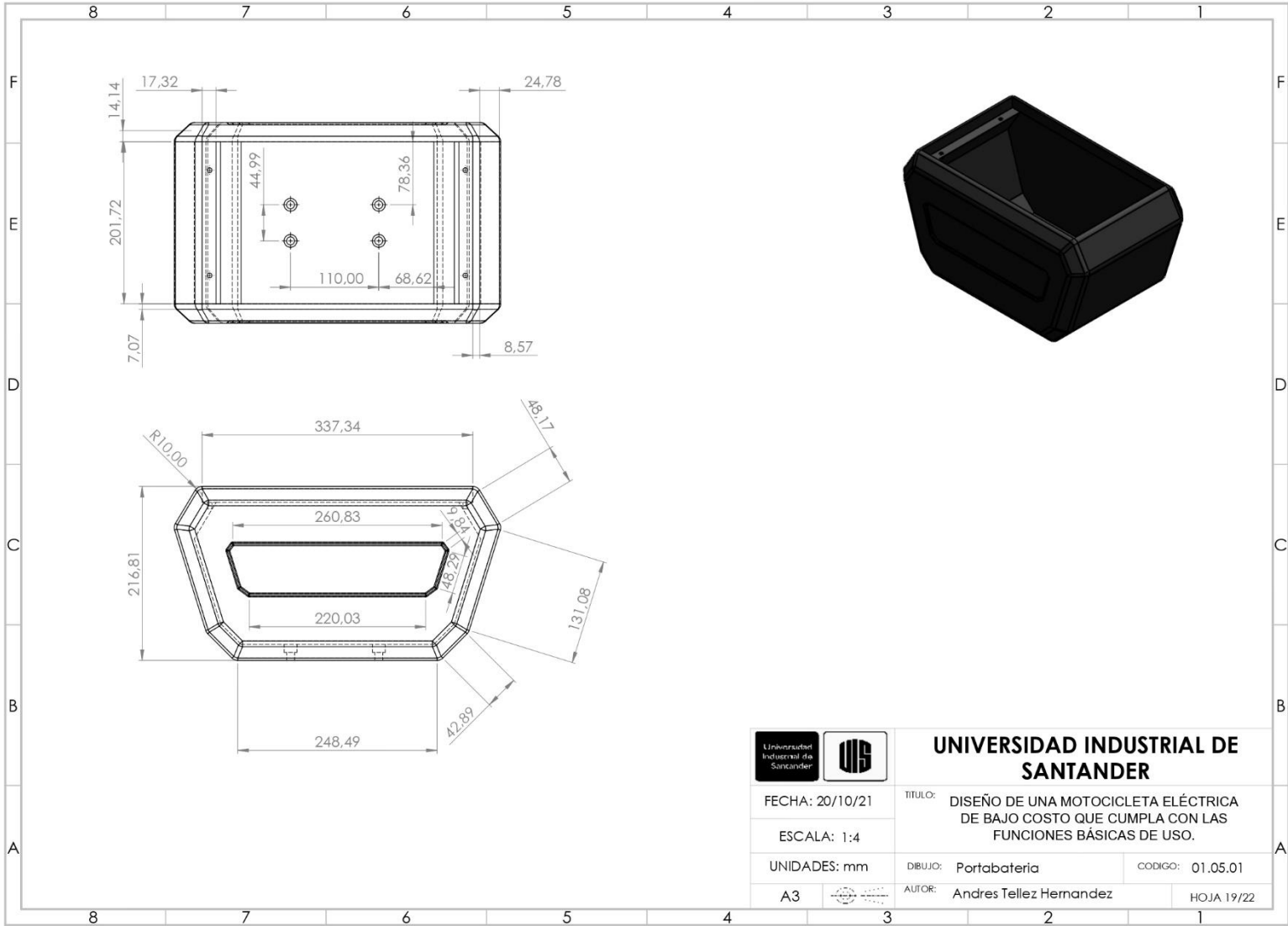
CODIGO: 01.04.

A3



AUTOR: Andres Tellez Hernandez

HOJA 18/22



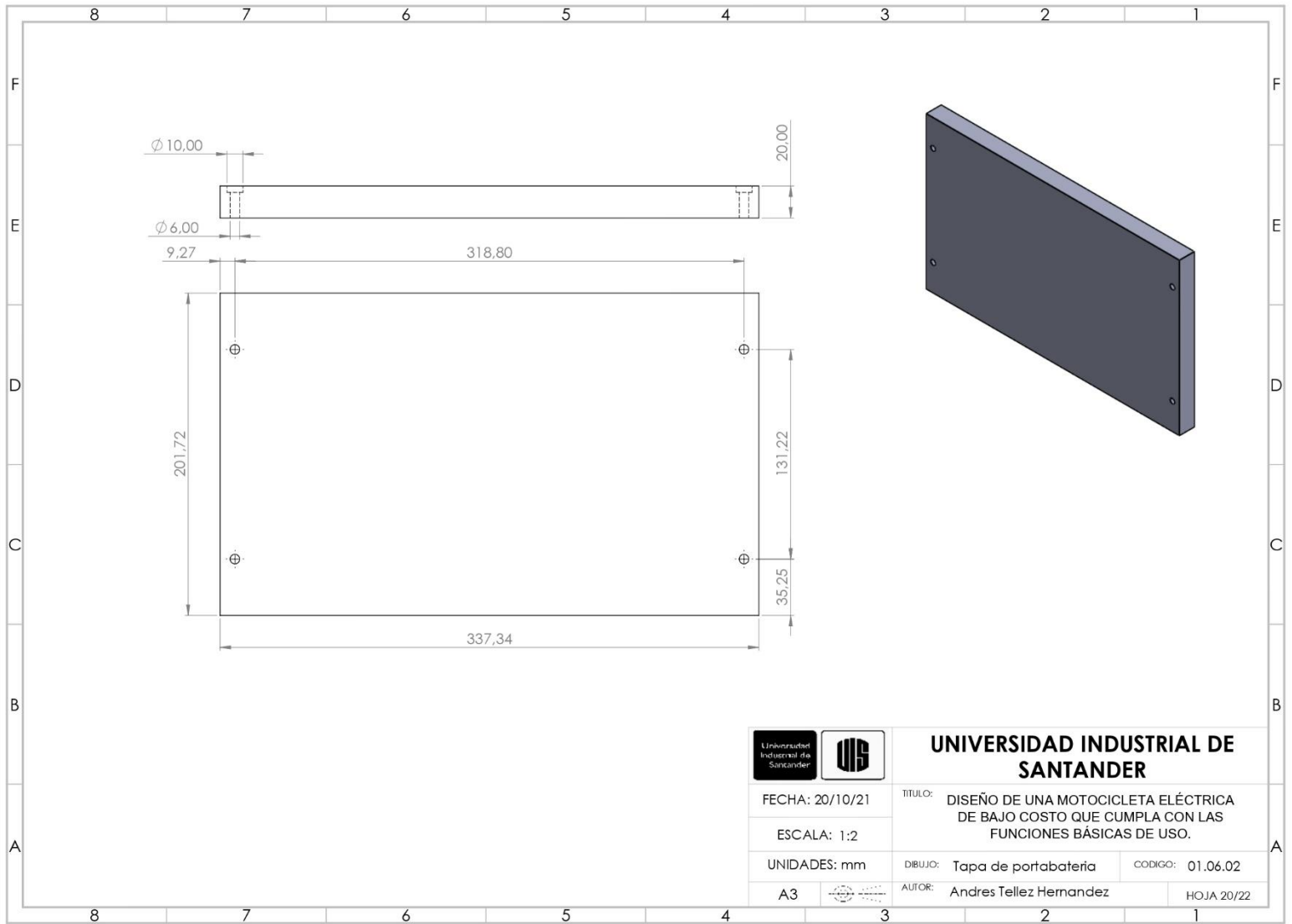
**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

FECHA: 20/10/21  
 ESCALA: 1:4

TITULO: DISEÑO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA DE BAJO COSTO QUE CUMPLA CON LAS FUNCIONES BÁSICAS DE USO.

UNIDADES: mm  
 A3

DIBUJO: Portabatería  
 CODIGO: 01.05.01  
 AUTOR: Andres Tellez Hernandez  
 HOJA 19/22



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

FECHA: 20/10/21

TITULO: DISEÑO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA DE BAJO COSTO QUE CUMPLA CON LAS FUNCIONES BÁSICAS DE USO.

ESCALA: 1:2

UNIDADES: mm

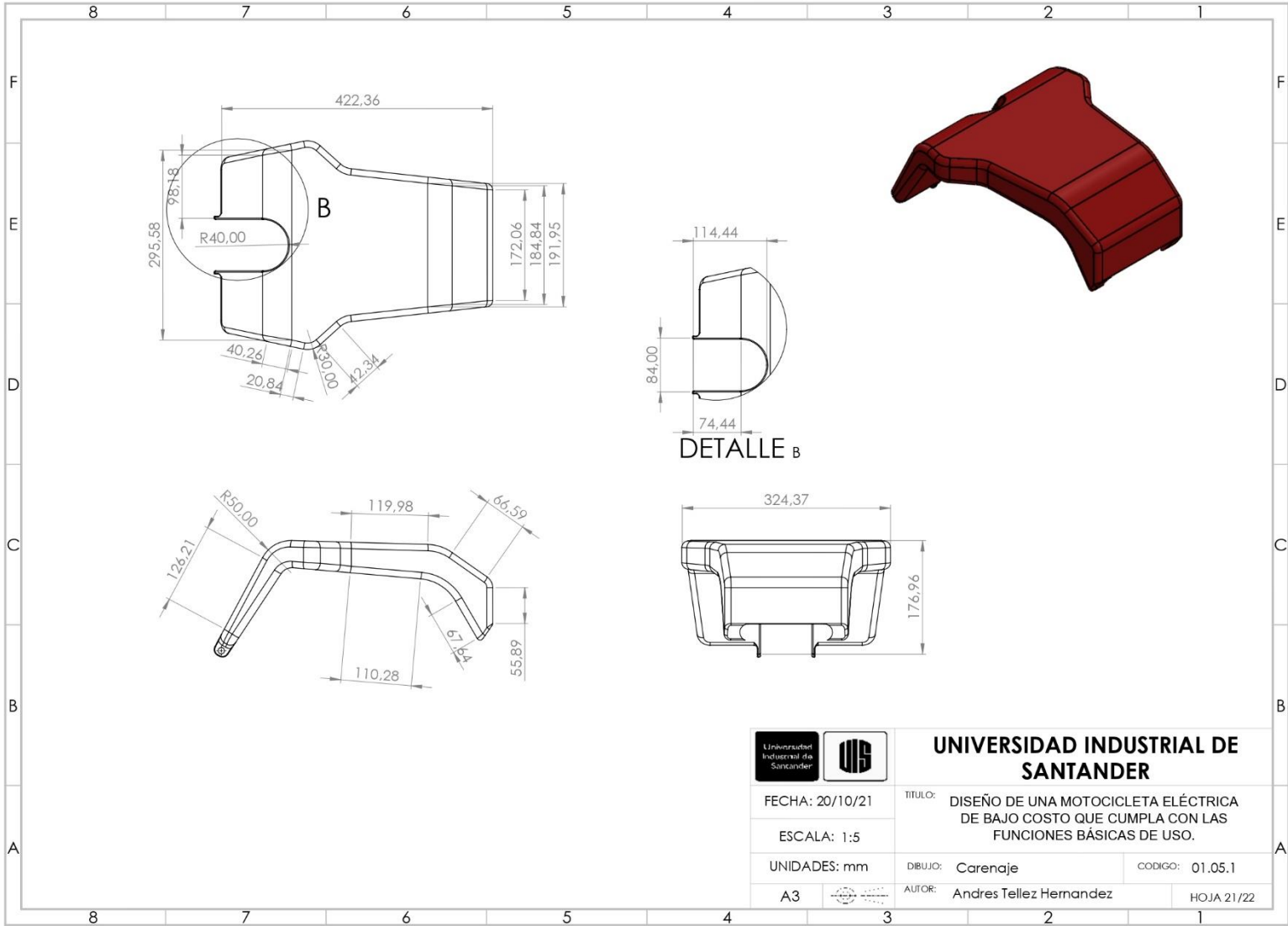
DIBUJO: Tapa de portabatería

CODIGO: 01.06.02

A3

AUTOR: Andres Tellez Hernandez

HOJA 20/22



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

FECHA: 20/10/21  
 ESCALA: 1:5  
 UNIDADES: mm  
 A3

TITULO: DISEÑO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA DE BAJO COSTO QUE CUMPLA CON LAS FUNCIONES BÁSICAS DE USO.  
 DIBUJO: Carenaje CODIGO: 01.05.1  
 AUTOR: Andres Tellez Hernandez HOJA 21/22