



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

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

TEMA: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TRICICLO IMPULSADO
MEDIANTE UN MOTOR ELÉCTRICO DE MANEJO TIPO SEGWAY, CON
SISTEMA DE ESTABILIDAD EN LAS RUEDAS POSTERIORES PARA USO
URBANO”

AUTORES: ANDRANGO ROMERO BYRON GERMAN

BALLAGÁN ALULEMA ARMANDO JOSÉ

DIRECTOR: ING. OLMEDO FERNANDO

SANGOLQUÍ

2017




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

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, " **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TRICICLO IMPULSADO MEDIANTE UN MOTOR ELÉCTRICO DE MANEJO TIPO SEGWAY, CON SISTEMA DE ESTABILIDAD EN LAS RUEDAS POSTERIORES PARA USO URBANO**", realizado por los señores **BYRON GERMAN ANDRANGO ROMERO Y ARMANDO JOSÉ BALLAGÁN ALULEMA**. Ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el miso que cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto, me permito acreditarlo y autorizar a los señores **BYRON GERMAN ANDRANGO ROMERO Y ARMANDO JOSÉ BALLAGÁN ALULEMA** para que los sustente públicamente.

Quito, 27 de enero de 2017



Ing. Fernando Olmedo
TUTOR



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

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, BYRON GERMAN ANDRANGO ROMERO con cedula de identidad N° 1722773205 y ARMANDO JOSÉ BALLAGÁN ALULEMA, con cedula de identidad N° 1718430448 declaramos que este trabajo de titulación , “ **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TRICICLO IMPULSADO MEDIANTE UN MOTOR ELÉCTRICO DE MANEJO TIPO SEGWAY, CON SISTEMA DE ESTABILIDAD EN LAS RUEDAS POSTERIORES PARA USO URBANO**” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas. Consecuentemente declaramos que este trabajo es de nuestra autoría, en virtud de ello nos declaramos responsables del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Quito, 20 de enero de 2017

Byron German Andrango Romero

C.C: 1722773205

Armando José Ballagán Alulema

C.C: 1718430448




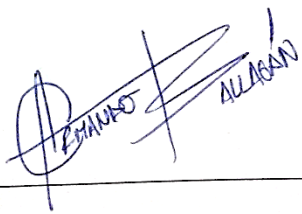
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

AUTORIZACIÓN

Nosotros, BYRON GERMAN ANDRANGO ROMERO con cedula de identidad N° 1722773205 y ARMANDO JOSÉ BALLAGÁN ALULEMA con cedula de identidad N° 1718430448, autorizamos a la Universidad de las fuerzas Armadas ESPE publicar en la Biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación, "**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TRICICLO IMPULSADO MEDIANTE UN MOTOR ELÉCTRICO DE MANEJO TIPO SEGWAY, CON SISTEMA DE ESTABILIDAD EN LAS RUEDAS POSTERIORES PARA USO URBANO**" cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Quito, 20 de enero de 2017


Byron German Andrango Romero
C.C:1722773205


Armando José Ballagán Alulema
C.C: 1718430448

DEDICATORIA

A mi familia que son el motor que mueve mi vida y especialmente a mi madre que es la energía que hace posible que esto funcione.

Byron German Andrango Romero

DEDICATORIA

Para mi hija, desde el primer día que supe de tu existencia no he parado de
amarte, violeta te ama papa

A mis tres hermanas, mi madre y mi abuelita que en momentos difíciles me
brindaron su cariño

A mi padre, el tiempo a s\u/ lado lo atesoro en mi corazón

A mi sobrina, la personita que alegro mi vida en momentos difíciles

A Belén la causante de mis alegrías y tristezas

Armando José Ballagan Alulema

AGRADECIMIENTO

Al ser que me dio la vida y que no se ha cansado de preocuparse desde el primer día de mi existencia y a la que llamo mamá. A toda mi familia, mis abuelos, hermanos, hermanas, sobrinos y sobrinas.

A todas esas personas que he conocido que ya no están y a todos aquellos que aún han permanecido y en grandes amigos se han convertido, ya que gracias a todos ellos a las experiencias vividas, buenas y malas soy lo que soy y seré lo que yo quiera llegar a ser.

Al ingeniero Fernando Olmedo por su apoyo, guía y sugerencias durante toda la realización de este proyecto.

Byron German Andrango Romero

AGRADECIMIENTO

Para el superhéroe de mi vida, la que me apoyo en todas mis locuras, la que
nunca

dejo de creer en mí y a la que con orgullo puedo llamar mamá, gracias

por estar a mi lado.

La gratitud es infinita y es para ti mami lucy

Armando José Ballagan Alulema

Índice de contenido

CAPÍTULO 1	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	3
1.4 ALCANCE.....	4
1.5 OBJETIVOS	5
1.5.1 OBJETIVO GENERAL.....	5
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
CAPÍTULO 2	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1 BREVE RESEÑA DE LOS VEHÍCULOS ALTERNATIVOS	6
2.2 HISTORIA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO.....	7
2.3 IMPLEMENTACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS EN VEHÍCULOS MONOPLAZA	9
2.3.1 AUTOMÓVIL MONOPLAZA ELÉCTRICO.....	10
2.3.2 MOTO ELÉCTRICA.....	10
2.3.3 BICICLETA ELÉCTRICA.....	11
2.3.4 SEGWAY	13
CAPÍTULO 3	14
3.1.1 SISTEMA ESTRUCTURAL.....	14
3.1.1.1 SELECCIÓN DE MATERIA PRIMA	14
3.1.1.2 ACERO ESTRUCTURAL A-36.....	14

3.1.1.3 TUBOS DE ACERO ESTRUCTURAL (CALIDAD: ASTM A513).....	15
3.1.1.3.1 APLICACIONES.....	16
3.1.1.4 ACERO DE TRANSMISIÓN 1018	16
3.1.1.5 ESPECIFICACIÓN Y USO DEL MATERIAL.....	17
3.1.1.6 TUBOS DE ACERO ESTRUCTURAL.....	18
3.1.1.7 PLANCHA DE ACERO A-36	18
3.1.2 SISTEMA DE DIRECCIÓN	19
3.1.2.1 VOLANTE DE DIRECCIÓN	19
3.1.2.2 HORQUILLA	20
3.1.2.2.1 JUEGO DIRECCIÓN	20
3.1.2.2.2 STEM O VÁSTAGO DE LA BICICLETA	21
3.1.2.2.3 HORQUILLA DE BICICLETA	22
3.1.2.2.4 JUEGO DIRECCIÓN ROSCADO.....	22
3.1.2.2.5 STEM CON ROSCA.....	23
3.1.3 SISTEMA DE CONTROL DE VELOCIDAD Y GIRO.....	24
3.1.3.1 MOTOR.....	25
3.1.3.2 MOTOR ELÉCTRICO.....	25
3.1.3.2.1 SELECCIÓN DEL MOTOR BRUSHLESS.....	28
3.1.3.3 BATERÍA	31
3.1.3.3.1 CLASIFICACIÓN DE LAS BATERÍAS SEGÚN SU USO	
31	
3.1.3.3.2 CLASIFICACIÓN DE LAS BATERÍAS SEGÚN SU	
CONSTRUCCIÓN.....	31
3.1.3.3.3 SELECCIÓN DE LA BATERÍA	34
3.1.3.4 ACELERADOR.....	36

3.1.3.5 UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO (UCE)	36
3.1.4 SISTEMA DE FRENO	37
3.1.4.1 TIPOS DE SISTEMAS DE FRENO	38
3.1.4.1.1 FRENO DE ARO.....	38
3.1.4.1.2 FRENO DE MAZA O BUJE.....	42
DISEÑO, CÁLCULOS Y SIMULACIÓN	47
3.2 DISEÑO	47
3.2.1 PARÁMETROS DEL DISEÑO	47
3.3 DISEÑO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL	48
3.3.1 ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS DE DISEÑO	49
3.4 SISTEMA DE ESTABILIZACIÓN	50
3.4.1 ESTABILIDAD	50
3.4.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE ESTABILIZACIÓN.....	51
3.4.3 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ESTABILIZACIÓN.....	52
3.4.4 SELECCIÓN DE RÓTULAS.....	54
3.4.4.1 RÓTULA ESFÉRICA	54
3.4.4.2 RÓTULAS SELECCIONADAS	56
3.4.4.2.1 RÓTULAS DEL TERMINAL DE DIRECCIÓN	56
3.4.4.2.2 RÓTULAS DE LA BIELETA ESTABILIZADORA	56
3.4.5 RODAMIENTOS	57
3.4.6 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS	58
3.4.6.1 CARACTERÍSTICAS DEL RODAMIENTO HK 2020.....	59
3.4.7 DISEÑO DEL BASTIDOR	60
3.4.7.1 CARGAS INVOLUCRADAS.....	60
3.4.7.2 VIGA LONGITUDINAL	60
3.4.7.3 EJE DE LA MANZANA PRINCIPAL	68

3.4.7.3.1	CÁLCULO DEL DIÁMETRO.....	68
3.4.7.4	ESTUDIO DEL CHASIS	70
3.5	RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN.....	71
3.5.1.1	DESPLAZAMIENTOS RESULTANTES	71
3.5.1.2	TENSIÓN DE VON MISES.....	73
3.5.1.3	FACTOR DE SEGURIDAD	74
3.5.1.4	ANÁLISIS DE SELECCIÓN DEL RODAMIENTNO HB 2020	
	74	
3.6	TOLERANCIAS Y AJUSTES	75
3.6.1	CALIDAD DE TOLERANCIA.....	76
3.6.2	AJUSTE PARA EL EJE.....	76
3.6.3	SELECCIÓN DE SEGUROS.....	79
CAPÍTULO 4		80
FABRICACIÓN Y MONTAJE		80
4.1	FABRICACIÓN.....	80
4.1.1	MAQUINARIA NECESARIA:.....	80
4.2	PROCESO DE FABRICACIÓN	84
4.2.1	FABRICACIÓN DEL BASTIDOR VOLANTE Y PEDALES ...	84
4.2.1.1	DOBLADO DEL TUBO	84
4.2.1.2	CORTE Y SOLDADURA DEL BASTIDOR, VOLANTE Y PEDALES	85
4.2.1.3	REMOCIÓN DE EXCESO DE MATERIAL, REBABAS Y ARISTAS VIVAS	87
4.2.1.4	PULIDO Y ENSAMBLE DEL CONJUNTO	88
4.2.1.5	TALADRADO DE AGUJEROS PARA EL CABLEADO	89
4.2.2	FABRICACIÓN DE LA CAJA TRANSMISORA DE FUERZA	90

4.2.2.1	CORTE DE LAS PLANCHAS DE ACERO A36.....	90
4.2.2.2	UNION POR SOLADURA GMAW	91
4.2.2.3	TALADRADO, PULIDO Y ENSAMBLADO	91
4.2.3	PINTURA EN GENERAL	92
4.2.4	CONEXIÓN DE ELEMENTOS ELECTRÓNICOS Y FRENO .	93
CAPÍTULO 5		97
PRUEBAS DE CAMPO.....		97
5.1	GESTIÓN DE LA POTENCIA	97
5.2	CABLES Y CONEXIONES ELÉCTRICAS.....	99
5.2.1	RESISTENCIA A LA HUMEDAD	100
5.2.2	RESISTENCIA MECÁNICA.....	101
5.2.3	AUTONOMÍA DE LA BATERÍA.....	102
5.3	PRUEBAS DE MANEJO	103
5.3.1	ESTABILIDAD Y DIRECCIÓN	103
5.4	ANÁLISIS DE ACEPTACIÓN.....	104
5.4.1	MODELO DE ENCUESTA	105
5.4.2	RESULTADOS DE LA ENCUESTA.....	105
5.4.3	ANÁLISIS	107
CAPÍTULO 6		108
ANÁLISIS DE COSTOS		108
6.1	COSTOS DIRECTOS	108
6.2	COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN	110
6.3	DETERMINACIÓN DE VALORES TOTALES	111
CAPÍTULO 7		112
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		112
6.4	CONCLUSIONES	112

6.5 RECOMENDACIONES:.....	114
BIBLIOGRAFÍA	115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especificación material acero estructural calidad A513	15
Tabla 2. Composición y propiedades mecánicas acero 1018	16
Tabla 3. Especificación y uso del material	17
Tabla 4. Especificaciones tubería estructural redonda	18
Tabla 5. Especificaciones de la plancha de calidad estructural	19
Tabla 6. Selección de la horquilla	22
Tabla 7. Selección del juego de dirección	23
Tabla 8. Selección del stem	23
Tabla 9. Selección del tipo de motor eléctrico	27
Tabla 10. Características de los motores	29
Tabla 11. Matriz de decisión del motor eléctrico	30
Tabla 12. Características del motor eléctrico seleccionado (Brushless)	30
Tabla 13. Características de las baterías eléctricas	35
Tabla 14. Matriz de decisión para la batería eléctrica	35
Tabla 15. Selección de frenos utilizados	45
Tabla 16. Matriz características de alternativas de diseño	49
Tabla 17. Factor de seguridad	64
Tabla 18. Resultados de los valores de espesor del tubo	67
Tabla 19. Descripción de ajustes recomendables	76
Tabla 20. Selección de IT	77
Tabla 21. Tabla de tolerancias	78
Tabla 22. Anillos de retención seleccionados para el diseño	79
Tabla 23. Resultados: Distancia de frenado	98
Tabla 24. Resultados prueba de autonomía de la batería	102
Tabla 25. Resultados de la encuesta	106
Tabla 26. Costos de materia prima y componentes	108
Tabla 27. Costos de mano de obra	110
Tabla 28. Costos indirectos a la fabricación	111
Tabla 29. Costos totales	111

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Prototipo de diseño	4
Figura 2. Tipos de vehículos ecológicos	6
Figura 3. Triciclo eléctrico 1882	8
Figura 4. Ford Comuta (1967)	9
Figura 5. Volkswagen Nils, monoplaza eléctrico y urbano	10
Figura 6. Modelo diseñado por Humber en 1897	11
Figura 7. Bicicleta eléctrica diseñado por B. G. Bowden	12
Figura 8. Bicicleta eléctrica Flyer Serie-X Street	12
Figura 9. Segway para la ciudad	13
Figura 10 Chasis del prototipo	14
Figura 11. Volante de dirección	20
Figura 12. Horquilla	20
Figura 13. (a) Vástago de rosca (b) vástago sin rosca	21
Figura 14. Horquilla de bicicleta 26 pulgadas	22
Figura 15. Juego de dirección roscado de 28 mm	23
Figura 16. Vástago de bicicleta BMX-22 mm	24
Figura 17. Componentes del sistema electrónico	24
Figura 18. Motor con escobillas	26
Figura 19. Motor sin escobillas	26
Figura 20. Partes de un motor Brushless de CC sin escobillas	28
Figura 21. Motor eléctrico de engranes	30
Figura 22. Batería de arranque de 12V seis celdas	32
Figura 23. Batería AGM	33
Figura 24. Baterías de litio:(a) Batería cilíndrica 3.7V, (b) Batería de bicicleta eléctrica 48V, (c) Batería de automóvil eléctrico 144V	34
Figura 26. Acelerador	36
Figura 27. Unidad de control electrónico Modelo FC-16889	36
Figura 28. Cáliper de Tiro Lateral de Pivote Sencillo	38
Figura 29. Frenos de Tiro Lateral de Pivote Dual	39

Figura 30. Frenos Cáliper de Tiro Central	39
Figura 31. Frenos Cantilever de Tiro Central	40
Figura 32. Cantilever de Tiro Directo (V-Brakes)	40
Figura 33. Freno Delantero U-BRAKE para BMX	41
Figura 34. Freno Roller-Cam SunTour CB-6100, XC	42
Figura 35. Freno de masa Sturmey Archer	42
Figura 36. Freno de disco hidráulico AEST 2012	43
Figura 37. Freno contra pedal Coaster	44
Figura 38. Palanca de freno	44
Figura 39. Sistema de frenos 1. Palanca de frenos,	46
Figura 40. Disco de freno mecánico de 140mm	46
Figura 41 Diseño del prototipo final	47
Figura 42. Alternativa 1	48
Figura 43. Alternativa 2	48
Figura 44. Peralte en una pista, GP de Italia 1995	50
Figura 45. Inclinación de las ruedas posteriores	51
Figura 46. Pivote del pedal	52
Figura 47. Distribución del peso del usuario	52
Figura 48. Transmisión de la fuerza de un pedal al otro	53
Figura 49. Posición de rotulas mecánicas	53
Figura 50. Sistema de estabilización en una curva	54
Figura 51. Partes de una rotula de dirección	55
Figura 52. Terminal de dirección Izquierdo vw escarabajo	56
Figura 53. Bieleta estabilizadora Chevrolet Optra	57
Figura 54. Rodamiento de agujas	58
Figura 55. Características rodamiento HK 2020	59
Figura 56. Modelo simplificado	60
Figura 58 Modelo simplificado del pedal	61
Figura 58. Puntos críticos	65
Figura 59. Diagrama simplificado del eje principal	68
Figura 60. Diagrama de cortante y momento	69
Figura 61. Aplicación de conexiones	70

Figura 62. Aplicación de cargas	71
Figura 63. Condiciones de carga y sujeciones fijas	72
Figura 64. Desplazamientos resultantes	72
Figura 65. Esfuerzos resultantes de Von Mises	73
Figura 66. Factores de seguridad resultante	74
Figura 67. carga total en el eje del bastidor	75
Figura 68. Ajustes agujero único y eje único	76
Figura 69. Dobladora de tubo de mofle semiautomática	80
Figura 70. Dobladora de tubo manual modelo DC05	81
Figura 71. Cortadora de metal 14" GC022000	81
Figura 72. Amoladora angular GWS 8-115 Z	81
Figura 73. Equipo de soldadura SMAW	82
Figura 74. Torno universal 2 ejes HL-380	82
Figura 75. Taladro de mano	82
Figura 76. Figura Taladro Banco TB131	83
Figura 77. Esmeriladora de banco GSM 200 D	83
Figura 78. Herramientas manuales	83
Figura 79. Doblado del bastidor	84
Figura 80. Doblado del volante y pedales	85
Figura 81. Corte de partes	85
Figura 82. Proceso de soldadura	86
Figura 83. Ensamble y unión por soldadura GMAW	86
Figura 84. Bastidor, volante y pedales terminados	86
Figura 85. Remoción de rebabas y aristas vivas	87
Figura 86. Remoción de exceso de material en las soldaduras	87
Figura 87. Masillado y Pulido del conjunto	88
Figura 88. Ensamble y pulido de los pedales	88
Figura 89. Conjunto ensamblado y pulido	89
Figura 90. Taladrado de orificio para cableado	89
Figura 91. Agujeros para el cableado	90
Figura 92. Corte de planchas acero A-36	90
Figura 93. Partes de la caja transmisora de fuerza	91

Figura 94. Taladrado de la caja transmisora de fuerza	91
Figura 95. Pulido y ensamblado de la caja diferenciadora de fuerza	92
Figura 96. Inspección del ensamble	92
Figura 97. Prototipo pintado y ensamblado	93
Figura 98. Inspección de elementos mecánicos	94
Figura 99. Ensamble de dispositivos electrónicos	94
Figura 100. Conexión de los terminales electrónicos	95
Figura 101. Conexión de dispositivos electrónicos	95
Figura 102. Prototipo armado y funcional	96
Figura 103. Ensayo de frenado	98
Figura 104. indicador de carga Full/Empty	100
Figura 105. Inspección de los cables de conexión	100
Figura 106. Carcasa de aislamiento de la unidad de control	101
Figura 107. Prueba resistencia mecánica	102
Figura 108. Funcionamiento del sistema de estabilización	103
Figura 109. Desempeño del prototipo en pendiente	104
Figura 110. Resultados de las preguntas respecto al manejo	106
Figura 111. Resultado de las preguntas respecto a lo estético	107
Figura 112. Resultado de las preguntas respecto al mercado	107

RESUMEN

En un planeta cada vez más desarrollado, el mundo ha empezado a concientizar a cerca de la importancia del cuidado del medio ambiente y de la huella negativa que va dejando la humanidad en nuestro planeta. Una de las invenciones del hombre que más ha contaminado son los vehículos de combustión es por eso que a lo largo del tiempo se han ido desarrollando varias alternativas de movilidad más amigables con el medio ambiente. Los autos eléctricos son la principal alternativa ecológica ante los vehículos de combustible fósil, habiendo hoy en la actualidad una gran variedad de modelos y tamaños. En grandes urbes se han popularizado gran variedad de bicicletas eléctricas y otros vehículos monoplazas que se vuelven una solución muy eficaz de movilidad dentro de una metrópolis, debido a sus dimensiones lo vuelve ideal ante la problemática de sobresaturación de automotores en la mayoría de ciudades. Este proyecto tiene como objetivo diseñar y fabricar un vehículo monoplaza que, aprovecha la energía eléctrica para su impulso, convirtiéndose en una solución de movilidad ecológica, practica y divertida. La variante ante los demás vehículos de este tipo es que cuenta con un sistema estabilización mecánico el cual le permite reducir al mínimo el riesgo de volcamiento o deslizamiento en curvas, gracias a la forma cómo se diseñó el mecanismo que compensa la fuerza centrífuga inclinando las ruedas generando así un ángulo de peralte el cual nos garantiza estabilidad al curvar.

PALABRAS CLAVE:

- **AMBIENTE**
- **COMBUSTIÓN**
- **AUTO ELÉCTRICO**
- **MECANISMO**
- **ESTABILIDAD**

ABSTRACT

In a world increasingly developed, the world has begun to raise awareness regarding the importance of the care of the environment and the negative footprint that leaves humanity on our planet. One of the inventions of the man who has most contaminated are the vehicles of combustion is that over time have developed several alternatives for mobility more user friendly with the environment. Electric cars are the main ecological alternative to vehicles of fossil fuel, having today currently a wide variety of models and sizes. In big cities, have become popular variety of bikes and other vehicles single-seaters that become a very effective solution of mobility within a metropolis, due to its size returns it ideal before the problem of waterlogging of automotive in most cities. This project has as objective design and manufacture a vehicle single-seater that, leverages the power electric for its impulse, turning is in a solution of mobility ecological, practice and fun. The variant with other vehicles of this type is that he has a mechanical stabilization that allows you to minimize the risk of tipping or sliding in curves, due to the way how we designed the mechanism that compensates for the centrifugal force tilting wheels passing on an angle of camber which guarantees stability to the bend.

KEY WORDS:

- **ENVIRONMENT**
- **COMBUSTION**
- **ELECTRIC CAR**
- **MECHANISM**
- **STABILITY**

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

El problema generado por la movilidad no se trata simplemente de la congestión vehicular. Existe también un gran número de impactos ambientales y sociales que produce el transporte motorizado basado en combustión, que tienen una fuerte y negativa repercusión en la calidad de vida de las personas. Las mismas que derivan un descenso en habitabilidad de la urbe.

Las consecuencias del modelo de transporte nos afectan por vías distintas. Por un lado, están los problemas relacionados con la congestión, que se materializan en una pérdida de tiempo a la hora de desplazarse produciendo estrés en el conductor. Por otro, tenemos las afecciones directas a la salud por la contaminación acústica y del aire.

Ante la creciente problemática se desarrolló medios de transporte alternativos, amigables con el medio ambiente, dentro de los cuales destaca los impulsados mediante energía eléctrica.

Los vehículos eléctricos han existido desde el principio de la historia de la automoción. Una de las desventajas de estos es que es menos potente en comparación a los vehículos de combustión, esto supone un doble problema, tanto para el vehículo, que no podrá ser demasiado grande ni pesado, como para el conductor, que no podrá conducir a la velocidad que desea en grandes carreteras, además está su poca autonomía ya que las baterías actuales que hacen funcionar a los motores eléctricos son “pequeñas”, es decir, no pueden asumir una gran cantidad de electricidad, solo la

suficiente como para mover el vehículo durante unos kilómetros, por recarga completa. Es por eso que muchos de estos vehículos alternativos han sido diseñados para la movilidad únicamente de personas, pero esta problemática no ha sido negativa, esto ha dado pie a una nueva gama de vehículos unipersonales como son lo recientemente popularizados scooter, segway y varios vehículos más que han sido desarrollados por distintas empresas los cuales compiten para convertirse en la solución definitiva a los problemas de tráfico en las grandes ciudades. Este último muy usado en Ecuador por los oficiales de la fuerza de orden, para patrullajes dentro de la urbe.

Es claro que los vehículos eléctricos son una solución para combatir la contaminación, pero es claro también que los vehículos eléctricos sólo representarán una alternativa sostenible cuando la producción de energía eléctrica provenga de fuentes renovables.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Ante la problemática de la movilidad y la contaminación se han desarrollado nuevos medios de transporte los cuales tienen como objetivo común la reducción de tamaño y la disminución del uso de vehículos con motores de combustión.

Por esta situación varias ciudades del país han tomado como alternativa de transporte la implementación de ciclo vías, encontrando como principal inconveniente las largas distancias que deben recorrer los usuarios para llegar a su destino lo que originó la implementación de motores eléctricos a las mismas y la aparición de nuevos prototipos de vehículos con características similares.

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

En la actualidad el transporte depende en su mayor parte de la energía fósil que produce contaminación ambiental, además que la población está expuesta a niveles de ruido originados por el tráfico dejando secuelas en la salud de los habitantes. En este contexto que los vehículos con motores eléctricos pueden colaborar con la mejora en el entorno y la salud de las personas.

Uno de los vehículos más popularizados en la actualidad es el segway, el cual es un vehículo de transporte ligero giroscópico eléctrico de dos ruedas, con autobalanceo controlado por un computador hace que el vehículo permanezca en equilibrio todo el tiempo, es producido por la compañía estadounidense Segway Inc. Su manejo es sencillo y divertido ya que el usuario lo maneja estando de pie, para controlarlo solo se debe inclinar hacia la dirección que quiera, por estas razones se convierte en una opción muy conveniente en cuanto a transporte ecológico teniendo como limitante su alto costo. De ahí la necesidad de optar por otras alternativas, una de las soluciones igual de eficiente y con el objetivo de abaratar costos es el diseño de un triciclo motorizado, el cual tiene como ventajas:

- Ahorro de espacio en el estacionamiento.
- Al tener tres puntos de apoyo nos brinda una mejor estabilidad en su uso originando seguridad y confort en su manejo, sin necesidad de un costoso sistema electrónico de estabilización. La estructura del chasis lo vuelve amigable y versátil a la hora de escoger motores que tengan mayor potencia.
- Por su tamaño con respecto a otros vehículos, lo hace ideal para el uso sobre la ciclo-vía.

Por lo que se plantea una alternativa de triciclo eléctrico, figura 1.

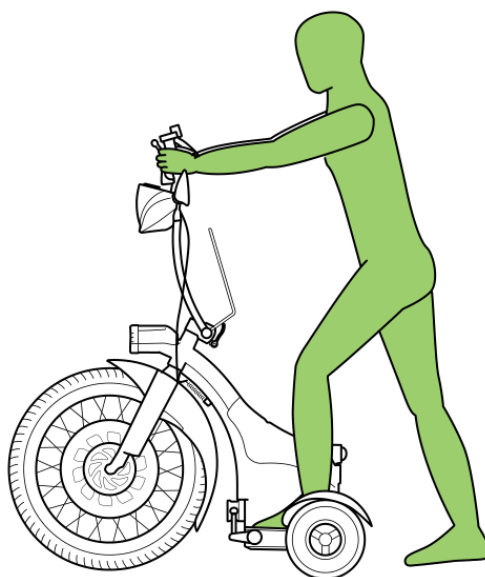


Figura 1. Prototipo de diseño

Fuente: (Qugo)

1.4 ALCANCE

Este proyecto tiene como finalidad realizar el diseño y construcción de un triciclo eléctrico, una vez construido deberá soportar el peso de una persona promedio hasta 100 kilogramos brindando seguridad, estabilidad y confort, el prototipo estará limitado estrictamente al uso urbano (aceras, parques, ciclo-vías, etc.) debido a sus características de diseño.

El proyecto incluye 3 etapas:

- Etapa 1: Diseño, donde los autores deberán determinar las características técnicas del triciclo eléctrico satisfaciendo las necesidades planteadas, además se realizará el diseño y la memoria de cálculo la cual será el pilar de la construcción del mismo
- Etapa 2: Construcción y montaje, en esta etapa se materializa los cálculos realizados con anterioridad, ensamblaje de partes del prototipo siguiendo el diseño establecido.

- Etapa 3: Pruebas, es la última etapa del proyecto donde se analiza el correcto funcionamiento del prototipo, así como su maniobrabilidad, estabilidad y manejo.

Como resultado tendremos el prototipo en marcha, la memoria de cálculo como sustento, así como los criterios de selección de algunos componentes, además de los resultados obtenidos en las pruebas finales que se realizan para la determinación de las características en el manejo y autonomía del triciclo eléctrico.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir un triciclo impulsado mediante un motor eléctrico de manejo tipo segway, con sistema de estabilidad en las ruedas posteriores para uso urbano.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar los fundamentos y técnicas necesarias para el diseño y construcción del sistema de estabilidad en las ruedas posteriores.
- Plantear un diseño basado en el tipo de conducción y localización de los elementos que formarán parte del prototipo.
- Realizar los cálculos y selección de materiales existentes en el mercado para cada elemento del prototipo, así como su respectiva simulación en un software de modelado de objetos 3D.
- Ejecutar pruebas de funcionamiento, características en el manejo y autonomía del triciclo eléctrico.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 BREVE RESEÑA DE LOS VEHÍCULOS ALTERNATIVOS

Con el creciente aumento de combustibles, así como el exceso de contaminación, las automotrices se encuentran en una época donde buscan ofrecer una nueva alternativa mucho más ecológica o mejor dicho que emplee de manera eficiente otra fuente de energía.

Ante esta situación se diseñaron nuevos modelos de movilidad sostenible, los cuales han tenido un crecimiento en los últimos años, desarrollando tecnologías de vehículos amigables con el medio ambiente, en los que se encuentran de varios tipos como se muestra en la figura 2.

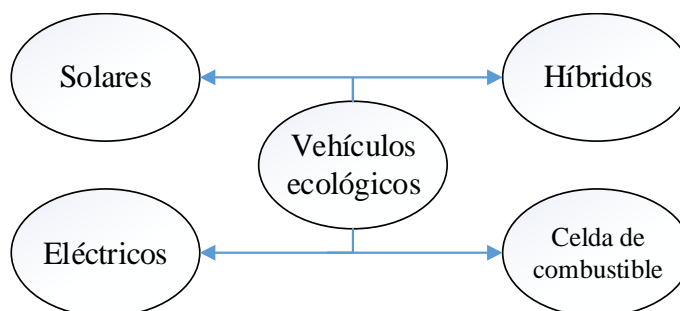


Figura 2. Tipos de vehículos ecológicos

Los vehículos solares son propulsados por un motor eléctrico alimentado por energía solar obtenida de paneles solares situados en la superficie del automóvil. Las

celdas fotovoltaicas de sus paneles transforman la energía del sol en electricidad y es utilizada directamente por el motor o bien se almacena en baterías.

Los vehículos híbridos combinan dos motorizaciones, un motor de combustión interna y otro eléctrico alimentado por baterías adicionales a la principal logrando altos niveles de eficiencia en consumo de combustible y baja emisión de monóxido de carbono.

Un vehículo de celda de combustible es cualquier vehículo que use una celda de combustible para producir energía automotriz. Las celdas de combustible en los vehículos de hidrógeno crean electricidad para hacer funcionar un motor eléctrico usando hidrógeno o un combustible de hidrocarburo y oxígeno del aire.

Los vehículos eléctricos son aquellos que usan la energía eléctrica liberada por las baterías para su locomoción. El sistema de generación y acumulación de la energía eléctrica constituye el sistema básico para mover un vehículo eléctrico. Generalmente, para ello se utilizan los acumuladores electroquímicos, formados por dos sustancias conductoras bañadas en un líquido también conductor. El intercambio de cargas positivas y negativas entre ambos componentes mantiene una corriente eléctrica que puede ser utilizada para el funcionamiento del motor del vehículo eléctrico.

2.2 HISTORIA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

La construcción del primer vehículo eléctrico se le atribuye a Robert Anderson en 1839 en Aberdeen, Escocia, pero oficialmente se reconoce a Gustave Trouvé como el primero en construir un triciclo eléctrico, exhibido en París, Francia en 1881. Un año después, en 1882, W. Ayrton y J. Perry presentan en Inglaterra otro triciclo (figura 3); el desarrollo subsecuente del auto eléctrico tenía la forma de un carruaje sin caballos. Este estilo fue desarrollado en muchos países de forma simultánea, particularmente en Francia, en 1902, por Jeantaud y Krieger.

En la primera década del siglo XX se mantenía una fuerte competencia por dominar el mercado automovilístico entre las compañías de autos eléctricos y las compañías de autos de combustión interna. El bajo costo del petróleo en aquel entonces y el largo periodo de carga de las baterías eléctricas, propició que el consumidor se inclinara por el auto de combustión interna, por lo tanto, la poca demanda de autos eléctricos provocó un decremento considerable en el desarrollo tecnológico de estos.

A pesar de sus innegables cualidades, el coche eléctrico se vio condenado al destierro en Europa. En los Estados Unidos aún tuvo algunos años más de vida, ya que allí la tercera parte de los vehículos que rodaban en 1912 por las carreteras estatales eran eléctricos. Sin embargo, la llegada al mercado del Ford Modelo T en 1908 marcó un punto de inflexión y ese punto fue el principio del fin del coche eléctrico.

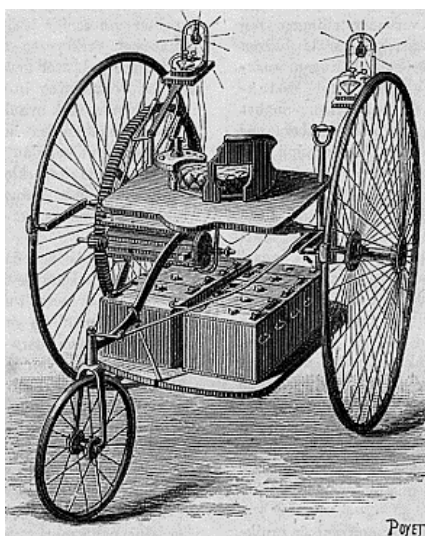


Figura 3. Triciclo eléctrico 1882

Fuente: [Piro D'Artabria. 2014]

Durante la época dorada de Francia (1944 a 1975), los coches para particulares se convirtieron en un producto de consumo masivo. El progreso de la industria del automóvil tuvo un gran auge en la sociedad retomando el desarrollo de vehículos eléctricos.

Los fabricantes volvieron a investigar las virtudes de la energía eléctrica, que siempre había sido reconocida por sus cualidades en un entorno urbano. Renault desarrolló en 1959 en Estados Unidos un Renault Dauphine eléctrico al que llamó Henney Kilowatt, esta misma iniciativa se desarrolló en Italia donde Fiat construyó un prototipo eléctrico basado en el Fiat 1100. Unos años más tarde, los utilitarios eléctricos se pusieron de moda, sobre todo gracias a los protitipos Ford Comuta (figura 4) y Ford Berliner y por supuesto, gracias a las primeras scooter eléctricas.



Figura 4. Ford Comuta (1967)

Fuente: Diariomotor

2.3 IMPLEMENTACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS EN VEHÍCULOS MONOPLAZA

Con el paso del tiempo y los avances tecnológicos los vehículos eléctricos han tenido una gran evolución, tanto en su autonomía como su velocidad pero la idea de crear un vehículo monoplaza nace en la reducción de gastos, tráfico y emisiones contaminantes teniendo como objetivo un producto que sea apto para poder movilizarse individualmente por la ciudad sin gastar demasiado y evitando contaminar el medio ambiente sin perder comodidad, velocidad entre los más populares en los últimos años tenemos:

2.3.1 AUTOMÓVIL MONOPLAZA ELÉCTRICO

La eficiencia en la capacidad de transporte en los automóviles para lograr reducir gastos, tráfico y emisiones contaminantes siempre ha sido el uso de varias personas en un solo auto, pero con el paso del tiempo las personas ha llevado a remplazar el clásico automóvil para 5 personas a una sola ya que la intención y necesidad de estas en la vida urbana es la de disponer de su propio espacio y tiempo, los vehículos monoplazas han sido la alternativa más adecuada, ya que lo que no se logra conseguir en eficiencia de transporte, se logra al ganar en fluidez, independencia y espacio, figura 5.



Figura 5. Volkswagen Nils, monoplaza eléctrico y urbano

Fuente: Volkswagen

2.3.2 MOTO ELÉCTRICA

La historia de las motocicletas eléctricas comienza en 1865 cuando Ogden Bolton Jr de Canton Ohio solicitó la primera patente para una bicicleta eléctrica. En 1897 el fabricante Humber develó al público de la exposición Stanley Cycle Show una bicicleta eléctrica a baterías que tenía el motor delante de la rueda trasera (figura 6).

En 1919 el fabricante Ransomes, Sims & Jefferies desarrolló un prototipo de una moto eléctrica pero no superó la etapa de prueba. Para el año 1936 los hermanos Limelette fundaron una compañía de motocicletas eléctricas llamada Socovel, sin embargo, descontinuaron la producción en 1948, alcanzando las 400 unidades.

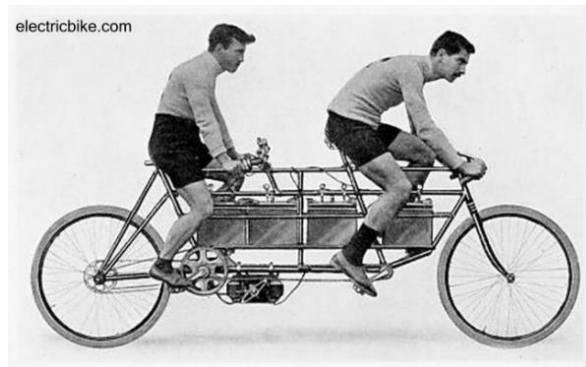


Figura 6. Modelo diseñado por Humber en 1897

Fuente: electricbike

2.3.3 BICICLETA ELÉCTRICA

Una bicicleta eléctrica es una bicicleta normal a la que se le ha instalado un motor eléctrico de alta eficiencia, un pack de baterías y otros accesorios (controlador, cargador de baterías, acelerador y frenos con corte de energía al ser operados, etc.). uno de los primeros prototipos en aparecer fue en 1947 modelo de bicicleta eléctrica diseñado por B. G. Bowden, figura 7.



Figura 7. Bicicleta eléctrica diseñado por B. G. Bowden

Fuente: (twenergy)

El vehículo resultante combina sin problemas tracción humana y eléctrica permitiendo un desplazamiento suave, silencioso, cómodo y rápido olvidando los inconvenientes como las pendientes o el cansancio.

Se conducen tal como una bicicleta normal, con la diferencia que el usuario decide cuando hacer ejercicio o cuando ocupar solamente la asistencia eléctrica o bien en modalidad híbrida (figura 8). De este modo, personas que no son ciclistas pueden afrontar con comodidad recorridos exigentes o con pendientes, sin necesidad de ningún entrenamiento.



Figura 8. Bicicleta eléctrica Flyer Serie-X Street

Fuente: (Electricbikes, 2016)

Como medio de transporte es extremadamente económico. Usuarios y fabricantes de bicicletas eléctricas aseguran que ofrecen muchas ventajas:

- Su mantenimiento es prácticamente el mismo que el de una bicicleta normal pues los motores son libre mantenimiento (brushless o sin carbones), son muy atractivas para las personas con alguna lesión o incapacidad, funcionan en días lluviosos y las baterías se carga cómodamente en cualquier enchufe de la casa.
- Su autonomía ronda los 50-60 kilómetros, a pueden llegar a más de 40 km/hora. Pueden contar, además, con la mayoría de los componentes de una bicicleta tradicional.

2.3.4 SEGWAY

El Segway (figura 9), es el primer dispositivo de transporte con autobalanceo. El ordenador y los motores situados en la base mantienen la base del Segway horizontal todo el tiempo. El usuario se debe inclinar hacia la dirección que quiera tomar (delante, atrás, derecha o izquierda). El motor es eléctrico y silencioso, alcanzando los 20 km/h



Figura 9. Segway para la ciudad

Fuente: Segway Incorporation

CAPÍTULO 3

SISTEMAS, PARTES Y COMPONENTES

3.1.1 SISTEMA ESTRUCTURAL

Es el sistema donde se sostienen los elementos y sistemas del vehículo de manera análoga al esqueleto en un humano, este soporta elementos como el motor, frenos, batería, etc., figura 10.



Figura 10 Chasis del prototipo

3.1.1.1 SELECCIÓN DE MATERIA PRIMA

Los materiales usados en la construcción del prototipo son placas de acero A-36, tubos de acero estructural (calidad: ASTM A-513) y ejes de acero de transmisión 1018 los que son sencillos de adquirir en el mercado nacional y de fácil manufactura.

3.1.1.2 ACERO ESTRUCTURAL A-36

El acero estructural es un material de bajo carbono con muy pocas aleaciones.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

Es de 0,26% de carbono, 0,75% de manganeso, 0,2% de cobre, 0,04% de fósforo y 0,05% de azufre, mientras que el 98,7% es hierro. El manganeso y el cobre le dan al acero la resistencia y la dureza, mientras que los rastros de fósforo y azufre son impurezas que se mantienen al mínimo posible, ya que pueden hacer que el acero resulte frágil si su porcentaje es demasiado alto.

PROPIEDADES FÍSICAS

El acero A36 tiene una densidad o masa por unidad de volumen de 7860 kg/m³. Tiene un módulo de elasticidad de 200000 MPa y un módulo de cizallamiento (módulo cortante) de 79300 MPa.

PROPIEDADES MECÁNICAS

En términos de propiedades mecánicas, el acero A36 tiene una resistencia a la tensión 400 MPa. Tiene una resistencia a la fluencia de 250 MPa (36.300 psi) y un alargamiento del 20 por ciento.

3.1.1.3 TUBOS DE ACERO ESTRUCTURAL (CALIDAD: ASTM A513)

Tabla 1.
Especificación material acero estructural calidad A513

NORMA	ASTM-A513 NMX-B-485
RESISTENCIA MÍN. A LA TENSIÓN MPa(PSI)	310(45 000)
LÍMITE DE FLUENCIA MÍN. MPa(PSI)	220(32 000)
%ELONGACIÓN MÍN.	22
COMPOSICIÓN QUÍMICA MÁXIMA EN %	
CARBÓN	0,15
MANGANESO	0,6
FÓSFORO	0,035
AZUFRE	0,035

Fuente: (Villaacero, 2016)

3.1.1.3.1 APLICACIONES

- **Automotriz y de autopartes:** Carrocerías, guarda choques, tubos de escape, remolques, etc.
- **Agro ganadera:** Maquinaria e implementos agrícolas, avícolas y ganaderos.
- **Señalización y vialidad:** Implementos agrícolas, avícolas y ganaderos.
- **Estructuras:** portantes, galpones, invernaderos y naves industriales

3.1.1.4 ACERO DE TRANSMISIÓN 1018

Es el más común de los aceros rolados en frío. Tiene buena resistencia mecánica y buena ductilidad. En términos generales excelente soldabilidad y mejor maquinabilidad que la mayoría de los aceros al carbón.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

Tabla
Composición y propiedades mecánicas acero 1018

2.

PROPIEDADES MECÁNICAS	ASTM-A513 NMX-B-485
RESISTENCIA MÍN. A LA TENSIÓN MPA	410 - 520
LÍMITE DE FLUENCIA MÍN. MPA	235
%ELONGACIÓN MÍN.	20
DUREZA ROKWELL B	143
COMPOSICIÓN QUÍMICA MÁXIMA EN %	
CARBÓN	0 - 0,2
SILICIO	0 - 0,25
MANGANESO	0 - 0,7
FÓSFORO	0 - 0,04
AZUFRE	0 - 0,05

Fuente: (DIPAC, 2016)

3.1.1.5 ESPECIFICACIÓN Y USO DEL MATERIAL

Tabla 3.
Especificación y uso del material

DENOMINACIÓN	MATERIAL- ACERO	MEDIDA	USO EN EL PROTOTIPO
Tubo	Estructural calidad A513	$\Phi = \frac{3}{4}$ pulgada	<ul style="list-style-type: none"> • Pedales • volante
Tubo	Estructural calidad A513	$\Phi = 1 \frac{1}{4}$ pulgada	<ul style="list-style-type: none"> • Bastidor • Acople disco de freno-rueda de 8 pulgadas
Eje	1018	$\Phi = 1$ pulgada	<ul style="list-style-type: none"> • Eje central o manaza • Acoples pedal-rueda
Eje	1018	$\Phi = \frac{1}{4}$ pulgada	Soportes de la batería
Plancha	A-36	e = 3mm	<ul style="list-style-type: none"> • Cada transmisora de fuerza • Placa soporte del bastidor
Plancha	A-36	e = 2mm	<ul style="list-style-type: none"> • Base-soporte de la batería • Acople disco de freno-rueda de 8 pulgadas • Soporte de lámpara-indicador de carga

3.1.1.6 TUBOS DE ACERO ESTRUCTURAL

La tabla muestra las especificaciones generales del tubo encontrado en el mercado local cada uno de ellos de una longitud estándar de 6m.

Tabla 4.
Especificaciones tubería estructural redonda

Diámetro Exterior (D)		Espesor		Peso		Propiedades	
		e	P	A	I	W	I
Pulg	mm	mm	Kg/6m	cm	cm ⁴	cm ³	cm
1/2	12.70	0.95	1.86	0.35	0.06	0.09	0.41
		1.10	2.10	0.40	0.07	0.11	0.41
		1.50	2.82	0.53	0.08	0.13	0.39
5/8	15.88	0.95	2.28	0.44	0.12	0.15	0.51
		1.10	2.64	0.51	0.14	0.18	0.52
		1.50	3.54	0.68	0.18	0.22	0.51
3/4	19.05	0.95	2.70	0.54	0.22	0.23	0.64
		1.10	3.18	0.62	0.25	0.26	0.63
		1.50	4.20	0.83	0.32	0.34	0.62
7/8	22.22	0.95	3.18	0.63	0.36	0.32	0.75
		1.10	3.66	0.73	0.41	0.37	0.75
		1.50	4.92	0.98	0.53	0.47	0.74
1	25.40	0.95	3.60	0.73	0.55	0.43	0.87
		1.10	4.20	0.84	0.62	0.49	0.86
		1.50	5.64	1.13	0.81	0.64	0.85
1 1/4	31.75	0.95	4.50	0.92	1.09	0.69	1.18
		1.10	5.22	1.06	1.24	0.78	1.08
		1.50	7.08	1.43	1.63	1.03	1.07

Fuente: (DIPAC, 2016)

3.1.1.7 PLANCHA DE ACERO A-36

La tabla muestra las principales características de las planchas laminadas al caliente encontradas en el mercado local

Tabla 5.**Especificaciones de la plancha de calidad estructural**

Especificaciones Generales	
Espesores	1.20mm a 150.00mm
Rollos	Ancho 1000mm, 1220mm, 1500mm
Planchas	4 x 8 pies y a medida

Calidad Estructural												
Norma	Composición Química							Propiedades Mecánicas				
	% C	%MN	%P	%S	%SI	%CU	OTROS	Fluencia (Mpa)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Alargamiento %	Doblado 180°	Norma Equivalente
ASTM A-588M Grado A	0,19 max	0,8 1,25	0,04 max	0,05 max	0,3 0,6	0,25 0,40	Ni 0,15-0,35 Cr 0,40-0,65 V 0,02-0,10	345 min	485 min	18 min		
ASTM A-283 Grado C	0,12 0,18	0,3 0,6	0,025 max	0,03 max	0,04 max	0,2 max		205 min	380 516 max	25 min	0=1,5e	SAE 1015
JIS G-3101 5541 M	0,17 0,23	0,3 0,6	0,025 max	0,025 max	0,04 max	0,25 max		250 min	400 min 550 max	21 min		SAE 1020 ASTM A-36 ASTM A-570 GRADO 36
A 36	0,25 0,29	0,80 1,2	0,04 max	0,05 max	0,4 max	0,20 max		250 min	400 min 550 max	20 min		
A570-GR50	0,25	1,35 max	0,035 max	0,04 max				340 min	450 min 550 max	17 min	1-1/2e	

Fuente: (DIPAC, 2016)

3.1.2 SISTEMA DE DIRECCIÓN

Este sistema es el encargado de dar dirección a la rueda principal según la maniobra requerida por el usuario

3.1.2.1 VOLANTE DE DIRECCIÓN

Es el elemento por el cual el usuario transmite el movimiento de la dirección a las ruedas, figura 11.



Figura 11. Volante de dirección

Fuente: (RIDEbmx, 2016)

Para el prototipo el volante se fabricará según sea la necesidad del diseño.

3.1.2.2 HORQUILLA

Elemento usado en motocicletas o bicicletas, consta de dos brazos que sujetan a la rueda mediante un buje o eje y por el otro extremo termina en un tubo que se acopla al volante de dirección o manubrio, figura 12.



Figura 12. Horquilla

Fuente: (RIDEFOX, 2016)

Existen varios modelos ya que depende del juego de dirección que se utilice.

3.1.2.2.1 JUEGO DIRECCIÓN

Es un conjunto de rodamientos que hace posible el giro del conjunto vástago-horquilla dentro del bastidor.

Los tipos de dirección son:

- **Tradicional roscada:** las pistas en donde giran los rodamientos van fuera del cuadro embutidas una parte de ellas en el interior del tubo del bastidor.
- **Semi-integrada:** las pistas se alojan completamente en el bastidor.
- **Integrada:** el bastidor cuenta con las pistas en las que se alojan los rodamientos.

3.1.2.2.2 STEM O VÁSTAGO DE LA BICICLETA

Llamada también “stem” (figura 13), es la pieza que une el volante con el resto de la bicicleta mediante seguros de pernos, uno horizontal para el volante y otro vertical para la caña de la horquilla. Existen tres tipos de vástagos los cuales son:

- **Con cosca:** el stem se introduce dentro de la horquilla totalmente lisa al apretar el tornillo del vástago un seguro en la parte inferior abraza la horquilla y la dirección queda asegurada en medio y bien sujeta.
- **Sin rosca:** el stem cuenta con abrazaderas que se ajustan al tubo y permite la fijación mediante pernos, este tipo puede ajustarse a la altura deseada por el usuario.



Figura 13. (a) Vástago de rosca (b) vástago sin rosca

Fuente: (Zoom, 2016)

3.1.2.2.3 HORQUILLA DE BICICLETA

Tabla 6.
Selección de la horquilla

Características		Criterios de selección
Horquilla	<ul style="list-style-type: none"> • Para rueda de 26 pulgadas • Marca: sin marca • Fabricación nacional 	<ul style="list-style-type: none"> • La rueda usada será de 26 pulgadas • Fácil adquisición en el mercado local • Bajo costo • Para un juego de dirección estándar



Figura 14. Horquilla de bicicleta 26 pulgadas

Fuente: (Catálogo Andes Industrial, 2016)

3.1.2.2.4 JUEGO DIRECCIÓN ROSCADO

Tabla 7.
Selección del juego de dirección

Características		Criterios de selección
Juego de dirección	<ul style="list-style-type: none"> • De 1 1/8 pulgadas. • Marca: Colner • Rodamientos de bolas 	<ul style="list-style-type: none"> • Montaje en un tubo de 1 1/4 pulgadas • Fácil adquisición en el mercado local • Bajo costo



Figura 15. Juego de dirección roscado de 28 mm

Fuente: (Colner, 2016)

3.1.2.2.5 STEM CON ROSCA

Tabla 8.
Selección del stem

Características		Criterios de selección
STEM	<ul style="list-style-type: none"> • De rosca • Diámetro de la abrazadera del manillar: 22.2 mm • Diámetro de la abrazadera para la horquilla: 1 pulgada • Longitud del vástago: 140mm • Tipo de la bici: Bici de BMX • Material: Aluminio 	<ul style="list-style-type: none"> • Montaje en horquilla roscada • Fácil adquisición en el mercado local • Mordazas resistentes y de gran ajuste debido a que son para bicicletas de BMX.



Figura 16. Vástago de bicicleta BMX-22 mm

Fuente: (RIDEbmx, 2016))

3.1.3 SISTEMA DE CONTROL DE VELOCIDAD Y GIRO

Es el sistema encargado del accionamiento y regulación de las revoluciones del motor eléctrico es decir permite variar la velocidad del vehículo, está constituido de varios elementos mecánicos y electrónicos que trabajan en conjunto para poner el motor en marcha.

El sistema electrónico cuenta con los siguientes elementos: fuente de energía, convertidor de potencia, motor, controlador, además las líneas de conexión (figura 17).

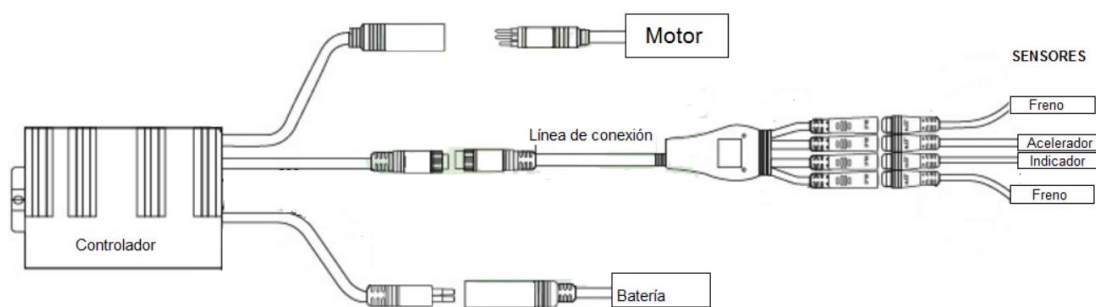


Figura 17. Componentes del sistema electrónico

Cuando se activa el sensor hall de la palanca del acelerador envía una señal de voltaje al micro-controlador, este voltaje varía según la posición del acelerador. El controlador se encarga de la conmutación electrónica permitiendo o no el paso de corrientes y tensiones en un orden predeterminado hacia las bobinas del motor.

3.1.3.1 MOTOR

En su definición más básica es una máquina que convierte un tipo de energía sea esta eléctrica, o proveniente de combustibles fósiles, etc., en energía mecánica para generar trabajo.

3.1.3.2 MOTOR ELÉCTRICO

Es una máquina que transforma la energía eléctrica en energía mecánica mediante la aplicación de campos magnéticos generados en sus bobinas o devanados estos cuentan con devanados que van en el estator, conocidos también como polos o devanados principales y los que van en el rotor, este último generalmente de forma cilíndrica.

Existen gran variedad de motores de eléctricos, así como sus usos como ya de mencionó el vehículo va a ser diseñado para uso exclusivo de la urbe, así que el análisis se realiza en torno a los motores más usado en estas aplicaciones. Dentro de los motores más usados tenemos:

Motor con escobillas: este compuesto de una carcasa, rotor, bobinados y conmutador que este caso son las escobillas que lo que hacen es repartir o dar paso a la corriente hacia los bobinados para generar un campo magnético que induce al movimiento a los bobinados del rotor, figura 18.

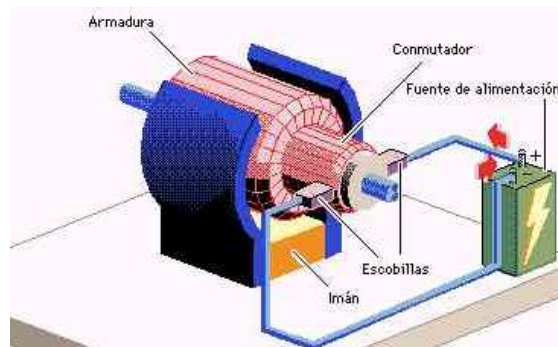


Figura 18. Motor con escobillas

Fuente: (Wikipedia, 2016)

Motor sin escobillas: funcionan de manera similar a los de escobilla la diferencia está en que la conmutación se hace de forma electrónica ya que no cuenta con las escobillas que dan paso a la corriente en los bobinados para esto estos motores necesitan saber la posición del motor en todo momento para saber cuándo abre o cierra el paso de la corriente a los bobinados mediante el uso de sensores hall. A este tipo se lo denomina también motor Brushless, figura 19.

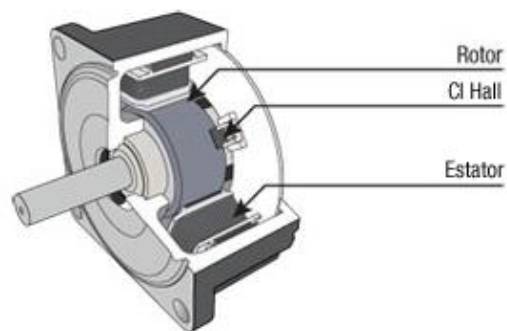


Figura 19. Motor sin escobillas

Fuente: (Orientalmotor, 2016)

Lo ideal es buscar un motor que se adapte más a las necesidades del diseño para lo cual diseñamos una tabla para identificar sus características como se indica en la tabla siguiente.

Tabla 9.
Selección del tipo de motor eléctrico

Tipo	Peso	Diseño	Mantenimiento	Arranque	Rendimiento
con escobillas	pesado	grande	en caso de daños	mayor potencia	menor rendimiento
sin escobillas	liviano	compacto	cambio de escobillas periódicamente	menor potencia	mayor rendimiento

El motor a utilizar es un motor de tipo Brushless debido a las características ya mencionadas en la tabla anterior. El tipo será un motor de bicicleta integrado en la rueda por facilidad de adquisición, montaje y precedente de uso en vehículos urbanos. Al no contar con una normativa para triciclos y usas un motor de bicicleta el diseño se basará bajo las normativas para bicicletas ya establecidas para la urbe.

Para el caso de Ecuador la potencia de una bicicleta eléctrica viene dada según la norma EN 15194 que es la norma europea referida a bicicletas eléctricamente asistidas, la cual establece que la potencia máxima permitida para este tipo de vehículos es de 250 W con una velocidad máxima de 25Km/h.

El motor usado es un motor de CC tipo Brushless, que es el mismo que se usaría en una bicicleta eléctrica.

El uso de este motor dentro del prototipo es ideal ya que no tiene desgaste puesto que sus componentes principales no tienen rozamiento, consta de un bobinado de varios polos y varios imanes permanentes de alta potencia, generalmente de Neodimio.

El rotor o elemento giratorio es la carcasa que contiene los imanes, el estator es el bobinado que genera el campo que mueve al rotor, es por eso que los radios de la bicicleta están sujetos de manera fija al moverse la carcasa se mueve la llanta y por ende el vehículo, figura 20.

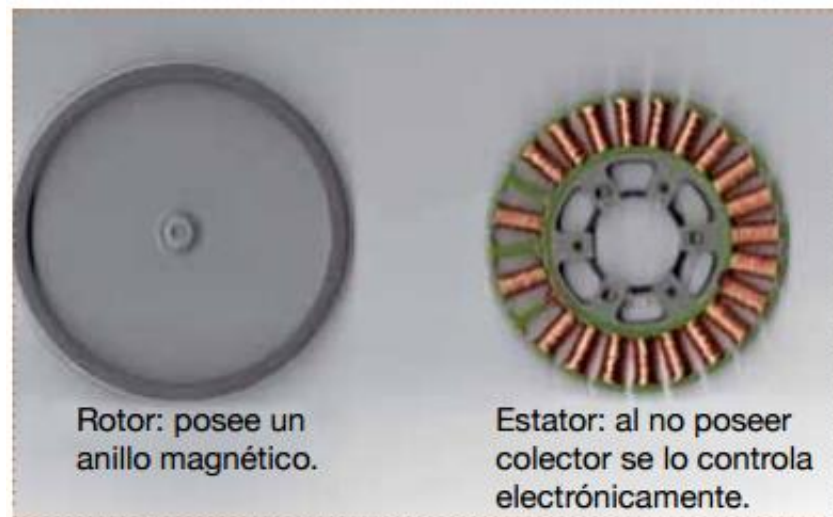


Figura 20. Partes de un motor Brushless de CC sin escobillas

Fuente: (Tucano Bikes S.L., 2004)

Su funcionamiento está basado en la alimentación secuencial de cada una de las fases del estator de forma sincronizada con el movimiento del rotor. De esta forma, los imanes permanentes siguen el movimiento del campo magnético en el estator, cuyo desplazamiento depende a su vez del giro del rotor.

3.1.3.2.1 SELECCIÓN DEL MOTOR BRUSHLESS

De los motores que se acoplan a nuestras necesidades y por su facilidad de adquisición tenemos tres que se muestra en la tabla

Tabla 10.
Características de los motores




Marca	JIABO	JIABO	SE
Origen	China	China	USA
Modelo	JB-205/55	JB-92C	SE
Tensión(V)	36	24	36
Potencia(W)	350	250	500
Tamaño de la rueda(in)	26	26	26
Vmax(Km/h)	25	25	25
Peso(Kg)	6.5	3	4
Tamaño Abierto(mm)	160	130	165
Localización de cables	eje de centro derecha	eje de centro derecha	eje de centro derecha
Superficie	negro/plateado	Negro/plateado	plateado
Tipo de freno	incorporado de disco	incorporado de tambor	incorporado de disco
Grado impermeable (IP)	65	65	54
Ruido(db)	55	SE	SE
Precio sin envió	150	58	85
Imagen			

Tabla 11.
Matriz de decisión del motor eléctrico

Criterio de evaluación	Ponderación	JB-205/55	JB-92C	SE
Geometría	0,1	9	10	9
Potencia	0,3	10	10	10
Peso	0,3	2	9	6
Precio	0,3	2	10	6
Resultado	1	5,1	9,7	7,5

Tabla 12.
Características del motor eléctrico seleccionado (Brushless)

Marca de fábrica: Xiongda			
Tensión nominal (V)	36	Ubicación del cable	Izquierda
Potencia nominal (W)	250	Especificación adicional	ninguna
Tamaño de la rueda	8"	Sensor Hall	si
Velocidad nominal (Km/h)	<25	Material	Aleación de aluminio
Eficiencia nominal (%)	>=82	Superficie	Plata/negro pintado
Peso (kg)	3.5	Prueba de niebla salina (h)	24/96
Grado impermeable	IP54	Ruido (db)	<60

Fuente: (Xiongda,2016)



Figura 21. Motor eléctrico de engranes

Fuente: (Catalogo Xiongda, 2016)

3.1.3.3 BATERÍA

Es un dispositivo que acumula energía a través de procesos electroquímicos para luego devolverla casi en su totalidad, proceso que debe repetirse un número determinado de veces.

Las baterías vienen de diversas formas y tamaños, así como una diversidad de aplicaciones, se utilizan desde audífonos y reproductores, a los bancos de baterías del tamaño de las habitaciones que proporcionan energía de reserva a las centrales de energías renovables.

3.1.3.3.1 CLASIFICACIÓN DE LAS BATERÍAS SEGÚN SU USO

3.1.3.3.1.1 BATERÍAS DE ARRANQUE

Como su nombre lo indica que estas baterías son usadas para arrancar motores de combustión son las que alimentan y accionan al motor de arranque, para dicha función estas están diseñadas para suministrar altas valores de intensidad en periodos cortos de tiempo, de ahí que cuando un motor es arrancado varias veces sin lograr encenderlo la batería termina agotada.

3.1.3.3.1.2 BATERÍAS DE TRACCIÓN

Son aquellas que impulsan el movimiento, estas a diferencia de las de arranque deben ser diseñadas para suministrar energía por periodos largos, pero de baja intensidad son ideales para vehículos eléctricos, grúas, sillas de rueda etc. Para lo cual también deben soportar varios ciclos de carga y descarga.

3.1.3.3.2 CLASIFICACIÓN DE LAS BATERÍAS SEGÚN SU CONSTRUCCIÓN

3.1.3.3.2.1 BATERÍAS DE CELDAS HÚMEDAS

La figura 22 muestra una de las baterías más comunes, usadas generalmente en vehículos como baterías de arranque y en algunos casos como baterías de tracción en vehículos eléctricos, su energía la consigue mediante reacción química.

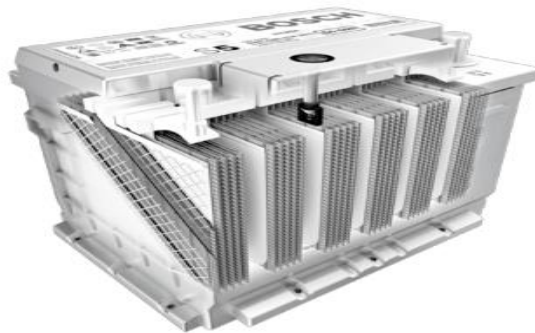


Figura 22. Batería de arranque de 12V seis celdas

Fuente: (Bosch, 2015)

Una de estas es la batería de plomo ácido, formada por un depósito de ácido sulfúrico y dentro de él un conjunto de placas de plomo, paralelas entre sí y dispuestas alternadamente en cuanto a su polaridad (positiva (+) y negativa (-)) estas placas bien pueden ser ánodos o cátodos, para generar electricidad habrá una reacción química entre la solución, el plomo y el óxido de plomo provocando que la corriente fluya a través de las terminales cuando esté conectada una carga a los mismos.

3.1.3.3.2.2 BATERÍAS DE CALCIO

Son similares a las baterías de plomo-ácido con la diferencia que la rejillas o placas son fabricadas con aleación de calcio-plata, la modificación en materiales se debe a que con esto se consigue mayor tiempo de vida útil de la batería ya que esta aleación de calcio es más resistente a la corrosión y deterioro por el uso.

El principal inconveniente es que necesita una mayor tensión para cargarse (14.4-14.8 V), lo que hace imposible su uso en cualquier vehículo ya que la gran mayoría de alternadores generan un voltaje de 12 V.

3.1.3.3.2.3 BATERÍAS VRLA (GEL Y AGM):

Las baterías VRLA (Valve regulated lead acid), son conocidas como baterías selladas y son una variante de la de plomo-acido (figura 23). Estas cuentan con una válvula de seguridad que es por donde saldrá gas únicamente cuando haya un fallo de la batería, no necesitan mantenimiento y la principal característica es que el electrolito está inmovilizado. Existen dos formas con las que se inmoviliza el electrolito:

- Al electrolito se le añade polvo de sílice u óxido de silicio (SiO_2), lo que provoca que este se vuelva un gel (baterías de gel).
- El electrolito absorbe por capilaridad en una estera de fibra de vidrio situada entre las placas llamadas (baterías AGM). AGM siglas de: Absorbent Glass Mat.



Figura 23. Batería AGM

Fuente: (Victron Energy)

Su aplicación está principalmente en automóviles, Motocicletas, Equipos de Luces de Emergencia, Carritos de Niño, Silla de Ruedas Eléctricas, etc.

3.1.3.3.2.4 BATERÍAS DE LITIO (LI ION)

Su función y principios de funcionamiento son similares, estas utilizan como electrolito una sal de litio que consigue los iones necesarios para la reacción electroquímica.

Sus principales ventajas con respecto a los otros tipos es la ligereza, la alta capacidad de almacenamiento, el poco efecto memoria que estas tiene y resistencia a la descarga, lo que ha hecho que desde su comercialización en los años 90 su uso tenga gran acogida en la industria telefónica, de computadoras, agendas y recientemente en vehículos eléctricos por el incremento en la autonomía que presentan con el uso de esta tecnología, figura 24.

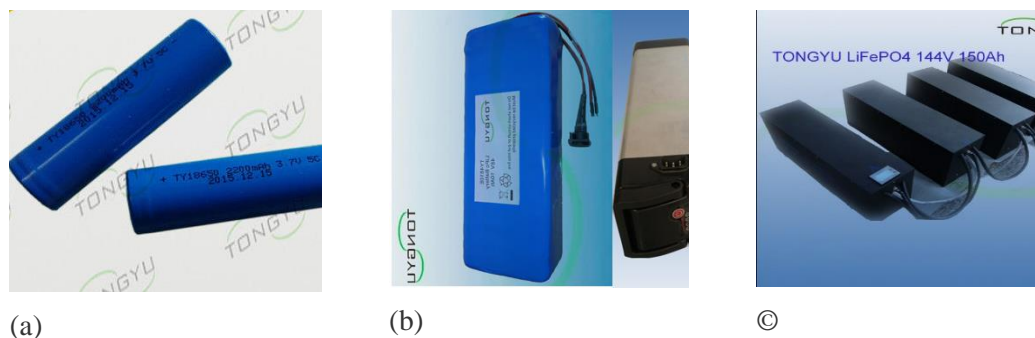


Figura 24. Baterías de litio:(a) Batería cilíndrica 3.7V, (b) Batería de bicicleta eléctrica 48V, (c) Batería de automóvil eléctrico 144V

Fuente: (Catalogo TONGYU Technology, 2016)

3.1.3.3.3 SELECCIÓN DE LA BATERÍA

Una vez seleccionado el motor Xiongda es necesario alimentarlo con una fuente de 24 voltios utilizando una batería de bicicleta eléctrica encontrando entre las más comunes en el mercado las siguientes:

- Baterías plomo y gel
- Baterías de litio

Tabla 13.
Características de las baterías eléctricas



MARCA	BOOANT	RB
Tipo	Batería de litio	Batería plomo-gel
Procedencia	China	España
voltaje	24 V	24 V
capacidad	10 Ah	15 Ah
Tiempo de carga	2 horas	4 horas
Autonomía mínima	24 Km	36 Km
Recubrimiento	Plástico-aluminio	Plástico
longevidad	2 a 5 años	2 a 3 años
Peso	3.5 Kg	4.5 Kg
Temperatura de carga	Hasta 55° C	Hasta 50° C
Temperatura en descargar	40° C	Hasta 40° C
Precio (costo sin envío)	190.00	126.87
Geometría	75x110x350	95x98x151
Gráfico		

Tabla 14.
Matriz de decisión para la batería eléctrica

Criterio de evaluación	PONDERACIÓN	BOOANT	RB
Geometría	0,25	10	10
Peso	0,25	10	7
Precio	0,1	6	9
Longevidad	0,2	10	9
Autonomía mínima	0,2	7	9
RESULTADO	1	9	8,75

Con los criterios de evaluación y los puntos de ponderación la batería seleccionada es la Booant de procedencia China.

3.1.3.4 ACELERADOR

Dispositivo que hace posible variar la velocidad (figura 26), está compuesto por un sensor lineal hall y un aro de acero magnético que gira cuando es girado el acelerador. El movimiento de este aro de acero afecta el campo magnético y generando un cambio en el voltaje de salida que va al controlador, este procesa la señal y manda una respuesta en este caso una mayor o menor cantidad de energía que va hacia motor



Figura 25. Acelerador

Fuente: (Shimano, 2016)

3.1.3.5 UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO (UCE)

Es un elemento electrónico y la parte fundamental del vehículo eléctrico, se encarga del procesamiento de las señales que pueda tener un vehículo. La información es procesada y envía una respuesta a los demás componentes como son el motor, indicadores, etc., figura 27.

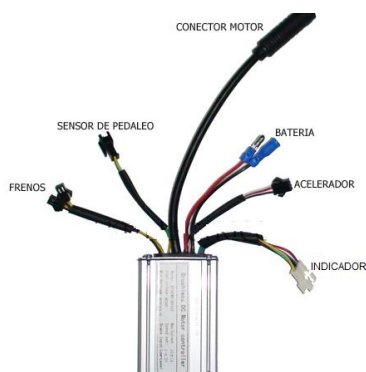


Figura 26. Unidad de control electrónico Modelo FC-16889

Fuente: (FOCAN, 2016)

La unidad de control está compuesta principalmente por los siguientes elementos:

- **Convertidor de potencia:** que es el encargado de controlar y moldear la corriente continua de un valor de entrada V_e a otro valor distinto V_s de salida según sea requerido.
- **Inversor trifásico:** cuya misión es obtener tres tensiones de salida para cada una de las bobinas del motor.
- **Micro controlador:** es el encargado de la conmutación de las bobinas para generar el campo magnético que hace posible el giro del rotor y a su vez de la rueda, todo esto mediante encendido o apagado de los MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Efecto Transistor). Los MOSFET reciben las señales las procesa y envía una respuesta en forma de corrientes y tensiones según sea la necesidad para giro del motor, envía señales al puente inversor trifásico.
- **MOSFET:** son amplificadores de señal que funcionan a manera de un interruptor que se activa por tensión permitiendo o impidiendo el paso de corriente el elemento que hace que se active o desactive, se lo denomina puerta o GATE el cual recibe la señal de bajo voltaje y da paso a la corriente entre otros dos pines que conforman el MOSFET, esto es lo que hace posible controlar grandes cantidades de corriente mediante circuitos electrónicos de bajo consumo de potencia.

3.1.4 SISTEMA DE FRENO

La misión del sistema de freno es reducir la velocidad de una manera continua con la finalidad de detener o reducir el avance de un vehículo transformando su energía cinética en trabajo o en calor el cual se produce comúnmente en sus ruedas.

3.1.4.1 TIPOS DE SISTEMAS DE FRENO

3.1.4.1.1 FRENO DE ARO

Esta familia de frenos es de las más comunes y se llama así precisamente porque aplican la fuerza de frenado en el aro de la rueda.

3.1.4.1.1.1 FRENOS DE CÁLIPER

Este freno se fija al cuadro o horquilla de una bicicleta por medio de un solo tornillo, generalmente sobre la rueda. Sus brazos, cada uno provisto de una zapata, se extienden, alrededor de la cubierta para alcanzar la superficie de frenado del aro.

Los brazos de estos frenos utilizan el tornillo de sujeción como pivote. El mecanismo funciona como una pinza, por lo que es común llamarlos frenos de cangrejo, figura 28.



Figura 27. Cáliper de Tiro Lateral de Pivote Sencillo

Fuente: (la bicicleta, 2016)



Figura 28. Frenos de Tiro Lateral de Pivote Dual

Fuente: (la bicicleta, 2016)



Figura 29. Frenos Cáliper de Tiro Central

Fuente: (la bicicleta, 2016)

3.1.4.1.1.2 FRENO CANTILEVER

Los frenos Cantilever son una denominación inglesa que son utilizados frecuentemente para referirse al freno de llanta de tiro central. Usados por lo general en las bicicletas de montaña.

El sistema consiste en dos brazos independientes, uno a cada lado de la rueda conectados por medio de un chicote transversal. En los frenos Cantilever las zapatas se encuentran entre el eje de giro y la sujeción del cable transversal.



Figura 30. Frenos Cantilever de Tiro Central

Fuente: (Bikester, 2016)



Figura 31. Cantilever de Tiro Directo (V-Brakes)

Fuente: (la bicicleta, 2016)

3.1.4.1.1.3 FRENOS U-BRAKES

Estos frenos combinan características de los frenos de Cáliper y de los de Cantilever. Cada brazo cuenta con un pivote a cada lado de la rueda, igual que los Cantilever, con la diferencia de que los pivotes se encuentran entre la sujeción del

chicote y la zapata, por lo que trabajan, más bien, como frenos de Cáliper, como una pinza.

Este mecanismo es de tiro central. Utiliza un chicote transversal el cual se une a un chicote central. Este tipo de frenos fue muy popular en bicicletas de montaña en los 80's y parece que resurge su uso con las bicicletas de Freestyle.



Figura 32. Freno Delantero U-BRAKE para BMX

Fuente: (Bikester, 2016)

3.1.4.1.4 FRENOS ROLLER-CAM

El funcionamiento de éstos es bastante similar a los U-Brakes. De igual manera, no se consideran ni de Cáliper ni de Cantilever ya que combinan características de ambas clases.

A diferencia de otros mecanismos, éste cuenta con una leva, con forma de cola de pescado, la cual se encuentra sujeta a un chicote central. Además, cada brazo cuenta con un rodillo en su extremo superior. Al accionar el mecanismo la leva mueve los brazos, lo que hace que las zapatas entren en contacto y presionen las caras laterales del aro. Este tipo de frenos no es muy común hoy en día debido a que son muy complicados de ajustar y dificultan el monte y desmonte de la rueda.

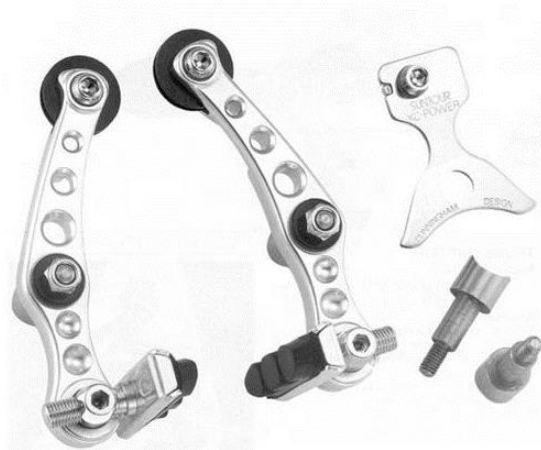


Figura 33. Freno Roller-Cam SunTour CB-6100, XC

Fuente: (Onda Bike, 2016)

3.1.4.1.2 FRENO DE MAZA O BUJE

Este tipo de frenos aplican una fuerza de frenado directamente en la maza de la rueda.

3.1.4.1.2.1 FRENOS DE TAMBOR

El uso de los Frenos de Tambor no es tan común, principalmente porque son pesados en comparación con otros sistemas. Su funcionamiento consiste en un par de zapatas contenidas en un cilindro o tambor. Al accionar el mecanismo las zapatas presionan hacia fuera, contra la cara interna del cilindro y generar la fuerza de frenado.



Figura 34. Freno de masa Sturmey Archer

Fuente: (la bicicleta, 2016)

3.1.4.1.2.2 FRENO DE DISCO

Este tipo de sistema de freno precisan de un brazo externo, sujeto ya sea a una de las vainas o a la tijera de la bicicleta, para evitar que las piezas que no tienen movimiento se giren ante el estrés generado con el frenado. A este brazo se le llama brazo de reacción.

Es común encontrar frenos de disco con accionamiento mecánico (por medio de chicote) o hidráulicos.



Figura 35. Freno de disco hidráulico AEST 2012

Fuente: (Bicimarket, 2016)

3.1.4.1.2.3 FRENOS CONTRAPEDAL

Este tipo de sistema no utilizan chicotes ni mangueras de ningún tipo, por lo que requieren un mantenimiento mínimo. Todas sus partes son metálicas y basta con mantenerlos lubricados.

Estos frenos son ideales para aquellas personas que no tienen mucha fuerza en las manos. El uso de estos frenos no es recomendable para lugares con demasiadas pendientes ya que son bastante propensos a sobre calentarse.



Figura 36. Freno contra pedal Coaster

Fuente: (Bicimarket, 2016)

3.1.4.1.2.4 SELECCIÓN DE TIPO DE FRENOS

Consta de una palanca que acciona las mordazas de los frenos de disco o las zapatas en el caso del freno de tambor, la diferencia con los frenos de una bicicleta convencional es que adicionalmente cuenta con un sensor electrónico que funciona a manera de interruptor ya que este envía una señal al controlador el cual limita el paso de la corriente hacia el motor haciendo que éste detenga su funcionamiento.



Figura 37. Palanca de freno

Fuente: (Shimano, 2016)

Según los tipos de frenos más usados se forma la siguiente tabla de decisión para seleccionar el tipo más adecuado para las llantas traseras del prototipo.

Tabla
Selección de frenos utilizados

15.

Tipo	Capacidad del frenado	Tamaño	Mantenimiento	Montaje	Costo
Frenos aro	Bajo	pequeño	fácil	fácil	bajo
Frenos de tambor	Alto	grande	complejo	complejo	alto
Freno de disco	Medio	medio	fácil	fácil	medio

El tipo de freno a usar en las ruedas traseras es el freno de disco debido a capacidad de frenado, tamaño relativamente pequeño, fácil mantenimiento para cuando existe desgaste en las pastillas, fácil montaje y por su funcionamiento es el más adecuado para las dimensiones y espacio que existe en las ruedas traseras.

Debido a que la rueda tiene incorporado el motor necesita una mayor capacidad de frenado hace uso de un freno de tambor en la rueda de 26 pulgadas.

PALANCA	FRENO	DESCRIPCIÓN
Derecha	Delantero	Freno de tambor-zapatillas
Izquierda	Trasero	Frenos de disco-pastillas de 140 mm

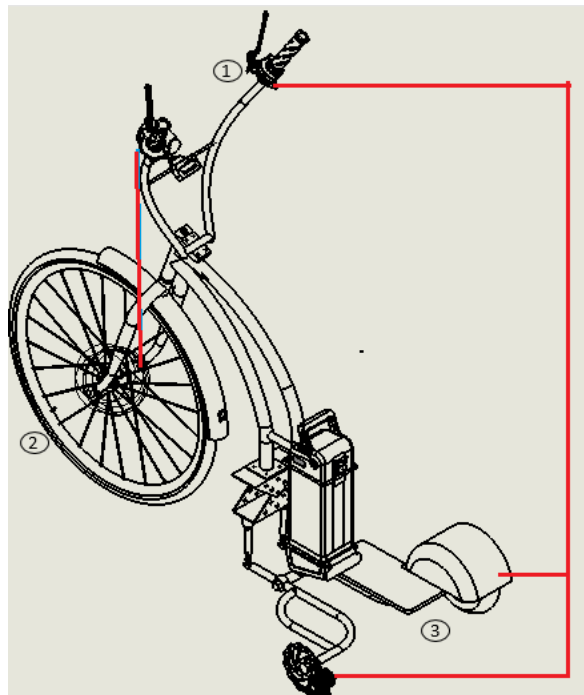


Figura 38. Sistema de frenos 1. Palanca de frenos,
2. Freno de tambor, 3. Frenos de disco.



Figura 39. Disco de freno mecánico de 140mm

Fuente (Shimano, 2016)

CAPÍTULO 4

DISEÑO, CÁLCULOS Y SIMULACIÓN

3.2 DISEÑO

3.2.1 PARÁMETROS DEL DISEÑO

El prototipo idealizado es un triciclo eléctrico con las siguientes características:

- Debe contar con un sistema de estabilización posterior el cual se acciona al momento de tomar una curva en superficies planas.
- Tener una rueda principal la misma que tiene incorporado un motor eléctrico alimentado por una batería.
- Su forma de manejo debe realizarse con el usuario de pie, con un peso máximo de 100 kg y altura promedio de 1,60 m.
- Sus dimensiones no deben sobrepasar el ancho de una ciclovía (1 m) y altura de 1,20 m.



Figura 40 Diseño del prototipo final

3.3 DISEÑO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

Para el diseño estructural tomamos en cuenta la disposición de los elementos principales (Rueda principal, freno, sistema de estabilización, batería, ruedas posteriores) y la localización del usuario, generando así dos alternativas al problema figura 42 y figura 43.

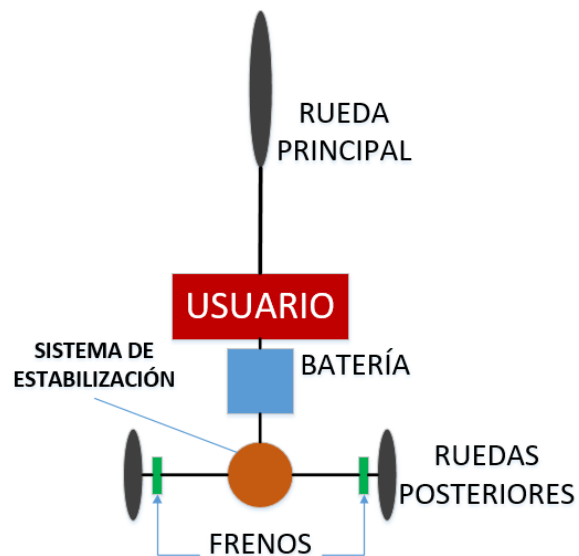


Figura 41. Alternativa 1

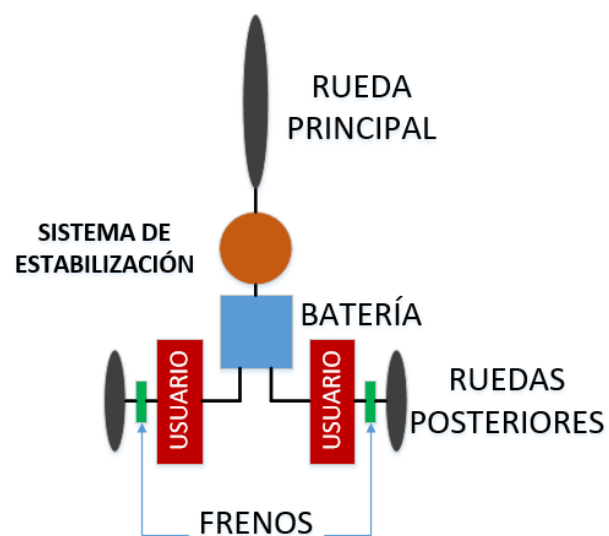


Figura 42. Alternativa 2

Tabla
Matriz características de alternativas de diseño

16.

	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
Rueda principal posteriores y frenos	Las dos presentan la misma disposición	
Ubicación de la batería	Parte trasera del usuario	Entre las piernas del usuario
Ubicación del usuario	Se localiza el medio del prototipo	Se localiza entre las ruedas posteriores
Sistema de estabilización	Forma parte del tren posterior	Funciona de manera independiente para cada rueda
Disposición batería/Usuario	Individual	Compartida

3.3.1 ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS DE DISEÑO

De acuerdo a la matriz se eligió la **alternativa 2** por las siguientes razones:

- Por mayor comodidad y fácil manejo el usuario se localiza entre las ruedas posteriores.
- El sistema de estabilización funciona de manera independiente para cada rueda.
- Disposición de la batería/usuario, la batería y el usuario comparten el mismo espacio por lo que esta alternativa 2 es más compacta a comparación de la otra.

3.4 SISTEMA DE ESTABILIZACIÓN

3.4.1 ESTABILIDAD

Primero es necesario definir que es estabilidad que no es otra cosa que la capacidad de un sistema de regresar a un estado inicial luego de estar sometido a perturbaciones. Cuando un vehículo cuenta con estabilidad se ve reflejado como firmeza y seguridad al momento de tomar una curva. En los vehículos esta inestabilidad presente al momento de tomar una curva es reducida con la aparición de un peralte en la calzada.

El ángulo de peralte es la pendiente que se le da a la pista de manera que la inestabilidad provocada por la fuerza centrípeta presente al momento de curvar compense o disminuya el efecto de dicha fuerza que actúa sobre el vehículo con el fin de evitar el despiste. Un ejemplo de esto está en la pista de carrera como se muestra en la figura 44.

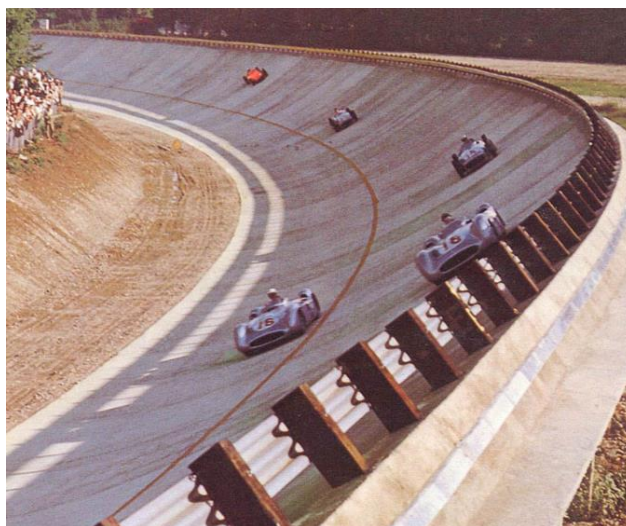


Figura 43. Peralte en una pista, GP de Italia 1995

Fuente: Autódromo di Monza

3.4.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE ESTABILIZACIÓN

Para el diseño del sistema de estabilización debemos tomar en cuenta que el prototipo se limita al manejo en superficies planas, teniendo como punto crítico el momento de entrar en una curva donde la geometría de las ruedas posteriores debe adaptarse a la superficie, la misma que no cuenta con un ángulo de peralte y garantizar así la seguridad del usuario.

La solución al problema planteado es hacer que las ruedas posteriores puedan compensar el peralte (figura 45) que tienen las vías, diseñando un mecanismo pasivo que actuará de acuerdo a las exigencias del usuario en curvas planas de radios relativamente pequeños las cuales están presentes en ciclovías, parques y lugares cerrados.

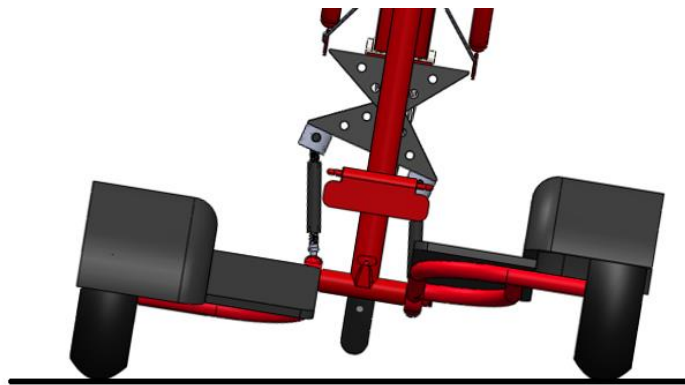


Figura 44. Inclinación de las ruedas posteriores

Para lograr este movimiento contamos con un pivote en los pedales (figura 46) que permite al usuario transmitir la fuerza centrípeta que se genera en el giro provocando una reacción al otro extremo del pedal.

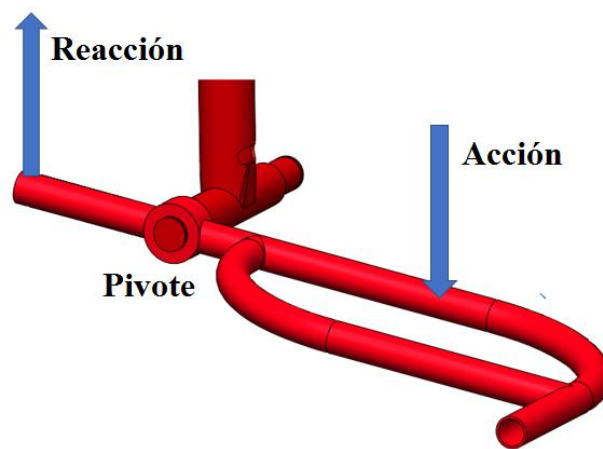


Figura 45. Pivote del pedal

Esta reacción es dirigida hacia una caja que tiene como función transmitir la misma fuerza hacia el otro pedal generando un movimiento en ambos pedales.

3.4.3 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ESTABILIZACIÓN

Una vez que el usuario hace uso del prototipo su peso se distribuye en los pedales de manera uniforme (figura 47), equilibrando el sistema.

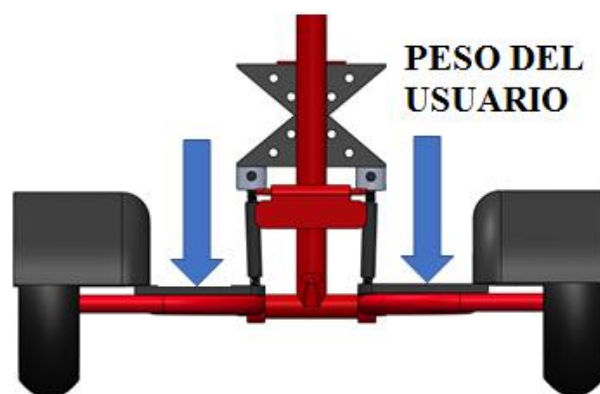


Figura 46. Distribución del peso del usuario

Al momento de entrar en la curva el usuario proporciona mayor fuerza en el pedal situado al centro de la trayectoria, lo que provoca una reacción al otro extremo del pedal dirigiendo esta fuerza a la caja transmisora cuya función es redireccionar la misma fuerza hacia el otro pedal, este fenómeno ocasiona que los dos pedales terminen en posiciones distintas es decir uno por encima del otro como indica la figura 48.

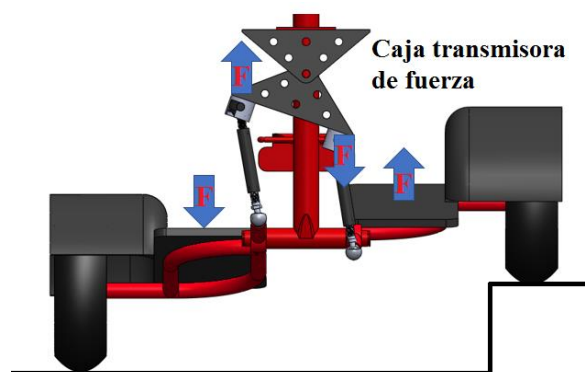


Figura 47. Transmisión de la fuerza de un pedal al otro

La caja transmisora de fuerza y los pedales (figura 49) están unidos por medio de rotulas, dando un limpio y libre movimiento al sistema de estabilización.

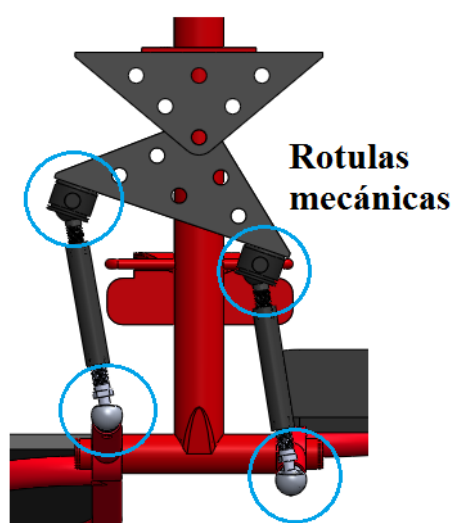


Figura 48. Posición de rotulas mecánicas

Con los pedales colocados uno por encima del otro logramos inclinar las ruedas posteriores del prototipo. Esta inclinación es variable y a gusto del usuario al momento de entrar en una curva, originando estabilidad además de asegurar que no existirá deslizamiento de las ruedas sobre una superficie plana compensado de esta forma la fuerza centrípeta que se presenta al curvar, figura 50.



Figura 49. Sistema de estabilización en una curva

3.4.4 SELECCIÓN DE RÓTULAS

3.4.4.1 RÓTULA ESFÉRICA

Estas se usarán para lograr los grados de libertad necesarios y hacer posible el funcionamiento del mecanismo idealizado.

Una rótula esférica, es un par cinemático que permite un movimiento en todos los planos que pasan por una línea, estas están limitadas por un ángulo dentro del que puede moverse y cuentan con 3 grados de libertad. Está compuesta básicamente por casquillos de fricción y de perno encerrados en una carcasa, figura 51.



Figura 50. Partes de una rótula de dirección

Fuente: (multiservicioautomotriz3h)

Existen varios tipos y aplicaciones para las rótulas. Para que se ajuste a las necesidades del diseño del prototipo debe contar con las siguientes características:

- Ser liviano
- Ser pequeño
- De fácil adquisición
- De poco costo

Las rótulas son más comúnmente usadas en los vehículos, de donde encontramos las siguientes:

- Rótulas de la mesa de suspensión
- Rótulas del terminal de dirección
- Rótulas de la bieleta estabilizadora

Dentro de estas la que más se adecua a nuestras necesidades son las de las bieletas y los terminales de dirección características que depende del modelo y marca del vehículo al que pertenecen.

Una bieleta es un elemento metálico rígida, formado por una en cada extremo, generalmente roscadas, permitiendo movimientos en todas direcciones. Este elemento es el encargado de acoplar la barra estabilizadora con todo el conjunto de suspensión.

3.4.4.2 RÓTULAS SELECCIONADAS

3.4.4.2.1 RÓTULAS DEL TERMINAL DE DIRECCIÓN

Características: Rotula de terminal izquierda de dirección VW escarabajo

- Lado de montaje: Eje delantero
- Lado de montaje: izquierda
- Lado de montaje: interior
- Longitud: 95 mm
- Rosca exterior: M14 x 1,50 RHT M mm
- Medida cónica: 12,7 mm



Figura 51. Terminal de dirección Izquierdo vw escarabajo

Fuente: (Volswagen)

3.4.4.2.2 RÓTULAS DE LA BIELETA ESTABILIZADORA



Figura 52. Bieleta estabilizadora Chevrolet Optra

Fuente: (Chevrolet)

3.4.5 RODAMIENTOS

Un rodamiento es un elemento mecánico que reduce la fricción entre un eje y las piezas conectadas, ya sea porque rotan o se desplazan. Estos pueden ser de diferentes tipos:

- Rodamientos rígidos de bolas
- Rodamientos de bolas a rótula
- Rodamientos de bolas con contacto angular
- Rodamientos de rodillos cilíndricos
- Rodamientos de agujas
- Rodamientos de rodillos a rótula
- Rodamientos de rodillos cónicos
- Rodamientos axiales a bolas
- Rodamientos axiales de agujas
- Rodamientos axiales de rodillos

Una de las limitantes primordiales son las dimensiones para seleccionar un rodamiento ya que están afectan directamente a las dimensiones de los elementos del prototipo, es por eso que por sus características y dimensiones se selecciona un rodamiento de agujas. Estos elementos de máquina tienen extensa aplicación en la

mecánica, son de fabricación en serie, intercambiables. Las tolerancias de fabricación, tanto de las pistas como de los elementos rodantes, son muy estrechas

3.4.6 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS

La selección del rodamiento se realiza según los siguientes criterios:

- Disponibilidad en el mercado local
- Geometría
- Peso

Se selecciona un rodamiento de agujas estos caracterizan por tener los rodillos finos y largos en relación con su diámetro, por lo que se lo denomina de agujas (figura 54).

Dentro de sus características estos tienen una gran capacidad de carga y son especialmente útiles en montajes donde se dispone de un espacio radial limitado, lo que lo convierte en el rodamiento ideal para satisfacer las necesidades de diseño y liviano.

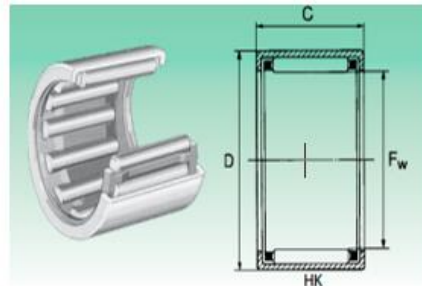


Figura 53. Rodamiento de agujas

Fuente: (Koyo, 2016)

3.4.6.1 CARACTERÍSTICAS DEL RODAMIENTO HK 2020

El rodamiento seleccionado por catálogo se muestra en la figura 55.



Diámetro eje (mm) Shaft diameter (mm)	Sigla Designation				Dimensiones (mm) Dimensions (mm)			Coeficientes de carga (N) Basic Load Ratings (N)		Velocidad límite Limiting Speed
	Casquillos de agujas abiertos Open end	Peso (g) Weight (g)	Casquillos de agujas con fondo Closed end	Peso (g) Weight (g)	Fw	D	C	Dinámico C Dynamic C	Estático Co Static Co	Aceite (Nº giros máx) Oil (max rpm)
20	HK 2010	11.8	BK 2010	14	20	26	10	6 100	7 800	11 400
	HK 2012	14.1	BK 2012	16.7	20	26	12	8 200	11 500	11 400
	HK 2016	19.3	BK 2016	22.3	20	26	16	12 000	16 100	11 400
	HK 2020	24.1	BK 2020	27.1	20	26	20	14 900	24 700	11 400
	HK 2030-ZW	34.7	BK 2030	37.4	20	26	30	20 700	38 000	11 400

Figura 54. Características rodamiento HK 2020

Especificaciones:

- Diámetro interno 20 mm
- Diámetro externo 26 mm
- Ancho 20 mm
- Coeficiente de carga estático 24700 N
- Coeficiente de carga dinámico 14900 N

3.4.7 DISEÑO DEL BASTIDOR

3.4.7.1 CARGAS INVOLUCRADAS

Para el diseño y cálculo del bastidor se definen las cargas que actúan sobre el chasis, estas son:

	Masa(Kg)	Peso(N)
Usuario	100	980
Batería	4	40
Peso total		1020

3.4.7.2 VIGA LONGITUDINAL

Para tener una primera estimación del espesor del tubo necesario simplificamos el comportamiento de unos de los elementos que consideramos como más críticos dentro del diseño (figura 56). El elemento seleccionando es el pedal, por el elemento sobre el cual se posiciona la carga(usuario) y por tener también una junta soldada en todo su contorno y podría ser propenso a falla por cortante.

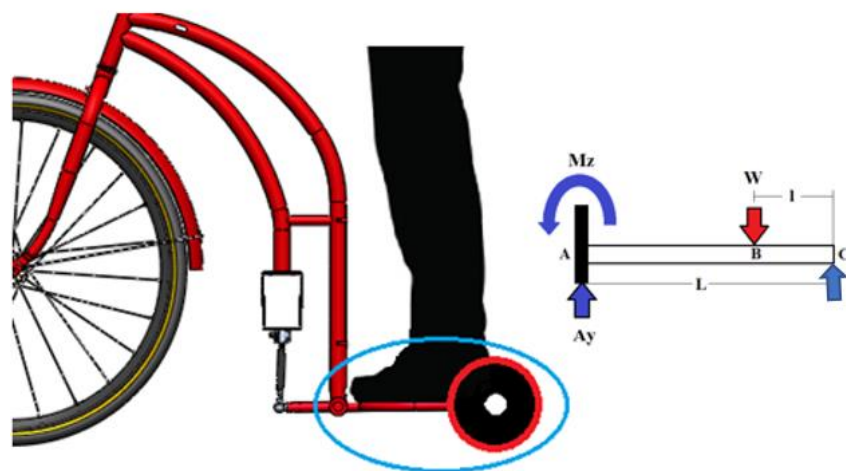


Figura 55. Modelo simplificado

El elemento se considera como una viga:

- Empotrada en un extremo y con un apoyo simple en el otro, de longitud 30mm.
- De sección cilíndrica hueca.
- Con una fuerza puntual máxima de 490 N, a 0.175 m del empotramiento que sería la distancia aproximada de aplicación del peso.

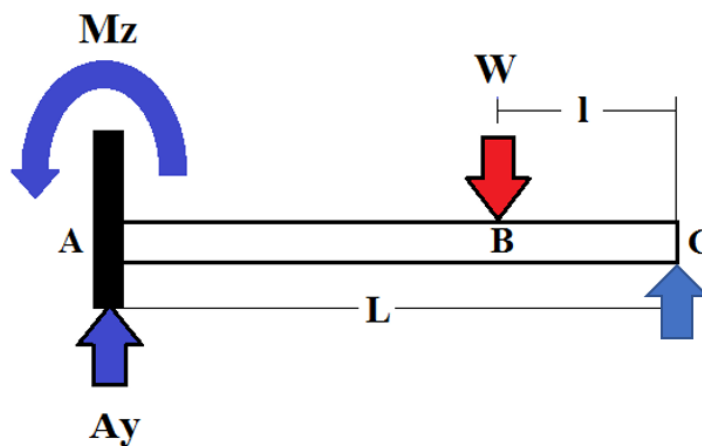


Figura 56 Modelo simplificado del pedal

CÁLCULO DEL ESPESOR APROXIMADO

Datos:

- $L = 0.3m$
- $D = 0.019m$
- $l = 0.125 m$
- $W = 490 N$

ESTÁTICA DEL ELEMENTO

$$\sum F_y = 0$$

$$A_y - W + C = 0 \quad (1)$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-M_{Ay} + W \cdot (L - l) - C_y \cdot L = 0 \quad (2)$$

VIGA ESTÁTICAMENTE INDETERMINADA: MÉTODO DE DOBLE INTEGRACIÓN

Para este método nos ayudamos de la siguiente ecuación:

$$EI \cdot \frac{d^2}{dx^2} \delta = M(x) \quad (3)$$

La ecuación de momento $f(x)$

$$M(x) = -M_{Az} + A_y \cdot x - W[x - (L - l)]$$

$$EI \cdot \frac{d^2}{dx^2} \delta = -M_A + A_y \cdot x - W[x - (L - l)]$$

Integrado tenemos:

$$EI \cdot \frac{d}{dx} \delta = -M_A \cdot x + \frac{A_y \cdot x^2}{2} - \frac{W(x - 0.175)^2}{2} + C_1$$

Donde $\frac{d}{dx} \delta = \theta$ y es la ecuación de pendientes de la viga

$$EI \cdot \theta = -M_A \cdot x + \frac{A_y \cdot x^2}{2} - \frac{W(x - 0.175)^2}{2} + C_1 \quad (4)$$

Integrando nuevamente encontramos la ecuación tenemos

$$EI\delta = \frac{-M_A \cdot x^2}{2} + \frac{A_y \cdot x^3}{6} - \frac{W \cdot (x - 0.175)^3}{6} + C_1 \cdot x + C_2 \quad (5)$$

Donde las ecuaciones (4) y (5) son las ecuaciones de la elástica de la viga y la de las deflexiones respectivamente.

Condiciones de borde:

$$\text{Ec (5)} \quad \text{si } x=0; \quad \delta=0; \quad EI\delta=0$$

$$C_2 = 0$$

$$\text{Ec (4)} \quad \text{si } x=0; \quad \theta=0; \quad EI\theta=0$$

$$0 = -M_A \cdot x + \frac{A_y \cdot x^2}{2} - \frac{W(x - 0.175)^2}{2} + C_1$$

$$C_1 = 0$$

$$E \cdot I \cdot \delta = \frac{-M_A \cdot x^2}{2} + \frac{A_y \cdot x^3}{6} - \frac{W \cdot (x - 0.175)^3}{6}$$

$$\text{Ec (5)} \quad \text{si } x=L; \quad \delta=0; \quad EI\delta=0$$

$$0 = \frac{-(L)^2 \cdot M_A}{2} + \frac{A_y \cdot L^3}{6} - \frac{W \cdot (L - 0.175)^3}{6}$$

Con la ayuda de un software encontraos los los valores de A_y , M_A , C_y para el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\begin{cases} A_y - W + C_y = 0 \\ -M_A + W(L - l) - C_y \cdot L = 0 \\ -\frac{L^2 \cdot M_A}{2} + \frac{A_y \cdot L}{6} - \frac{w(L - 0.175)^3}{6} = 0 \end{cases}$$

Los resultados obtenidos son:

$$A_y = 288.52 [N]$$

$$M_A = 25.31 [N]$$

$$C_y = 201.47 [N]$$

Para encontrar los esfuerzos sometidos en el elemento calculamos el area tomando en cuenta que nuestro diametro exterior es $\frac{3}{4}$ de pulgada (0.019 m) y con un S_y de 220 MPa.

El valor para el factor de seguridad esta definido en la siguiente tabla 14.

Tabla 17.
Factor de seguridad

FACTOR DE SEGURIDAD	APLICACIÓN
1.25 – 2	Diseño de estructuras bajo cargas estáticas para los que haya alto grado de confianza en todos los datos de diseño
2 - 2.5	Diseño de elementos de maquina bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos de diseño.
2.5 - 4	Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales análisis de esfuerzos o el ambiente.

Fuente: (Mott, 2006)

PUNTOS CRÍTICOS DEL ELEMENTO

Los puntos críticos seleccionados se muestran en la figura 59.

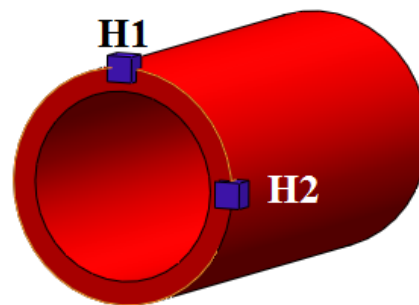


Figura 57. Puntos críticos

Al no tener una fuerza axial presente ni un momento torsor los esfuerzos presentes son:

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I} \qquad \tau = \frac{V \cdot Q}{I \cdot b}$$

Donde:

y: distancia desde la línea neutra hasta el punto de estudio

M: momento flector

I: inercia de la sección transversal

V: fuerza cortante obtenida del diagrama de fuerza cortante en la sección

Q: momento estático de primer orden

b: ancho de la sección transversal en el punto de estudio

Donde $Q = A' \cdot Y'$ siendo A' el área entre punto de estudio y el límite superior de la sección y Y' la distancia al elitroide de A' .

Para H1:

$A' = 0$ entonces: $Q = 0$

$$\sigma_{vm} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3\tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_{vm} < \sigma_d = \frac{S_y}{N}$$

$$\frac{S_y}{N} = \frac{M_z \cdot y}{I}$$

$$\frac{220000000}{1.5} = \frac{0.241}{\frac{\pi(0.01905^4 - d^4)}{64}}$$

Resolución con ayuda de software:

$$d=0.0177$$

La solución al espesor en el punto H1 es:

$$t = 19.05 - 17.7 [mm]$$

$$t = 1.35 [mm]$$

Para H2:

$$y = 0$$

$$\sigma_{vm} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3\tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_{vm} = \sqrt{3} \cdot \tau_{xy}$$

$$\sigma_{vm} = S_y$$

$$\tau_{xy}(V) = \frac{V \cdot Q}{I \cdot b}$$

$$\sigma_{vm} = S_y$$

Suponemos que el tubo es de pared delgada y cumple la relación siguiente:

$$\frac{t}{r} < 0.1$$

entonces:

$$\tau_{xy}(V) = \frac{2V}{A}$$

$$\frac{220000000}{1.5} = \sqrt{3} \cdot 2 \cdot \frac{288.52}{\pi(0.01905^2 - d^2)}$$

Resolución con ayuda de software:

$$d=0.01899$$

La solución al espesor en el punto H2 es:

$$t = 19.05 - 18.99$$

$$t = 0.06 [mm]$$

RESULTADOS

Tabla 18.

Resultados de los valores de espesor del tubo

PUNTO DE ESTUDIO	ESPESOR t(mm)
H1	1.35
H2	0.06

Como el valor de H1 es mayor al de H2 sabemos que el esfuerzo flector en ese punto es el más crítico por lo que aproximaremos el valor del espesor (t) a 1.5 mm ya que el estudio se lo realizó simplificando el elemento y sin tomar en cuenta el torque que se produce en el mismo.

3.4.7.3 EJE DE LA MANZANA PRINCIPAL

Un eje es “un elemento no giratorio que no transmite par de torsión y se utiliza para soportar ruedas rotatorias, poleas y elementos parecidos” (Budynas & Nisbett, 2012, pág. 344).

En el diseño el eje principal cumple la función de pivote de ambos pedales para el funcionamiento del mecanismo transmisor de fuerza, en el actúan dos fuerzas producidas por cada pedal y este se encuentra empotrado en el medio al chasis. Un eje no giratorio puede diseñarse con facilidad como una viga estática.

Para su diseño se toma como valor de carga máxima el peso de 490 N en cada uno de los extremos, material acero de transmisión 1018.

3.4.7.3.1 CÁLCULO DEL DIÁMETRO

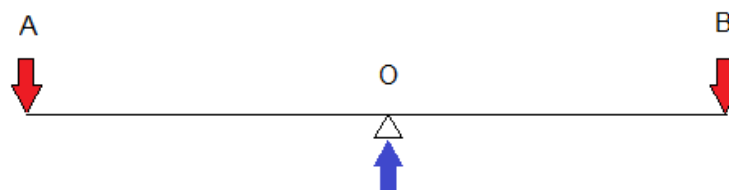


Figura 58. Diagrama simplificado del eje principal

Estática del elemento:

$$\sum F_y = 0$$

$$A_y + B_y - R_o = 0$$

$$R_o = 980 \text{ N}$$

Obtenemos el momento máximo con los diagramas del elemento, figura 60.

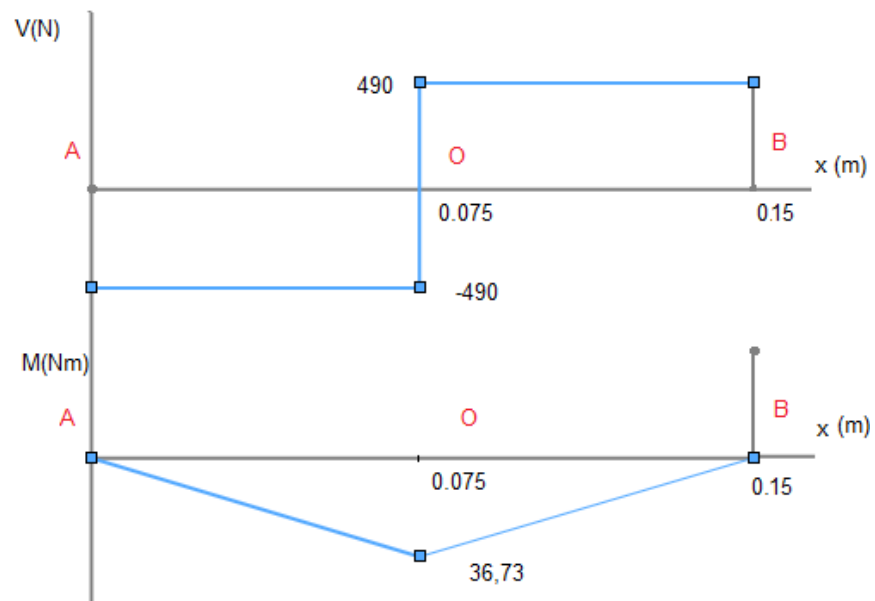


Figura 59. Diagrama de cortante y momento

$$\sigma_{vm} < \sigma_d = \frac{S_y}{N}$$

$$\frac{S_y}{N} = \frac{M_z \cdot y}{I}$$

Analizamos la sección donde está presente mayor momento flector $M_{max}=36.73$ Nm, $y=r$ y $S_y=250\text{MPa}$ tenemos:

$$\frac{250000000}{1.5} = \frac{36.75 \cdot \frac{d}{2}}{\frac{\pi(d^4)}{64}}$$

Resolución con ayuda de software tenemos que:

Para el momento flector máximo tenemos un eje de 13 mm de diámetro.

Debido a la geometría del diseño es necesario utilizar un eje de mayor diámetro para que se ajuste a las necesidades del diseño y seleccionamos un eje de 25.4 mm en la parte donde va soldado el chasis .

3.4.7.4 ESTUDIO DEL CHASIS

Las sujeciones se realizan lo más cercano a la realidad posible (figura 61) para lo cual fijamos los tres puntos de apoyo del triciclo, la sección del pedal en donde van las ruedas traseras, el otro punto de que conecta con la rueda delantera y además una conexión especial en la manija principal que hace de pivote de rotación de los pedales.

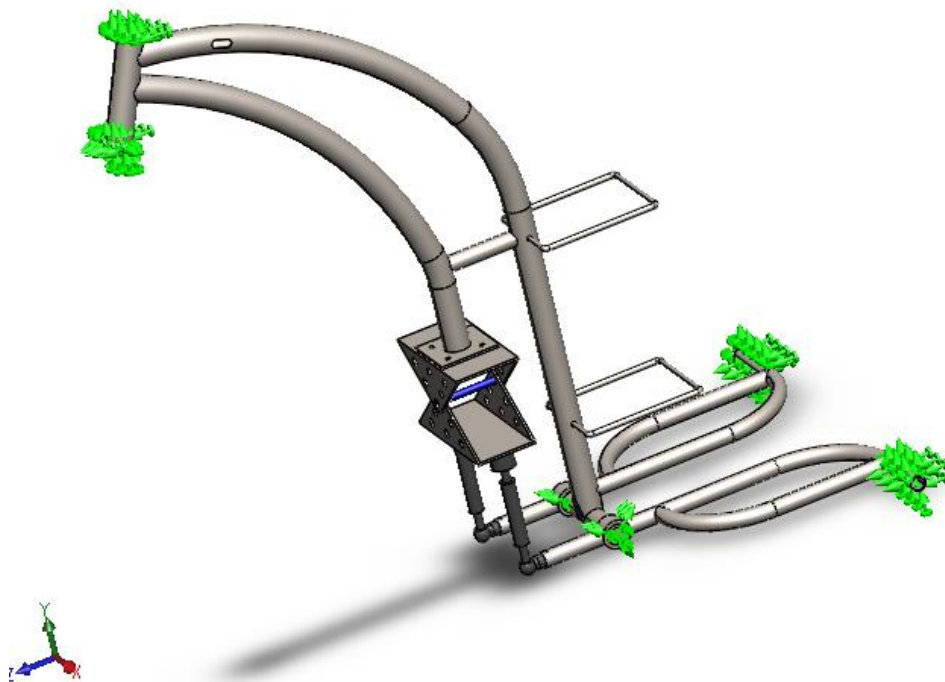


Figura 60. Aplicación de conexiones

Se tiene una fuerza de 1020 N que actúan sobre el chasis la misma que por ser el valor más crítico se toma como valor para la simulación realizada por software. Esta fuerza se divide en 490 N en cada pedal que corresponden al peso del usuario y 40 N del peso de la batería que actúan sobre los soportes, figura 62.

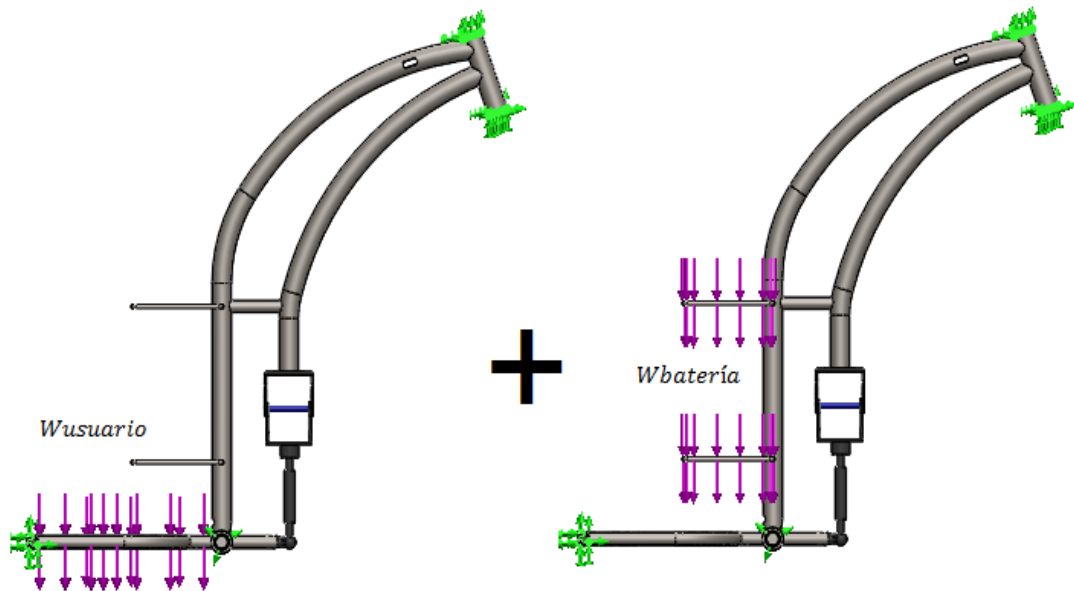


Figura 61. Aplicación de cargas

3.5 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

3.5.1.1 DESPLAZAMIENTOS RESULTANTES

El máximo valor de desplazamiento ocasionado por las cargas aplicadas es de 0.06mm (Figura 64), el cual es relativamente bajo. Sin embargo, pese al ser el máximo desplazamiento no es el más crítico por el hecho de estar en el soporte de la batería y no en un elemento que afecte el funcionamiento.

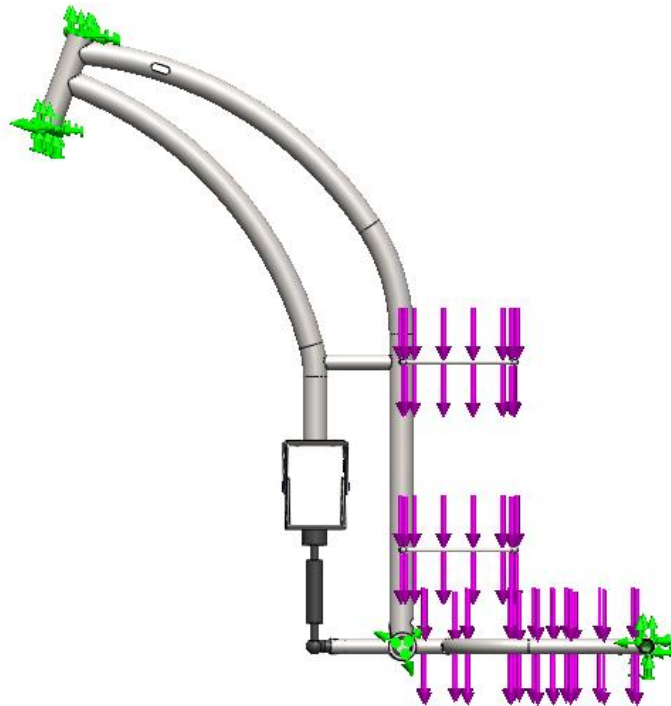


Figura 62. Condiciones de carga y sujeciones fijas

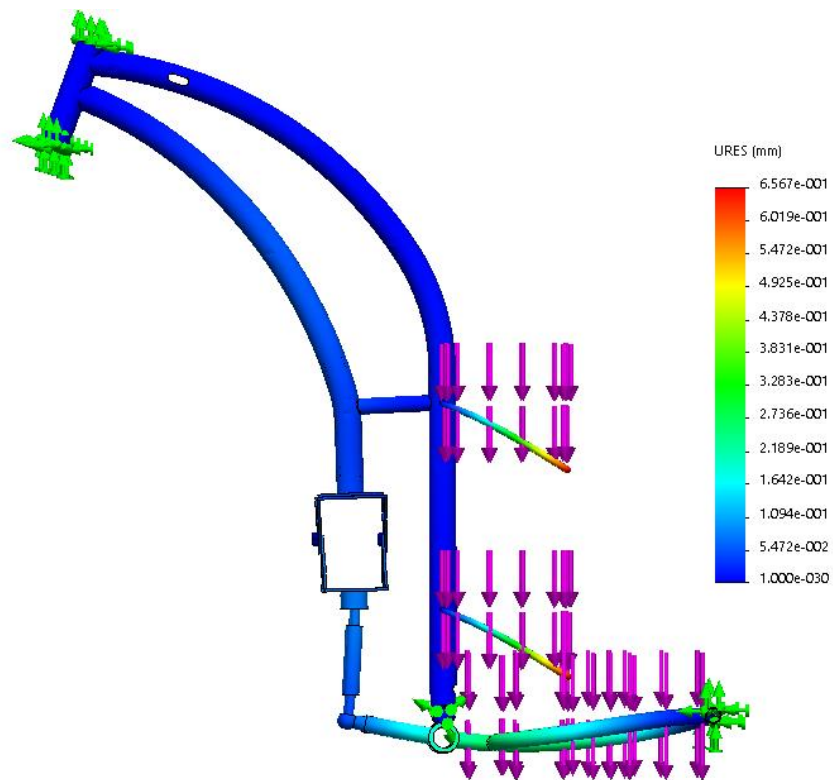


Figura 63. Desplazamientos resultantes

3.5.1.2 TENSIÓN DE VON MISES

El esfuerzo máximo que soporta obtenido del estudio es de $\delta_{\max} = 101.9 \text{ MPa}$ según la teoría de Von Mises, figura 65.

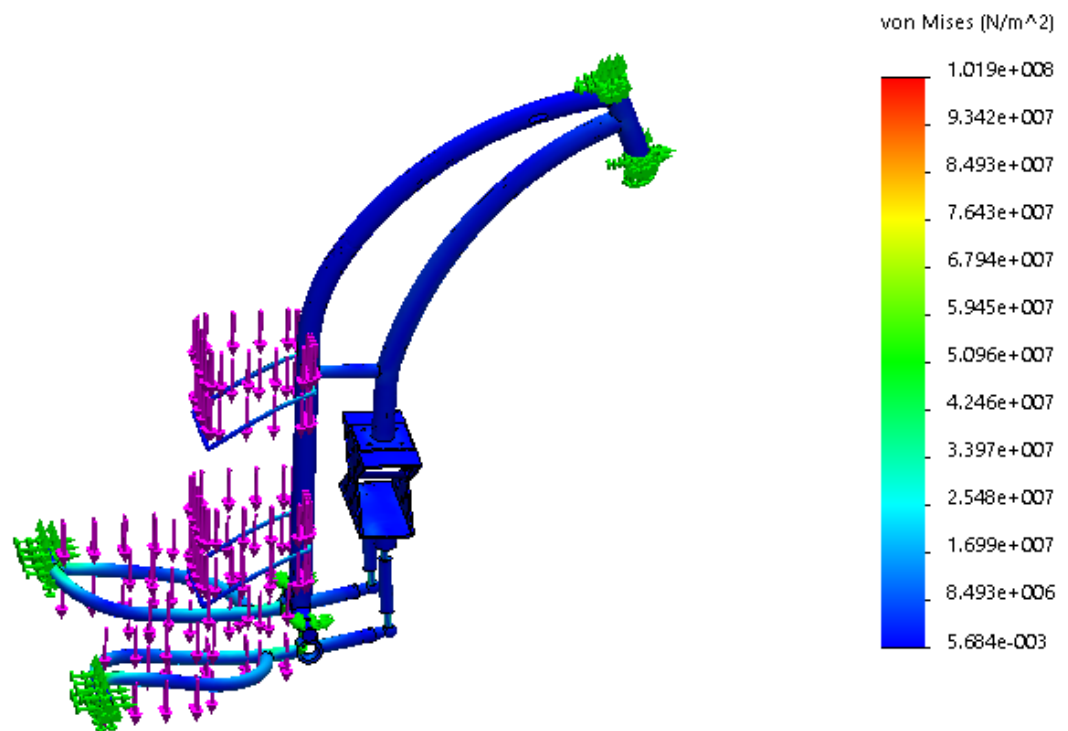


Figura 64. Esfuerzos resultantes de Von Mises

Al tener un valor límite a la fluencia dado por el material ASTM 513 de 220 MPa, tenemos un factor de seguridad de:

$$\delta_{vm} < \delta_{adm}$$

$$\delta_{vm} = \frac{\delta_{adm}}{N}$$

$$N = \frac{\delta_{adm}}{\delta_{\max}} = \frac{220}{101.9} = 2.15$$

3.5.1.3 FACTOR DE SEGURIDAD

La figura 66 muestra los resultados obtenidos del software del factor de seguridad, dando un mínimo un factor $N=2.16$, el cual que se considera dentro del rango en el cual no se presentarán fallos.

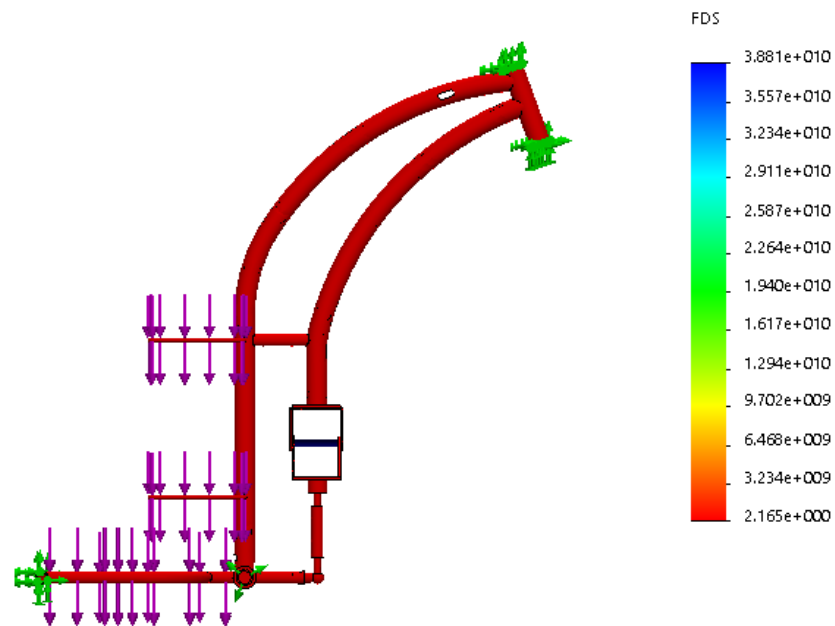


Figura 65. Factores de seguridad resultante

3.5.1.4 ANÁLISIS DE SELECCIÓN DEL RODAMIENTNO HB 2020

Como la carga total distribuida donde se va a utilizar el rodamiento seleccionado es de 1020 N en análisis estático (figura 67) y este soporta una carga de 24700 N el rodamiento va a trabajar muy por debajo de su carga máxima por lo que se puede afirmar su correcto funcionamiento en el prototipo ya que es una pieza importante en el sistema de estabilización.

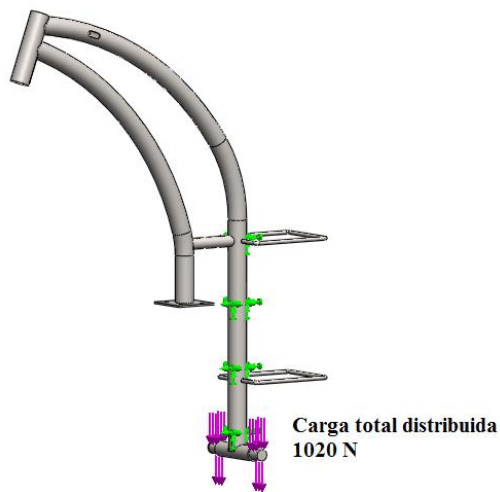


Figura 66. carga total en el eje del bastidor

3.6 TOLERANCIAS Y AJUSTES

La tolerancia dentro de una pieza juega un papel muy importante para que tanto ejes como agujeros garanticen la función propuesta.

El tipo de ajuste o ubicación del aro interior sobre el eje y del aro exterior dentro del alojamiento o soporte se lo realiza para el eje como agujero único y para el aro exterior como eje único como se muestra en la figura 68.

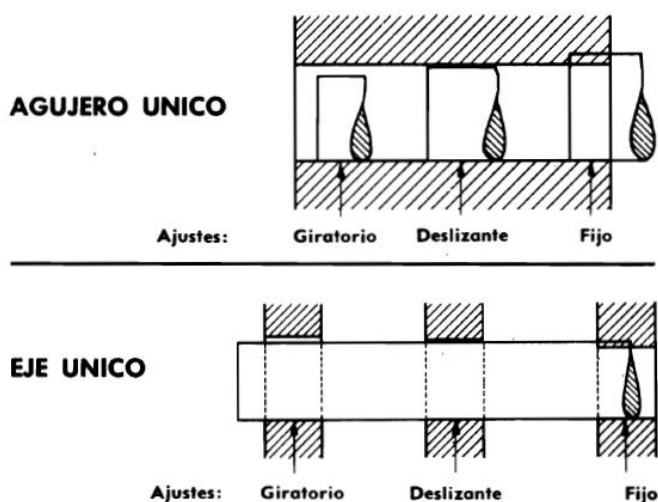


Figura 67. Ajustes agujero único y eje único

Fuente: (Casillas, 2008)

3.6.1 CALIDAD DE TOLERANCIA

En cuanto a la calidad de la tolerancia podemos decir que cuanto mayor sea la calidad menor será la tolerancia.

El sistema ISO prevé 18 calidades designadas por: IT01, IT-0,....., IT-16.

Donde IT es el índice de tolerancia.

3.6.2 AJUSTE PARA EL EJE

Tabla 19.
Descripción de ajustes recomendables

Tipo	Descripción	Símbolo
Holgura	Ajuste deslizante: donde las partes no se van a operar libremente, pero deben moverse y girar con gran libertad y tener una ubicación precisa.	H7/g6

Fuente: (Diseño Ingeniería Mecánica de Shirley,2012)

Seleccionamos para nuestro diseño el ajuste recomendado H7/g6 por la necesidad de un ajuste intermedio y no estar sometido a grandes cargas.

Tabla 20.
Selección de IT

GRUPO DE DIMENSIONES mm.	CALIDAD															
	IT 1	IT 2	IT 3	IT 4	IT 5	IT 6	IT 7	IT 8	IT 9	IT 10	IT 11	IT 12	IT 13	IT 14	IT 15	IT 16
De 1 a 3	0,0015	0,002	0,003	0,004	0,005	0,007	0,009	0,014	0,025	0,040	0,060	0,090	0,140	0,250	0,400	0,600
De más 3 a 6	0,0015	0,002	0,003	0,004	0,005	0,008	0,012	0,018	0,030	0,048	0,075	0,120	0,180	0,300	0,480	0,750
» 8 a 10	0,0015	0,002	0,003	0,004	0,006	0,009	0,015	0,022	0,036	0,058	0,090	0,150	0,220	0,360	0,580	0,900
» 10 a 18	0,0015	0,002	0,003	0,005	0,008	0,011	0,018	0,027	0,043	0,070	0,110	0,180	0,270	0,430	0,700	1,100
» 18 a 30	0,015	0,002	0,004	0,006	0,009	0,013	0,021	0,033	0,052	0,084	0,130	0,210	0,330	0,520	0,840	1,300
» 30 a 50	0,002	0,003	0,004	0,007	0,011	0,016	0,025	0,039	0,062	0,100	0,160	0,250	0,390	0,620	1,000	1,600
» 50 a 80	0,002	0,003	0,005	0,008	0,013	0,019	0,030	0,046	0,074	0,120	0,190	0,300	0,460	0,740	1,200	1,900
» 80 a 120	0,003	0,004	0,006	0,010	0,015	0,022	0,035	0,054	0,087	0,140	0,220	0,350	0,540	0,870	1,400	2,200
» 120 a 180	0,004	0,005	0,008	0,012	0,018	0,025	0,040	0,063	0,100	0,160	0,250	0,400	0,630	1,000	1,600	2,500
» 180 a 250	0,005	0,007	0,010	0,014	0,020	0,029	0,046	0,072	0,115	0,185	0,290	0,460	0,720	1,150	1,850	2,900
» 250 a 315	0,006	0,008	0,012	0,016	0,023	0,032	0,052	0,081	0,130	0,210	0,320	0,520	0,810	1,300	2,100	3,200
» 315 a 400	0,007	0,009	0,013	0,018	0,025	0,036	0,057	0,089	0,140	0,230	0,360	0,570	0,890	1,400	2,300	3,600
» 400 a 500	0,008	0,010	0,015	0,020	0,027	0,040	0,063	0,097	0,155	0,250	0,400	0,630	0,970	1,550	2,500	4,000

← EJE →

← AGUJERO →

Para trabajos de calibres.

← AGUJERO →

← EJE →

Para trabajos de piezas destinadas a ser acopladas entre ellas.

Para trabajos ordinarios en piezas aisladas, tales como laminado estirado, prensado, etcétera.

Fuente: (Casillas, 2008)

Con un IT 6 ya que el rango de los IT6 - IT11 son usados en mecánica de precisión y para ajuste mecánicos en general según la norma ISO, lo inferiores a estos son de alta precisión para trabajos de calibres.

Datos del rodamiento:

$$\text{Diametro externo} = \varnothing e = 26$$

$$\text{Diametro interno} = \varnothing i = 20$$

Agujero único:

$$IT_6 = 0.013$$

$$\delta_g = -0.007$$

$$D_{min} = \phi_i + \delta_g$$

$$D_{min} = 19.993 \text{ [mm]}$$

$$D_{max} = \phi_i + IT_6 + \delta_g$$

$$D_{max} = 20.006 \text{ [mm]}$$



Para el aro exterior se tomará como eje único al rodamiento se tomará: N7/h6

N: para piezas que deban quedar sólidamente fijadas para su retiro es necesario uso de presión y usando el prontuario.

Tabla 21.
Tabla de tolerancias

**EJE UNICO
DIFERENCIAS NOMINALES**

* CIFRAS MARCADAS CON ASTERISCO NO PASA

DIAMETROS NOMINALES mm.	EJE h 6  No pasa - Pasa	AGUJEROS PASA  NO PASA					
		S 7	R 7	N 7	M 7	K 7	J 7
1 a 3	0,000 — 0,007*	— 0,013* — 0,022	— 0,010* — 0,019	— 0,004* — 0,013	0,000* — 0,009		+ 0,003* — 0,006
Más de 3 a 6	0,000 — 0,008*	— 0,015* — 0,027	— 0,011* — 0,023	— 0,004* — 0,016	0,000* — 0,012		+ 0,005* — 0,007
Más de 6 a 10	0,000 — 0,009*	— 0,017* — 0,032	— 0,013* — 0,028	— 0,004* — 0,019	0,000* — 0,015	+ 0,005* — 0,010	+ 0,008* — 0,007
Más de 10 a 18	0,000 — 0,011*	— 0,021* — 0,039	— 0,016* — 0,034	— 0,005* — 0,023	0,000* — 0,018	+ 0,006* — 0,012	+ 0,010* — 0,008
Más de 18 a 30	0,000 — 0,013*	— 0,027* — 0,048	— 0,020* — 0,041	— 0,007* — 0,028	0,000* — 0,021	+ 0,006* — 0,015	+ 0,012* — 0,009

Fuente: (Casillas, 2008)

3.6.3 SELECCIÓN DE SEGUROS

Ya que las ranuras para los seguros van por fuera seleccionamos del catálogo con el diámetro del eje.

Tabla 22.

Anillos de retención seleccionados para el diseño

Aplicación	Eje principal(Manzana)	Eje de rueda
Diámetro del eje(mm)	20	16
Tipo de seguro	Externo	Externo
Código	DHS-20	DHS-16
Tolerancia de ranura	-0,13	-0,11
Carga axial máx.(KN)	3,85	2,4

Fuente: (Rotorclip, 2016)

CAPÍTULO 4

FABRICACIÓN Y MONTAJE

4.1 FABRICACIÓN

Las piezas diseñadas para formar parte del prototipo e iniciar su fabricación inician con los cálculos generados, simulación y selección de materiales las mismas que juntas funcionarían como un conjunto cumpliendo con los objetivos planteados.

Para la fabricación en el taller se parte de planos constructivos en los que constan medidas y tolerancias necesarias para el ensamble y obtención de cada una de las partes del prototipo.

4.1.1 MAQUINARIA NECESARIA:

- Dobladora de tubo semiautomática



Figura 68. Dobladora de tubo de mofle semiautomática

- Dobladora de tubo manual

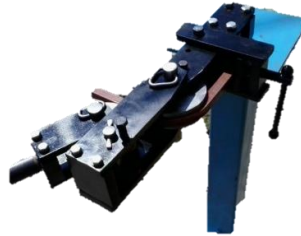


Figura 69. Dobladora de tubo manual modelo DC05

- Cortadora de metal



Figura 70. Cortadora de metal 14" GC022000

Fuente: (BOSCH, 2016)

- Amoladora angular



Figura 71. Amoladora angular GWS 8-115 Z

Fuente: (BOSCH, 2016)

- Equipo de soldadura GMAW



Figura 72. Equipo de soldadura SMAW

Fuente: (CODINTER, 2016)

- Torno



Figura 73. Torno universal 2 ejes HL-380

Fuente: (Hwacheon, 2016)

- Taladro de mano



Figura 74. Taladro de mano

Fuente: (BOSCH, 2016)

- Taladro de banco



Figura 75. Figura Taladro Banco TB131

Fuente: (MAKITA, 2016)

- Esmeril



Figura 76. Esmeriladora de banco GSM 200 D

Fuente: (BOSCH, 2016)

- Herramienta de mano



Figura 77. Herramientas manuales

4.2 PROCESO DE FABRICACIÓN

4.2.1 FABRICACIÓN DEL BASTIDOR VOLANTE Y PEDALES

El bastidor del prototipo es construido en tubo de 1 ¼ pulgadas de espesor 1.5 mm mientras que para los pedales y volante se utilizó tubo de ¾ de pulgada de espesor 1.5 mm en acero estructural ASTM A513 con las medidas y radios establecidos en el plano, siguiendo la secuencia detallada a continuación.

4.2.1.1 DOBLADO DEL TUBO

Es el primer paso en la construcción, los tubos son doblados con el radio indicado en el plano para el bastidor se utilizó una dobladora de tubo semiautomática (figura 79) y para el volante y los pedales utilizamos una dobladora de tubo manual (figura 78), dando forma a la estructura del prototipo.



Figura 78. Doblado del bastidor



Figura 79. Doblado del volante y pedales

4.2.1.2 CORTE Y SOLDADURA DEL BASTIDOR, VOLANTE Y PEDALES

Terminado el proceso de doblado de los tubos entramos en el corte de los mismos con las medidas especificadas en el plano (figura 81) el objetivo final es unir todas las partes por soldadura GMAW y obtener el bastidor, volante y pedales terminados.



Figura 80. Corte de partes



Figura 81. Proceso de soldadura



Figura 82. Ensamble y unión por soldadura GMAW



Figura 83. Bastidor, volante y pedales terminados

4.2.1.3 REMOCIÓN DE EXCESO DE MATERIAL, REBABAS Y ARISTAS VIVAS

En este proceso se retiró el exceso de material en las uniones por soldadura así también se quitó las rebabas que se tenían por los cortes del tubo, figura 85 y figura 86.



Figura 84. Remoción de rebabas y aristas vivas



Figura 85. Remoción de exceso de material en las soldaduras

4.2.1.4 PULIDO Y ENSAMBLE DEL CONJUNTO



Figura 86. Masillado y Pulido del conjunto



Figura 87. Ensamble y pulido de los pedales



Figura 88. Conjunto ensamblado y pulido

4.2.1.5 TALADRADO DE AGUJEROS PARA EL CABLEADO



Figura 89. Taladrado de orificio para cableado

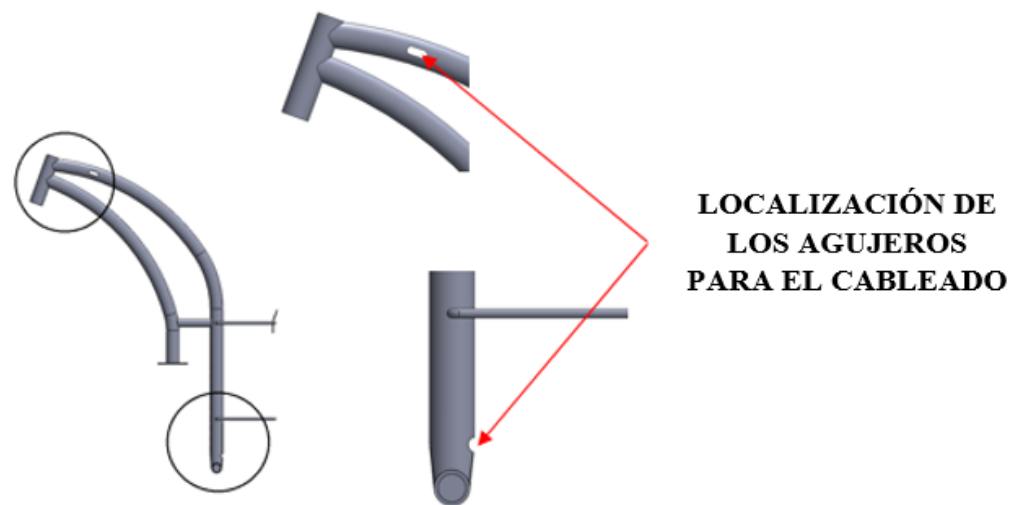


Figura 90. Agujeros para el cableado

4.2.2 FABRICACIÓN DE LA CAJA TRANSMISORA DE FUERZA

Para la fabricación de la caja transmisora de fuerza se utilizó planchas de acero A36 con un espesor de 3 mm con las medidas especificadas en los planos de construcción

4.2.2.1 CORTE DE LAS PLANCHAS DE ACERO A36



Figura 91. Corte de planchas acero A-36

4.2.2.2 UNION POR SOLDADURA GMAW

Las piezas cortadas se unen mediante soldadura GMAW



Figura 92. Partes de la caja transmisora de fuerza

4.2.2.3 TALADRADO, PULIDO Y ENSAMBLADO

El proceso de taladrado en esta pieza es parte importante en el mecanismo de estabilización ya que esta es la encargada de transmitir la fuerza de un pedal hacia el otro. Por lo que primero se lleva a cabo un dibujo sobre la misma con el fin de ser marcada con el granete mejorando el posicionamiento de la broca del taladro, figura 94.



Figura 93. Taladrado de la caja transmisora de fuerza



Figura 94. Pulido y ensamblado de la caja diferenciadora de fuerza

4.2.3 PINTURA EN GENERAL

Una vez terminado el proceso de pulido en cada una de las piezas y verificar su correcto ensamble en el prototipo, removemos las partes para pintar cada una de ellas con el color y pintura seleccionados.



Figura 95. Inspección del ensamble

Volante, acoples del freno y conjunto transmisor de fuerza

- Color: negro
- Tipo: anticorrosiva

Bastidor, pedales y guardafangos

- Color: rojo Ferrari
- Tipo: sintética



Figura 96. Prototipo pintado y ensamblado

4.2.4 CONEXIÓN DE ELEMENTOS ELECTRÓNICOS Y FRENO

Verificado el funcionamiento mecánico en el prototipo (figura 99), entra en la etapa final donde se conectarán todos los dispositivos al controlador electrónico el mismo que regula la velocidad del motor, indicador de carga de la batería y luces.



Figura 97. Inspección de elementos mecánicos

Todos los cables incluyendo los del freno van ubicados por el interior del tubo del bastidor con el fin de protegerlos de los factores ambientales además de mejorarlo estéticamente.



Figura 98. Ensamble de dispositivos electrónicos



Figura 99. Conexión de los terminales electrónicos



Figura 100. Conexión de dispositivos electrónicos



Figura 101. Prototipo armado y funcional

CAPÍTULO 5

PRUEBAS DE CAMPO

Considerando la norma NTE INEN 2 552, VELOCÍPEDOS. BICICLETAS CON ASISTENCIA ELÉCTRICA, sección 5 donde nos especifica los requisitos y consideraciones para asegurar que el vehículo brinde las seguridades correspondientes para su uso.

5.1 GESTIÓN DE LA POTENCIA

En la norma se especifica que la asistencia debe cortarse cuando el ciclista deje de pedalear hacia adelante para que la distancia de detención no exceda de 5 m utilizando un interruptor en la palanca de freno o bien 2 m sin utilizar un interruptor de palanca de freno. Para realizar la comprobación de la norma se necesita un banco de pruebas por lo que se aproximó un ensayo en pista para lo cual se puso en marcha el vehículo en una superficie con el acelerador al máximo para asegurar su máxima velocidad (25Km/h), una vez en este punto se procede al accionamiento del freno y por ende la desactivación de los interruptores que cortan para medir la longitud que recorrió hasta detenerse, se realizó una muestra de 10 ensayos según se establece la norma, figura 104.

Esta prueba es muy importante, porque es uno de los sistemas principales dentro de la construcción de un vehículo debido a que si existen fallos puede ocasionar accidentes.



Figura 102. Ensayo de frenado

Tabla 23.

Resultados: Distancia de frenado

Ensayo	Distancia(m)
1	2,1
2	2,4
3	2,5
4	3
5	2,7
6	2,5
7	2,65
8	2,75
9	2,8
10	2,7
Promedio	2,61

El valor promedio de la distancia de frenado del prototipo para llegar al reposo es de 2.61 m, que está dentro del rango permitido por la norma que son 5 m como máximo.

El resultado que se obtuvo al ser positivo indica seguridad en el vehículo contando así con un sistema de freno que brinda confianza al usuario el mismo que está dentro de los parámetros establecidos en la norma.

5.2 CABLES Y CONEXIONES ELÉCTRICAS

Dentro de la norma NTE INEN 2 552 también se establecen ciertos requisitos para el cableado en los que encontramos los siguientes:

- Los cables no deben aumentar su temperatura con el paso de corriente a tal punto que pueda dañar el aislante,
- Las conexiones no deben presentar corrosión ni daños en las juntas.

Para verificar el cumplimiento de la norma cargamos la batería al máximo para luego usarla en el prototipo hasta llegar a su descarga completa donde utilizamos el indicador de carga de la batería (figura 104), una vez ocurrido esto verificamos que los cables no hayan elevado su temperatura y tampoco que los aislamientos de los cables hayan sufrido ningún tipo de daño ni desprendimiento a lo largo de su trayecto, figura 105.

También se verifica que los cables no estén en contacto con las partes móviles del vehículo para que no exista la posibilidad de enredo y que lleguen a romperse. Con esto aseguramos que no exista riesgo de cortocircuito dentro del sistema electrónico y que no haya accidentes producidos por falla en el cableado.



Figura 103. indicador de carga Full/Empty



Figura 104. Inspección de los cables de conexión

5.2.1 RESISTENCIA A LA HUMEDAD

Para esto las bicicletas asistidas según la norma deben estar sujetas a la Norma IEC 60529 (International Electrotechnical Commission), la cual establece una cuantificación en unidades llamadas grados de protección los cuales nos indican, cuán protegido está un material o equipo eléctrico o electrónico contra el ingreso de cuerpos sólidos extraños o a penetración del agua con efectos perjudiciales.

En nuestro prototipo se diseñó que todos los cables vayan por dentro del bastidor para protegerlos de la humedad y el contacto con el agua mientras que el sistema de control electrónico cuenta con una carcasa de plástico para su aislamiento.

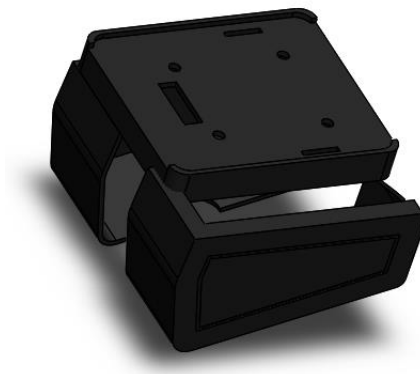


Figura 105. Carcasa de aislamiento de la unidad de control

5.2.2 RESISTENCIA MECÁNICA

El vehículo debe tener una dureza mecánica adecuada para soportar el uso al que se esperaría por parte del usuario en la intemperie y la manipulación constante. El método de prueba en la norma nos dice que:

Con una fuerza de $0,7 \text{ J} \pm 0,05 \text{ J}$ mediante el uso de un martillo de resorte o de goma aplicamos impactos a la batería montada en los tres puntos considerados críticos del soporte de la misma, y verificamos que no haya ningún daño que perjudique el funcionamiento.

Echo este ensayo observamos que la batería no mostro daños que puedan conducir a emisiones peligrosas (gas o líquido), una combustión o un sobrecalentamiento.



Figura 106. Prueba resistencia mecánica

5.2.3 AUTONOMÍA DE LA BATERÍA

La batería utilizada es la de una bicicleta eléctrica por lo que es necesario comprobar cuál es su nueva autonomía en el prototipo fabricado, para así definir cuánto tiempo puede estar en marcha el nuevo vehículo. Para esto se seleccionó una persona promedio de 1.70 metros de altura y pesando 75 kilogramos. El método se definió de la siguiente manera:

Con la batería completamente cargada el vehículo debe estar en funcionamiento hasta que se descargue completamente, el tiempo de duración de la batería del vehículo es el promedio de los tiempos tomados de una muestra de 10 ensayos sobre una pista plana a una velocidad constante con un mismo sujeto de prueba, los ensayos arrojaron los siguientes resultados:

Tabla 24.

Resultados prueba de autonomía de la batería

Ensayo	Peso del usuario (Kg)	Tiempo(min)
1	75	120
2	75	110
3	75	90
4	75	112
5	75	120
6	75	120
7	75	117
8	75	110
9	75	90
10	75	115
Promedio		110,4

El tiempo promedio de 110.4 min que es el resultado de su nueva autonomía por lo que se puede afirmar que el prototipo funcionara 110 min hasta necesitar recargar la batería, misma que es portable y no necesita conexiones especiales.

5.3 PRUEBAS DE MANEJO

5.3.1 ESTABILIDAD Y DIRECCIÓN

Para comprobar la estabilidad y dirección del prototipo se realizó pruebas en un circuito cerrado que contaba con curvas, rectas y una pequeña pendiente (10 grados) donde este tuvo un gran desempeño y demostró que el sistema de estabilidad posterior funciona de manera adecuada brindando confianza y seguridad en las curvas.

La maniobrabilidad del vehículo fabricado respondió de forma positiva ante la exigencia del usuario logando el objetivo planteado en este proyecto.



Figura 107. Funcionamiento del sistema de estabilización



Figura 108. Desempeño del prototipo en pendiente

5.4 ANÁLISIS DE ACEPTACIÓN

Para el análisis es necesario plantear un modelo de encuesta que nos dé una idea de cómo está el funcionamiento del prototipo y si las personas lo usarían.

5.4.1 MODELO DE ENCUESTA

Encuesta de aceptación

Nombre:

Edad:

Responda según corresponda marcando con una X en los recuadros.

ítem	Preguntas	SI	NO
Respecto al manejo			
1	¿Considera que es de fácil manejo?		
2	¿Se ha sentido seguro manejándolo?		
3	¿Se ha sentido cómodo manejándolo?		
4	¿Considera que manejarlo es divertido?		
Respecto a lo estético			
5	¿Considera agradable el modelo visualmente?		
Respecto al posible mercado			
6	De ser posible. ¿Compraría el vehículo?		

5.4.2 RESULTADOS DE LA ENCUESTA

Los datos se obtuvieron de una muestra de 20 personas con edades entre 19 y 40 años.

Tabla 25.
Resultados de la encuesta

Ítem	Aspecto encuestado	SI	NO
1	Fácil de manejar	18	2
2	Seguro	18	2
3	Cómodo	17	3
4	Divertido	20	0

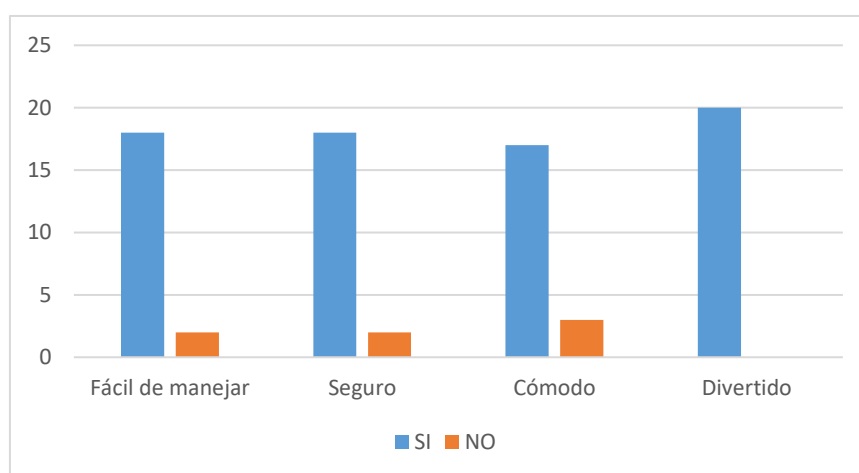


Figura 109. Resultados de las preguntas respecto al manejo

Ítem	Aspecto encuestado	SI	NO
5	Agradable visualmente	18	2



Figura 110. Resultado de las preguntas respecto a lo estético

Ítem	Aspecto encuestado	SI	NO
6	Compraría el vehículo	19	1



Figura 111. Resultado de las preguntas respecto al mercado

5.4.3 ANÁLISIS

De los resultados obtenidos podemos concluir que tanto el modelo como su funcionamiento son más que aceptables, brindando al usuario diversión confort y seguridad que son los pilares de en los que se fue consolidando la idea del prototipo.

CAPÍTULO 6

ANÁLISIS DE COSTOS

En este capítulo se registra, controla e informa todo lo que tiene que ver con costos de producción y financiamiento del proyecto. Los costos definimos como los egresos, recursos económicos gastados de forma directa o indirecta con el fin de producir o adquirir un bien. Dentro de estos bienes adquiridos tenemos:

- Materia prima
- Mano de obra
- Costos indirectos de fabricación

6.1 COSTOS DIRECTOS

Son los costos que están directamente relacionado con el producto. Estos hacen referencia a los recursos económico invertidos para la realización del proyecto.

Tabla 26.

Costos de materia prima y componentes

MATERIA PRIMA				
Ítem	Cantidad	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
1	1	tubo de acero de ¾"	4	4
2	1	tubo de acero de 1¼"	6,74	6,74
3	1	eje de transmisión 1"	1	1
\4	1	eje de transmisión ¾"	1	1
5	2	varilla de acero ¼" (metros)	1,25	2,5
CONTINÚA				→

COMPONENTES				
Ítem	Cantidad	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
6	1	Kit eléctrico e-bike: • motor incorporado en la rueda de 26" • Controlador electrónico • Batería de litio 36V • Controles de aceleración y freno	466	466
7	1	tren delantero (horquilla)	6	6
8	1	kit acople de dirección roscado	7	7
9	5	Cable flexible #18 (metros)	0,8	4
10	2	rodamiento de agujas 26mm	5	10
11	2	terminal de dirección WV escarabajo	6,25	12,5
12	1	Bieleta de dirección Chevrolet Optra	15	15
13	2	llanta neumática de 8"	5,5	11
14	1	vástago del volante	7,5	7,5
15	2	cable y funda de cable de freno	3	6
16	2	Kit de freno de disco (mordaza y disco)	7,5	15
17	2	protector de llanta	40	80
18	2	soporte del pedal	8	16
19	1	pernos, tuercas y arandelas	10	10
20	1	varios	10	10
TOTAL(USD)				691,24

Tabla 27.**Costos de mano de obra**

Ítem	Descripción	Valor unitario
1	Soldadura: <ul style="list-style-type: none"> • chasis • pedales • volante • caja transmisora de fuerza • acoples pedal-rueda 	60
2	Maquinado de piezas(torneado): <ul style="list-style-type: none"> • manzana del pedal • acople pedal-rueda • Eje principal 	20
3	Pintura y acabados	10
4	Varios	10
TOTAL(USD)		100

6.2 COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN

Son aquellos costos que no se relacionan de forma directa con la manufactura, pero contribuyen y forman parte del costo de producción

Tabla 28.**Costos indirectos a la fabricación**

Ítem	Descripción	valor unitario
1	Envío e importación del kit eléctrico e-bike	54,9
2	Transporte	20
TOTAL(USD)		54,9

6.3 DETERMINACIÓN DE VALORES TOTALES**Tabla 29.****Costos totales**

Ítem	Sección	valor unitario
1	Costos directos: Materia prima componentes	691,24
2	Costos directos: Mano de obra y servicios	100
3	Costos indirectos	54,9
Total(USD)		846,14

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.4 CONCLUSIONES

- El proyecto consiguió cumplir con el objetivo el cual tenía como meta obtener una alternativa de movilidad al diseñar y construir un vehículo eléctrico para el uso dentro de la ciudad.
- El vehículo es una propuesta real y factible para su utilización e incluso comercialización por su diseño ergonómico, de fácil manejo, seguro y divertido para el usuario.
- El mecanismo de estabilidad diseñado hace que el prototipo se vuelva más versátil ya que puede realizar curvas con radios relativamente pequeños, lo que lo vuelve ideal para ser utilizado en lugares con poca maniobrabilidad.
- Con respecto a su producción y fabricación del bastidor y partes soldadas este proyecto tiene una sencilla manufactura por lo que no tiene limitaciones de producción en el país, pero cumpliendo con los estándares internacionales de vehículos de servicio urbano.
- La materia prima para la producción del bastidor además de sistemas y elementos necesarios para el montaje del prototipo se pueden encontrar en el mercado local, excluyendo el kit para bicicleta eléctrica el mismo que es de fácil importación convirtiéndolo en un proyecto de fabricación y ensamble netamente local.

- Uno de los puntos más importantes es su bajo costo en comparación a sus similares en el mercado como lo es el vehículo denominado segway el mismo que consta de dos ruedas independientes que necesitan un sistema de estabilización electrónico, elevando así su precio en comparación al sistema de estabilización mecánico diseñado en este proyecto.

6.5 RECOMENDACIONES:

- Para aumentar el tiempo de prestación del vehículo se necesita disminuir su peso por lo que es recomendable cambiar el uso del acero como material de fabricación por uno más ligero como el aluminio o la fibra de carbono, en este proyecto los materiales utilizados para la construcción fueron seleccionados por la fácil adquisición dentro del mercado ecuatoriano.
- Es importante diseñar con un factor de seguridad adecuado, para garantizar la seguridad del usuario, así como la durabilidad de los componentes sin sobredimensionar al mismo tiempo, ya que este sobredimensionamiento afecta directamente al peso, así como al costo de la producción.
- Se recomienda el uso de una batería de mayor duración a la utilizada ya que esta es una batería de bicicleta tradicional eléctrica y en la actualidad existen baterías cada vez de mayor capacidad y menor tamaño lo que permite aliviar el vehículo, aumentar el tiempo de prestaciones e incrementar las opciones de diseño ya que una problemática es la ubicación de la batería en el vehículo.
- Siempre es importante tener algunas opciones de diseño para solucionar el problema planteado para lo cual se propusieron dos alternativas, analizando el funcionamiento, ergonomía, costo y estética como parámetros que deben ajustarse a lo que se buscaba en el prototipo lo que generó una selección correcta en su diseño y fabricación.

BIBLIOGRAFÍA

- Beer, F. P., Jhonston, E. R., & Eisenberg, E. R. (2007). *Mecánica vectorial para ingenieros. Estática*. México: Mc Graw Hill.
- Blázquez, L. B., & Jover, R. T. (s.f.). *La estabilidad del vehículo en las curvas: Aspectos geometricos y su influencia en el coeficiente de seguridad*. Universidad de Alicante, Departamento de Expresión Gráfica y Cartografía, Alicante. Obtenido de <https://rua.ua.es/dspace/.../1/Estabilidad%20del%20vehículo%20en%20curvas.pdf>
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2012). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*. México: Mc Graw Hill.
- Canaltic. (s.f.). Obtenido de http://canaltic.com/blog/html/exe/energias/vehculos_elctricos.html
- Casillas, A. L. (2008). *Máquinas Cálculos de Taller*. Ediciones Máquinas.
- e-biker. (s.f.). Obtenido de <https://1mecanizadoelarenal.files.wordpress.com/2013/11/motores-brushless.pdf>
- García, C. F., Peña, J. M., & Gonzáles, G. T. (2005). *Control de un motor brushless DC con frenado regenerativo*. Pontificia Universidad Javeriana , Departamento de Ingeniería Electronica, Bogotá. Obtenido de <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/tesis89.pdf>
- García, R. D. (2013). *Pre-Diseño, Cálculo y evolución del chasis de una motocicleta de competición*. Universidad III de Madrid, Departamento de Ingeniería Mecánica, Madrid. Obtenido de <http://docplayer.es/20405490-Pre-diseno-calculo-y-evolucion-del-chasis-de-una-motocicleta-de-competicion.html>
- Hibbeler, R. C. (2004). *Mecánica Vectorial Para Ingenieros. Dinámica*. México: Pearson Educación.
- Hudiel, S. N. (2011). *Diseño y Cálculo Geométrico de Viales- Alineamiento Horizontal*. Universidad Nacional de Ingeniería, Estelí - Nicaragua. Obtenido de https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/curvas-horizontales_transiciones-y-peraltes1.pdf
- La bicicleta. (2016). Obtenido de <http://labicikleta.com/11-tipos-de-freno-para-bicicleta/>
- Mott, R. L. (2006). *Diseño de Elementos de Máquinas*. México: Pearson Educación.
- Onda Bike. (2016). Obtenido de <http://www.ondabike.es/news/46-funcionamiento-del-controlador-de-una-bicicleta-electrica-o-ebike.aspx>

Terra Ecología Práctica. (2007). Obtenido de
<http://www.terra.org/categorias/comunidad-ecotransporte/que-es-un-vehiculo-electrico>Terra

Tucano Bikes S.L. (2004). Obtenido de
http://www.tucanobikes.com/las_baterias_de_las_bicicletas_electricas_tucano.ws