



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTORES: ARMAS ARTEAGA EDISON YAROSLAV
CASTILLO PAZMIÑO JUAN CARLOS**

**TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VEHÍCULO AUTOMOTOR
PERSONAL**

**DIRECTOR: ING. TORRES GUIDO
CODIRECTOR: ING. MENA STALIN**

LATACUNGA, ENERO 2015

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros: ARMAS ARTEAGA EDISON YAROSLAV
 CASTILLO PAZMIÑO JUAN CARLOS

DECLARAMOS QUE:

El presente proyecto denominado “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VEHÍCULO AUTOMOTOR PERSONAL**” ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan el pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Enero del 2015.

Edison Yaroslav Armas Arteaga
C.C.: 1718753336

Juan Carlos Castillo Pazmiño
C.C.: 1717966012

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO

Ing. Torres Guido (director).

Ing. Mena Stalin (codirector).

CERTIFICAN:

Que el trabajo titulado “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VEHÍCULO AUTOMOTOR PERSONAL**” realizado por Edison Yaroslav Armas Arteaga y Juan Carlos Castillo Pazmiño, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatuarías establecidas por la ESPE, en el reglamento de estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que aportará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, si recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a los señores: Edison Yaroslav Armas Arteaga y Juan Carlos Castillo Pazmiño, que lo entreguen al Ing. Juan Castro, en calidad de Director de la Carrera de Ingeniería Automotriz.

Latacunga, Enero del 2015.

Ing. Torres Guido

DIRECTOR

Ing. Mena Stalin

CODIRECTOR

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Nosotros: ARMAS ARTEAGA EDISON YAROSLAV
 CASTILLO PAZMIÑO JUAN CARLOS

Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la institución, del trabajo: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VEHÍCULO AUTOMOTOR PERSONAL”** cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Enero del 2015.

Edison Yaroslav Armas Arteaga
C.C.: 1718753336

Juan Carlos Castillo Pazmiño
C.C.: 1717966012

DEDICATORIA

Dedicado este trabajo para esas personas importantes en mí vida, que siempre estuvieron dispuestas para brindarme todo su apoyo incondicional,

Con todo mi cariño dedico este trabajo a mis padres que son la fuente de energía en mi vida, quienes han inculcado en mí los valores necesarios para ser una persona de bien.

A mi hermana por ser un ejemplo a seguir.

A mi abuelita, que siempre con su cariño me motivo a seguir adelante y que permitió que logre conseguir las metas propuestas.

A mi familia, tíos, tías, primos y primas que me acompañaron a lo largo del camino, siempre estando pendientes de mí, brindándome la fuerza necesaria para continuar y generando momentos de alegría así mismo ayudándome en lo que fuera posible.

A Kim por su apoyo incondicional.

A mis amigos que siempre estuvieron pendientes a lo largo de este proceso, brindado todo su apoyo incondicional

Yaroslav Armas A.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por darme salud, sabiduría y paciencia para encontrar soluciones en mi camino del estudio y no dejarme caer ante el mínimo obstáculo que se me presenta.

A mi Pa, quien con su ejemplo de hombre que trabaja, lucha por sus anhelos y no desmaya ante cualquier adversidad, he conseguido el camino correcto a seguir.

A mi Ma, quien con su cariño, preocupación y trabajo me da un ejemplo que todo es posible realizar, que siempre tiene una sonrisa para mostrar y fuerzas infinitas para trabajar.

A mi Ñatris, quien con su fortaleza y trabajo me ha demostrado que para conseguir cosas grandes se necesita constancia y responsabilidad.

A Papa Carlos y Mamita Chela, quienes con su incondicional apoyo y preocupación supieron darme consejos buenos y con su ejemplo de vida me dieron alegría por seguir consiguiendo metas para alcanzar.

Juan Carlos Castillo Pazmiño

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mis padres quienes con sacrificio y esmero han permitido que yo culmine con los estudios, estuvieron en los días más difíciles de mi vida como estudiante, siempre dando aliento y fuerza para cumplir mis metas.

A mi hermana, primos que son como hermanos y a todos mis tíos; por siempre haberme dado su fuerza y apoyo incondicional, y por demostrar su preocupación hacia mí, me ha ayudado y llevado hasta donde estoy ahora.

A Kim por brindarme su apoyo, cariño y preocupación siempre en todo momento.

Este proyecto es el resultado del esfuerzo conjunto, es por esto que agradezco a nuestros docentes, un agradecimiento especial al Ing. Guido Torres e Ing. Stalin Mena, quienes nos han ayudado con su valioso tiempo poniendo a prueba sus capacidades y conocimientos en el desarrollo de este proyecto.

Por último a mis amigos que siempre han motivado para conseguir esta meta, a mi amigo Juan Carlos, y a la vez compañero de tesis que siempre me apoyo en todo momento, demostrando su esfuerzo, conocimiento y perseverancia para culminar esta etapa.

Yaroslav Armas A.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi padres, quienes con su cariño y amistad, me formaron para ser una persona de bien. Con sus valores, llegar a ser un profesional con éxito.

A mi Ñatris por apoyarme en todo momento y darme consejos para poder seguir hacia delante.

A mis tíos, tías, primos, primas quienes siempre estuvieron pendientes de mi desarrollo como profesional y personal.

A mis amigos y amigas quienes con la convivencia diaria me daban ánimos a seguir adelante y con quienes he vivido una etapa de las mejores en mi vida.

A Yaros por su amistad que existió durante la universidad y para la culminación de nuestro proyecto de grado.

Juan Carlos Castillo Pazmiño

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	i
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	ii
CERTIFICADO	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE GENERAL	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT	xix
Capítulo 1.....	1
Generalidades.....	1
1.1 Área de influencia.....	1
1.2 Antecedentes	1
1.3 Planteamiento del problema.....	2
1.4 Descripción resumida del proyecto	3
1.5 Justificación e importancia	3
1.6 Objetivo general	4
1.7 Objetivos específicos	4
1.8 Metas.....	4
1.9 Hipótesis.....	5
1.10 Variables de la investigación.....	5
1.10.1 Variable independiente	5
1.10.2 Variable dependiente	5
Capítulo 2.....	6
Marco teórico	6
2.1 Introducción General	6
2.2 Introducción vehículos monoplazas	6
2.3 Historia.	7
2.4 Generalización y especificaciones del vehículo automotor personal.	11
2.5 Sistema de suspensión	11
2.5.1 Finalidad del sistema de suspensión	11

2.5.2 Elementos de la suspensión	12
a. Muelles helicoidales.....	12
b. Barras estabilizadoras	13
c. Amortiguadores.....	14
2.5.3 Tipos de suspensión	14
a. Suspensión rígida	14
b. Suspensión de eje rígido	15
B.1. Tipo resorte de láminas paralelas.	16
B.2. Tipo brazo guía y brazo de arrastre con barra lateral.	16
B.3. Tipo brazo de arrastre con vigueta de torsión.....	17
B.4. Tipo de 4 articulaciones.....	17
c. Suspensión independiente.....	18
c.1. Tipo tirante McPherson.....	19
c.2. Tipo doble horquilla.	19
2.6 Maniobrabilidad	20
2.7 Centro de gravedad.....	20
2.8 Ángulos de las ruedas.....	21
2.8.1 Ángulo de convergencia (toe-in)	21
2.8.2 Ángulo de divergencia (toe-out).....	22
2.8.3 Ángulo de incidencia (caster).....	23
2.8.4 Ángulo de inclinación (camber).....	24
2.9 Ángulo de inclinación de la mangueta.....	24
2.10 Centro instantáneo de rotación	25
2.11 Centro de balanceo	26
2.12 Bastidor	26
2.12.1 Función	26
2.12.2 Tipos	27
a. Bastidor independiente	27
b. Estructura tubular.....	27
2.13 Carrocería	28
2.13.1 Función	28
2.13.2 Tipos	28
a. Chasis con carrocería separada.....	28
b. Carrocería monocasco o carrocería autoportante	29
2.14 Materiales de fabricación	30
Capítulo 3.....	31
Diseño y selección de elementos mecánicos.	31
3.1 Parámetros generales de diseño	31

3.2 Diseño de la suspensión.	32
3.2.1 Transferencia de masas.....	32
3.2.2 Transferencia de masa en aceleración:	33
3.2.3 Transferencia de masa durante una frenada brusca.	35
3.2.4 Análisis en la mesa de suspensión frontal superior.	37
3.2.5 Análisis en la mesa de suspensión frontal inferior.	39
3.3 Diseño del Bastidor.	41
3.3.1 Impacto frontal.	42
3.3.2 Impacto lateral.....	45
3.4 DISEÑO DEL EJE DE TRANSMISIÓN	47
3.4.1 Análisis en el eje de transmisión posterior.....	51
3.4.2 Análisis en el eje de transmisión delantero	54
3.5 Diseño de la dirección.	57
3.6 Diseño de la carrocería.	60
Capítulo 4.....	66
construcción, montaje y acabados automotrices.....	66
4.1 Construcción bastidor.....	66
4.2 Construcción de la suspensión.	70
4.2.1 Construcción mesa superior	70
4.2.2 Construcción de la mesa inferior.....	70
4.2.3 CONSTRUCCIÓN de la Suspensión trasera	73
4.3 Construcción transmisión	76
4.4 Montaje de la suspensión delantera.....	79
4.5 Montaje de la suspensión trasera	80
4.6 Montaje de la transmisión	81
4.7 Montaje del sistema de frenos	82
4.8 Montaje del sistema de dirección.	84
4.9 Construcción de la carrocería.	88
4.10 costos de CONSTRUCCIÓN del VEHÍCULO automotor personal	98
Capítulo 5.....	100
Pruebas y funcionamiento.	100
5.1 Ficha técnica del vehículo automotor personal.	100
5.2 Pruebas de funcionamiento.....	101
5.2.1 Prueba de velocidad.	101
5.2.2 Prueba de frenado.	102
5.2.3 Pruebas de estabilidad.....	103
5.2.4 Prueba de autonomía.....	103

Capítulo 6.....	104
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	104
6.1 Conclusiones:.....	104
6.2 Recomendaciones:.....	105
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106
ANEXOS.....	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1. Factor de servicio	48
Tabla 3-2. Coeficiente de resistencia a la rodadura	50
Tabla 3-3. Resultado del análisis computacional.	61
Tabla 3-4. Coeficientes típicos de sustentación y arrastre para varias configuraciones.....	63
Tabla 4-1. Características del tubo redondo “AISI 1020”	66
Tabla 4-2. Diagrama de proceso de construcción del bastidor tubular.	69
Tabla 4-3. Diagrama de proceso de construcción del sistema de suspensión.....	72
Tabla 4-4. Características del tubo rectangular norma ASTM A-500.	73
Tabla 4-5. Diagrama de proceso de construcción del sistema de suspensión trasera.....	75
Tabla 4-6. Composición eje de transmisión AISI 4340	76
Tabla 4-7. Propiedades mecánicas eje de transmisión AISI 4340.	76
Tabla 4-8. Diagrama de proceso de construcción del sistema de transmisión.....	78
Tabla 4-9. Diagrama de proceso de construcción del sistema de frenos.....	83
Tabla 4-10. Diagrama de proceso de construcción del sistema de dirección.	87
Tabla 4-11. Dosificación adecuada del acelerante.....	90
Tabla 4-12. Cantidad de catalizador respecto a temperatura ambiente.....	90
Tabla 4-13. Costos de fabricación del vehículo automotor personal.....	98
Tabla 5-1. Ficha técnica del vehículo automotor personal.	100
Tabla 5-2. Prueba de velocidad	101
Tabla 5-3. Prueba de frenado	102
Tabla 5-4. Prueba de maniobrabilidad.....	103
Tabla 5-5. Prueba de autonomía	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1. 125F1 primer vehículo de competición de Ferrari.....	7
Figura 2-2. Primer Micro-Vehículo del año 1955	8
Figura 2-3. Peugeot VLV 1942	9
Figura 2-4. BMW Isetta 250 Bubble Window.....	9
Figura 2-5. Peel P 50	10
Figura 2-6. Especificaciones del vehículo automotor.	11
Figura 2-7. Muelles helicoidales	13
Figura 2-8. Barras estabilizadoras	13
Figura 2-9. Amortiguador	14
Figura 2-10. Suspensión rígida.....	15
Figura 2-11. Suspensión delantera.....	16
Figura 2-12. Suspensión trasera.....	17
Figura 2-13. Tipo brazo de arrastre con vigueta de torsión.....	17
Figura 2-14. Tipo de 4 articulaciones.....	18
Figura 2-15. Tipo tirante McPherson.	19
Figura 2-16. Tipo doble horquilla.	20
Figura 2-17. Centro de gravedad.....	21
Figura 2-18. Ángulo de convergencia (toe-in)	22
Figura 2-19. Angulo de divergencia	23
Figura 2-20. Ángulo de incidencia (caster)	23
Figura 2-21 Ángulo de inclinación (camber)	24
Figura 2-22. Ángulo de inclinación de la mangueta.....	25
Figura 2-23. Centro instantáneo de rotación CIR	25
Figura 2-24. Centro de balanceo	26
Figura 2-25. Bastidor independiente.....	27
Figura 2-26. Estructura tubular	28
Figura 2-27. Chasis con carrocería separada	29
Figura 2-28. Carrocería monocasco o carrocería autoportante.....	29
Figura 3-1: Altura del centro de gravedad del vehículo.	32
Figura 3-2: Tensiones de la mesa de suspensión frontal superior.	37
Figura 3-3: Desplazamiento de la mesa de suspensión frontal superior.	38

Figura 3-4: Factor de seguridad de la mesa de suspensión frontal superior.....	38
Figura 3-5: Tensiones de la mesa de suspensión frontal inferior.	39
Figura 3-6: Desplazamiento de la mesa de suspensión frontal inferior.	40
Figura 3-7: Factor de seguridad de la mesa de suspensión frontal inferior..	40
Figura 3-8: Estructura tubular del vehículo automotor personal.	41
Figura 3-9. Análisis estructural del bastidor, fuerza frontal.....	43
Figura 3-10. Desplazamiento del bastidor con fuerza frontal.	44
Figura 3-11: Factor de seguridad del bastidor con una fuerza frontal.	44
Figura 3-12: Análisis estructural del bastidor, fuerza lateral.....	45
Figura 3-13: Desplazamiento del bastidor con fuerza lateral.	46
Figura 3-14: Factor de seguridad del bastidor con una fuerza lateral.	46
Figura 3-15. Momento aplicado a la catalina.....	51
Figura 3-16. Momento aplicado al disco de freno.....	52
Figura 3-17. Mallado del eje posterior.....	52
Figura 3-18. Tensiones en el eje de transmisión posterior.....	53
Figura 3-19. Desplazamiento en el eje de transmisión posterior.....	53
Figura 3-20 Factor de seguridad en el eje de transmisión delantero.....	54
Figura 3-21. Mallado del eje delantero.....	54
Figura 3-22. Momento aplicado en la catalina.....	55
Figura 3-23. Tensiones en el eje de transmisión delantero.....	55
Figura 3-24.Desplazamiento estático en el eje delantero.....	55
Figura 3-25. Factor de seguridad en el eje de transmisión delantero.....	56
Figura 3-26. Geometría de la dirección.	57
Figura 3-27. Radio de curvatura teórico.	58
Figura 3-28. Vista 3D sistema de dirección.....	59
Figura 3-29. Alerón de un avión.....	60
Figura 3-30. Vista lateral de la distribución de la presión sobre el vehículo. 64	
Figura 3-31. Vista lateral de la distribución de velocidad de aire.	64
Figura 3-32. Flujo de aire a través del vehículo.....	64
Figura 4-1. Vista superior de la estructura base del bastidor.	67
Figura 4-2. Proceso de soldadura del bastidor.....	67
Figura 4-3 Dimensionamiento del bastidor con un ocupante.	68

Figura 4-4. Mesa superior.....	70
Figura 4-5. Mesa inferior.....	71
Figura 4-6. Dimensiones del perfil	73
Figura 4-7. Basculante posterior.....	74
Figura 4-8 Ubicación del eje delantero de transmisión.....	77
Figura 4-9. Eje de transmisión trasero.....	77
Figura 4-10 Sistema de suspensión delantera.	79
Figura 4-11 Anclaje del basculante con el bastidor.	80
Figura 4-12 Amortiguador trasero.....	80
Figura 4-13. Segundo eje de transmisión, acoplado a la rueda	81
Figura 4-14. Eje delantero de transmisión.....	81
Figura 4-15. Freno posterior.	82
Figura 4-16. Cajetín de dirección.....	84
Figura 4-17. Columna de dirección.....	85
Figura 4-18. Soporte del volante del vehículo	85
Figura 4-19. Volante desmontable.....	86
Figura 4-20. Sistema de dirección	86
Figura 4-21. Vista frontal del vehículo	88
Figura 4-22. Vista lateral del vehículo	88
Figura 4-23. Diseño del vehículo con cartón	89
Figura 4-24. Diseño del vehículo en cartón, vista frontal.....	89
Figura 4-25. Refuerzo de fibra de vidrio	91
Figura 4-26. Colocación de fibra de vidrio	91
Figura 4-27. Secado de la fibra de vidrio.....	92
Figura 4-28. Endurecimiento de la fibra de vidrio, vista frontal.....	92
Figura 4-29. Pulido de la carrocería de fibra de vidrio	93
Figura 4-30. Masillado de la carrocería de fibra de vidrio.....	93
Figura 4-31. Vista posterior carrocería.	94
Figura 4-32. Fondo en la carrocería de fibra de vidrio.....	94
Figura 4-33. Vista frontal carrocería	95
Figura 4-34. Carrocería de fibra de vidrio pintada al horno	95
Figura 4-35. Vehículo automotor personal, vista lateral izquierda.....	96
Figura 4-36. Vehículo automotor personal	96

Figura 5-1. Distancia vs Tiempo	101
Figura 5-2. Distancia de frenado vs tiempo de frenado	102

RESUMEN

El proyecto consiste en diseñar y construir un vehículo automotor personal para calle, que tenga gran agilidad y que cumpla con las características y normas de funcionamiento como es seguridad, confort. El diseño y análisis del vehículo automotor personal se realizó mediante el software SolidWorks 2014, el cual permite verificar que los diferentes elementos mecánicos cumplan con un adecuado factor de seguridad, permitiendo y asegurando así el correcto funcionamiento del vehículo. El vehículo automotor personal está conformado por un bastidor tubular con sus respectivas triangulaciones, recubierto por planchas de tol negro de 1/32", un sistema de suspensión que garantiza el correcto desempeño del vehículo en ciudad, una llanta trasera de tracción y dos llantas delanteras que permiten direccionar al vehículo, carrocería elaborada en fibra de vidrio, un motor de combustión interna de 200 cc refrigerado por aire, un parabrisas elaborado en material acrílico de 3mm de espesor, un sistema de dirección modificado del vehículo Suzuki Forsa 1, y un sistema de transmisión por cadena.

Palabras clave: vehículo, automotor, diseño, construcción.

ABSTRACT

The project's aim is design and build a personal automobile for street which has great agility and meets the characteristics and performance standards such as safety, comfort. The design and analysis of the personal motor vehicle was performed by using SolidWorks 2014 software, which allows to verify that the different mechanical elements comply with appropriate safety factor, enabling and ensuring the proper operation of the vehicle. The personal motor vehicle consists of a tubular frame with their triangulations, coated with black tol plates of 1/32", a suspension system that ensures the proper performance of the vehicle in town, a rear wheel drive and two front tires that allows to drive the vehicle, the body is made of fiberglass, one internal combustion engine of 200 cc air-cooled a windshield made by acrylic material of 3mm thick, a modified steering system of Suzuki Forsa 1, and a chain drive system.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1 ÁREA DE INFLUENCIA

El desarrollo de éste proyecto tendrá impacto en el área de diseño, sistemas y estructuras automotrices con la finalidad de diseñar y construir un vehículo automotor personal, capaz de movilizarse con las medidas ideales de seguridad.

Se ve influenciado por la necesidad de minimizar espacios, recursos en las ciudades con alto índice demográfico y tránsito vehicular, naciente de la idea de que los vehículos actuales son subutilizados.

El presente proyecto está orientado para colaborar en la facilidad del transporte urbano, evitando congestionamiento vehicular, reducción de índices de contaminación y estacionamientos.

Constituye un aporte significativo para el área de futuros sistemas automotrices con el fin de asimilar las nuevas tecnologías y ponerlas al servicio de la sociedad.

1.2 ANTECEDENTES

Los constantes avances tecnológicos y las nuevas tendencias futuristas de muchos de los fabricantes de vehículos ha sido la base fundamental sobre el diseño y construcción de vehículos amigables con el medio ambiente, la tendencia de utilizar nanotecnología y proporcionar movilidad y transporte personal en el tráfico denso existente en ciudades con alto índice demográfico.

Para los ciudadanos de las grandes ciudades, la utilización de máquinas pequeñas y seguras es una necesidad imperante, además de generar una movilidad segura y económica.

Las tendencias mundiales de las economías desarrolladas mundiales en la construcción de automotores, es la reducción de materiales en carrocerías y bajo consumo de combustibles de origen fósil, que generan contaminación.

En base a lo expuesto entendemos que la construcción de máquinas de movilidad y transporte de combustión interna con mínimo consumo o eléctricas será la proyección en el ámbito de las tecnologías automotrices.

Las Universidades en todos los países, con su desarrollo y trabajo permanente en ciencia y tecnología, son las encargadas de generar soluciones para su comunidad, como es el caso de la movilidad segura y a bajo costo para sus conciudadanos.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Es verdaderamente aceptable que las empresas constructoras de automóviles han visto la necesidad de implementar en los vehículos un mayor confort a la hora de manejar, pero paralelamente se proyectan a la construcción de los vehículos unipersonales en las grandes metrópolis, para solucionar el gran problema de tráfico en la transportación, es por ellos que se encuentran empeñados en desarrollar mecanismos cada vez más útiles y con el menor tamaño posible.

Los sistemas de un vehículo cumple un papel fundamental en la conducción de los autos y estos satisfacer la forma que el conductor necesita, ya que estos requieren interactuar entre el conductor y el automotor tanto en su forma de uso como también dando sus correctos mantenimientos a cada uno de los sistemas del vehículo para así alargar la vida del motor y poder estar seguro a la hora de conducir el vehículo.

Es en base a este problema, la necesidad de construir un vehículo con sistemas mecánicos, carrocería y motor de combustión interna, para un segmento de la población sin grandes recursos económicos y que necesitan de movilidad y transporte diario para satisfacer sus objetivos de trabajo.

1.4 DESCRIPCIÓN RESUMIDA DEL PROYECTO

Un vehículo automotor personal monoplaza, equipado con un motor de combustión interna, con dos neumáticos delanteros y uno de tracción posterior, sistemas de suspensión, dirección, y frenos.

En el proyecto investigativo, se diseñará y construirá el bastidor de tipo tubular, y la carrocería en fibra de vidrio que permita absorber energía en caso de un impacto. También se diseñará y construirá el sistema de suspensión para el vehículo automotor personal.

El bastidor será el encargado de soportar el resto de sistemas del vehículo como es, frenos, dirección, transmisión.

Se realizara las pruebas de funcionamiento de los elementos diseñados, contruidos y ensamblados, para un correcto desempeño.

1.5 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El desarrollo de este tema aportara como fuente de información para futuros proyectos de investigación en el área de diseño automotriz y análisis computacional que se efectúen dentro de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.

Por la necesidad de movilidad y transportación en grandes ciudades, con alto índice de vehículos en circulación que demandan pérdidas de tiempo el mismo que es inexorable e irrecuperable, influyendo desde luego en la economía de sus habitantes. Por tal motivo iniciamos un reto de construcción automotriz, se diseñara un vehículo automotor personal que cubra las expectativas de las personas que cuentan con recursos limitados.

Se incorporará elementos mecánicos factibles para el funcionamiento óptimo del vehículo.

La construcción de los sistemas mecánicos, carrocería, se basa en conocimientos, habilidades, capacidades, destrezas y aptitudes, vinculadas a nuestra competencia profesional. Para ello se aplicará conocimientos adquiridos en el área de diseño de elementos, mantenimiento mecánico automotriz, reparación de motores, estructuras y acabados automotrices, motores gasolina, entre otras.

La construcción de él vehículo automotor personal tiene como intención reducir espacios dentro de las ciudades, así como contribuir con el medio ambiente y facilitar el transporte urbano.

1.6 OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir un vehículo automotor personal

1.7 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar y construir el sistema de suspensión del vehículo automotor personal
- Diseñar y construir el bastidor y carrocería del vehículo.

1.8 METAS

- Diseño del bastidor del vehículo automotor personal en un lapso de 4 semanas.
- Diseño del sistema de suspensión del vehículo en 5 semanas.
- Construcción del bastidor del vehículo automotor personal en un lapso de 5 semanas.
- Construcción de la carrocería del vehículo automotor personal en un lapso de 10 semanas.

- Ensamble de los sistemas del vehículo automotor personal en 4 semanas.
- Pruebas de desempeño del vehículo en general.

1.9 HIPÓTESIS

¿El diseño y la construcción del vehículo automotor personal permitirán el transporte de un segmento importante de la población, reduciendo índices de contaminación ambiental, ahorro de tiempo y recursos económico?

1.10 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.

1.10.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Diseño y construcción del bastidor, carrocería y sistema de suspensión de un vehículo automotor personal, para mejorar movilidad dentro de ciudades.

1.10.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Confort, bajos índices de contaminación de vehículos automotores, maniobrabilidad del vehículo personal.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 INTRODUCCIÓN GENERAL

En la actualidad los seres humanos estamos empeñados en buscar comodidades para vivir en un ambiente confortable, una de estas es la movilidad, con la que nos trasladamos de un lugar a otro, por lo que se desea innovar soluciones simples, accesibles y viables.

Esta solución va enfocada al diseño y construcción de un vehículo monoplaza para ciudad, la solución que daremos es; se reducirá considerablemente la utilización del espacio físico en la ciudad, optimizando el tiempo de traslado, reduciendo las emisiones tóxicas que expulsa un motor a combustión; por otra parte el vehículo en ningún momento va a ser subutilizado.

Para el diseño y construcción del vehículo automotor personal nos planteamos en estudiar los diferentes aspectos que pueden ayudar a mejorar un estilo de vida confortable y que permita una conducción adecuada.

2.2 INTRODUCCIÓN VEHÍCULOS MONOPLAZAS

Son vehículos con capacidad para una sola persona, construidos para diferentes actividades deportivas como karting, Auto-Cross, vehículos de alta performance como los Formula 1, Formula E, WTCC, entre otras.

En la actualidad las industrias automotrices se ven obligadas a fabricar vehículos automotores con índices menores de consumo de energía, amigables con el medio ambiente y ergonómicos para el consumidor, por lo que casas automotrices como “Toyota Motor Corporation”, “Honda”,

“Peugeot” entre otras son empresas pioneras en innovación y construcción de prototipos de vehículos personales.

2.3 HISTORIA.

Los vehículos autopropulsados ya sean con motor a vapor, motor a gasolina o eléctricos fueron creados entre los años 1770 - 1840, en esta época no se veía a los automóviles como unos objetos útiles para la sociedad. A comienzos de 1889 “Peugeot” la marca francesa comienza a dar sus primeros pasos para la construcción de vehículos comerciales, pero es Henry Ford quien funda la compañía “Ford Motor Company” en el año de 1903, quien revoluciona la fabricación de vehículos en masa.

Los vehículos monoplazas existen desde la década de los 40, pero se establece oficialmente y se fabrica un vehículo en el año de 1948 luego de la Segunda Guerra Mundial, este fue construido por “Ferrari”, para competir en la Formula 1 que se realizó en el circuito de Silverstone - Inglaterra.



Figura 2-1. 125F1 primer vehículo de competición de Ferrari.

Fuente. (Anónimo)

A comienzos de 1955, luego de 10 años de la reconstrucción de las ciudades desbastadas por la segunda guerra mundial, algunos ingenieros ya fuera de la industria de la aviación ponen sus mentes en los problemas de la

movilización de la población en condiciones adversas, por lo que construyen Micro-Vehículos.

Uno de los primeros Micro-Vehículos que se vio nacer es el “Messerchmitt KR-201”



Figura 2-2. Primer Micro-Vehículo del año 1955

Fuente. (The Bruce Weiner, 2002)

Este vehículo fue construido por RSM, solo salió por un año, ya que desde 1957 se volvieron a permitir la construcción de aviones.

La existencia de los Micro-Vehículos fue muy importante para el continente europeo ya que durante una década ayudo a sobresalir a los habitantes de la Segunda Guerra Mundial.

Peugeot VLV. 1942



Figura 2-3. Peugeot VLV 1942

Fuente. (The Bruce Weiner, 2002)

Vehículo fabricado en 1942, capacidad para dos personas, vehículo eléctrico que funciona con cuatro baterías de 12 voltios, tres neumáticos, velocidad máxima 30 Kph.

BMW Isetta 250 Bubble Window.



Figura 2-4. BMW Isetta 250 Bubble Window.

Fuente. (The Bruce Weiner, 2002)

Vehículo creado por BMW en el año de 1956 que posee tres ruedas dos delanteras y una trasera, la puerta se abre frontalmente y capacidad para

una persona, con motor de 249 cc, mono cilíndrico, velocidad máxima 84Km/h.

Peel P50.



Figura 2-5. Peel P 50

Fuente. (The Bruce Weiner, 2002)

La compañía que construyó estos vehículos en el año de 1964 “Isle of Man”, localizada entre Inglaterra e Irlanda. Este vehículo fue evaluado para ser construido con las menores dimensiones posibles para ser un vehículo.

Es para un ocupante, motor de 49 cc, mono cilíndrico, 4.5 Hp, velocidad máxima 75 Km/h.

2.4 GENERALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES DEL VEHÍCULO AUTOMOTOR PERSONAL.

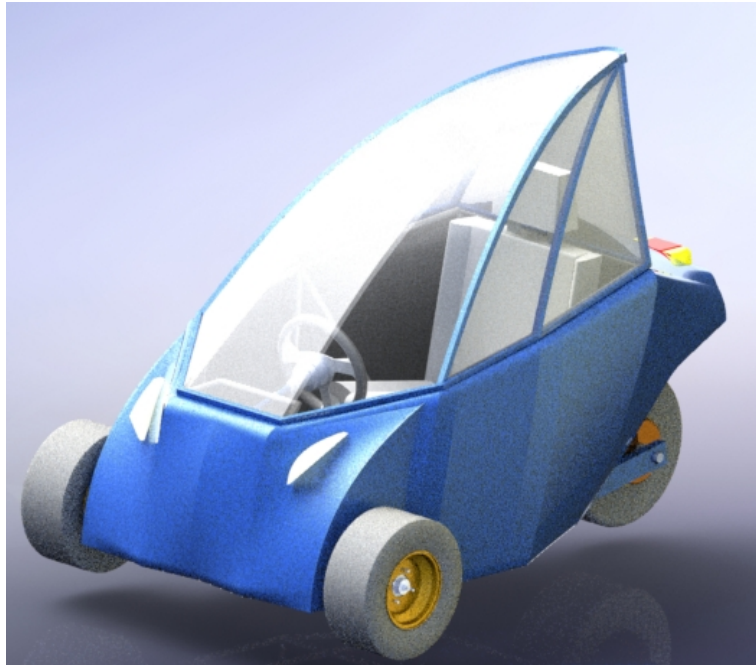


Figura 2-6. Especificaciones del vehículo automotor.

Fuente. Grupo Investigador.

El vehículo automotor personal tendrá un bastidor tubular con una especificación AISI 1020, con un ancho de vía de 1190 milímetros y una distancia entre ejes de 1540 milímetros, una carrocería en fibra de vidrio con cubierta transparente de material acrílico, un motor de 200 cc con 4 cambios de marchas hacia adelante y reversa. Dos ruedas directrices delanteras, las dimensiones son 180/80 R8 y una rueda trasera de tracción, cuya dimensión es 225/55 R8.

2.5 SISTEMA DE SUSPENSIÓN

2.5.1 FINALIDAD DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN

El sistema de suspensión de un automóvil tiene la misión de hacer más cómoda la marcha del mismo para los pasajeros y contribuir en todo

momento a la mayor estabilidad del vehículo. Para cumplir estos objetivos deberá tener dos cualidades importantes: elasticidad, que evita que las desigualdades del terreno se transmitan al vehículo en forma de golpes secos, y amortiguación, que impide un balanceo excesivo.

Los componentes del sistema de suspensión se componen de los neumáticos, las ballestas o muelles y los amortiguadores, la funcionalidad de estos componentes se ve representado por la capacidad que los neumáticos absorben las desigualdades pequeñas del terreno, evitando que se transmitan vibraciones a la carrocería; las ballestas o muelles absorben las desigualdades grandes del terreno y en cambio, el paso del vehículo se traduce en una oscilación; los amortiguadores frenan las oscilaciones de las ballestas o muelles producidas por las grandes desigualdades del terreno. (Alonso, 2008)

2.5.2 ELEMENTOS DE LA SUSPENSIÓN

A. MUELLES HELICOIDALES

Su función es absorber y almacenar la energía que se produce al momento de la compresión del muelle debido a algún obstáculo en el terreno o irregularidades. La energía que absorbe el muelle se libera al extenderse; los muelles son sometidos a fuerzas de tensión y compresión.

Las principales ventajas de los muelles helicoidales es que permite una elasticidad blanda con un gran recorrido del resorte, posee un rozamiento mínimo, no ocupar mucho espacio y tiene poco peso.

Las principales características con las que tienen que cumplir los muelles es, poseer una resistencia máxima elevada, tiene que tener un alto punto de fluencia, y un bajo módulo de elasticidad, lo cual permitiría absorber la mayor cantidad de energía.



Figura 2-7. Muelles helicoidales

Fuente. (Tiendacibex, 2014)

B. BARRAS ESTABILIZADORAS

La barra estabilizadora está construida de metal o de fibra de carbono con resina, trabaja a torsión y colocadas en las suspensiones de ambos lados del vehículo se oponen al balanceo del mismo. Permiten reducir la inclinación y el balanceo del automóvil cuando se toma una curva, lo cual mejora la adherencia, mejora el arco de giro en una curva y disminuye la probabilidad de despistarse de la trayectoria.



Figura 2-8. Barras estabilizadoras

Fuente. (AutoHispania, 2014)

C. AMORTIGUADORES

La función de los amortiguadores es controlar y atenuar los movimientos oscilatorios de la suspensión y del chasis los cuales son generados por la compresión y expansión de los muelles helicoidales debido a obstáculos e irregularidades en la vía.

Los amortiguadores permiten la correcta estabilidad del vehículo, de igual manera permiten el adecuado contacto de los neumáticos con el asfalto, el fácil control del vehículo, el confort de los ocupantes y un correcto frenado, ya que si estuvieran desgastados aumentarían la distancia de frenado del automóvil.

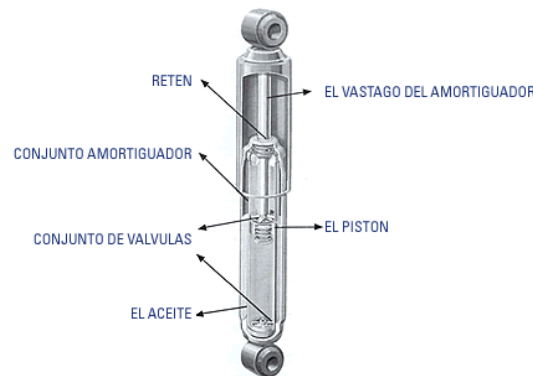


Figura 2-9. Amortiguador

Fuente. (Mecanica Automotriz, 2014)

En los automóviles se utilizan amortiguadores telescópicos, que emplearon como medio un líquido especial denominado líquido de amortiguadores. En este tipo de amortiguadores, se genera una fuerza de amortiguamiento causada por el líquido al ser forzado por un orificio.

2.5.3 TIPOS DE SUSPENSIÓN

A. SUSPENSIÓN RÍGIDA

En el inicio las suspensiones estaban constituidas por un eje rígido, el cual tenía colocados los neumáticos en los extremos, cuando existía un

movimiento o vibraciones en alguna de las ruedas afectaba directamente al movimiento de la otra rueda situada en el mismo eje.

Las ventajas de este tipo de suspensión es el reducido número de piezas, alta resistencia, sencillez de diseño, construcción simple y económica, no producen variaciones importantes en los parámetros de la rueda como camber y caster.

La desventaja de la suspensión rígida es la falta de ergonomía en los pasajeros y una menor seguridad.

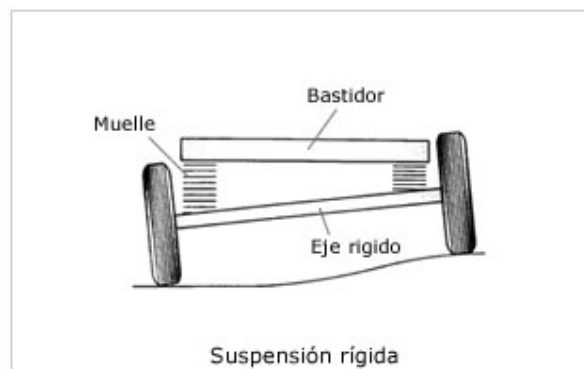


Figura 2-10. Suspensión rígida

Fuente. (Aficionados a la mecánica, 2014)

B. SUSPENSIÓN DE EJE RÍGIDO

“Una suspensión de eje rígido tiene las siguientes características.

- El número de piezas que componen la suspensión es reducido y la construcción es simple.
- Es lo suficientemente duradera para su aplicación para vehículos de gran rendimiento.
- Al tomar curvas hay poca inclinación de la carrocería.” (TOYOTA, 1990)

B.1. TIPO RESORTE DE LÁMINAS PARALELAS.

Este tipo de suspensión es usada en la suspensión trasera de vehículos comerciales, así como también en la suspensión delantera de camiones, buses, entre otros.

Debido a la fricción que existe entre las láminas paralelas se reduce la comodidad de los ocupantes, es difícil emplear un resorte muy blando ya que puede provocar la ruptura de las láminas paralelas y además disminuir la amortiguación del vehículo.

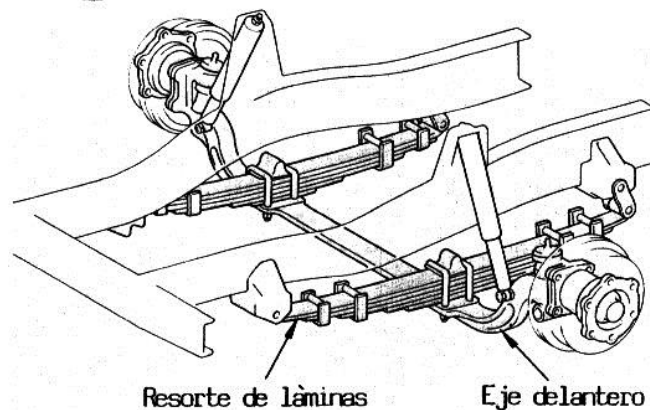


Figura 2-11. Suspensión delantera

Fuente. (TOYOTA, 1990)

B.2. TIPO BRAZO GUÍA Y BRAZO DE ARRASTRE CON BARRA LATERAL.

En este tipo de suspensión la comodidad de marcha es buena. Debido a que la rigidez del brazo de arrastre es alta es difícil que ocurra enroscamiento del mismo. Es muy utilizada en las suspensiones delanteras y traseras de los vehículos.

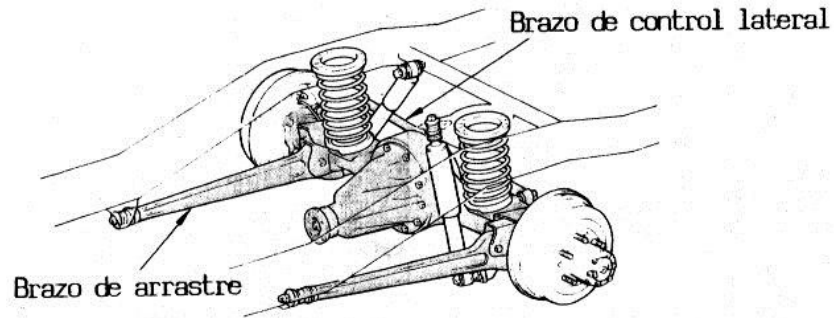


Figura 2-12. Suspensión trasera

Fuente. (TOYOTA, 1990)

B.3. TIPO BRAZO DE ARRASTRE CON VIGUETA DE TORSIÓN.

Este tipo de suspensión es simple y compacta, se utiliza para la suspensión posterior de los vehículos con el motor transversalmente y de tracción delantera.

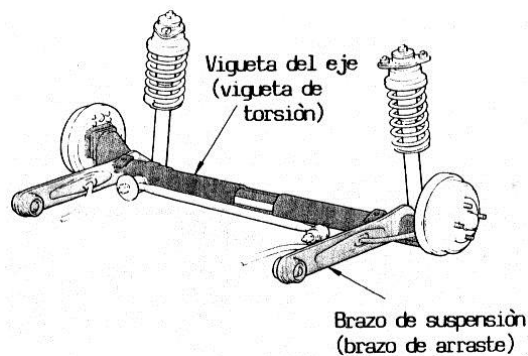


Figura 2-13. Tipo brazo de arrastre con viga de torsión.

Fuente. (TOYOTA, 1990)

B.4. TIPO DE 4 ARTICULACIONES

Este tipo de suspensión se utiliza en la parte posterior del vehículo, las articulaciones se sitúan hacia delante del eje, por lo que permite el aumento del espacio del portaequipajes.

Debido a las articulaciones de este tipo de suspensión se evita las cabeceadas delanteras durante el frenado y el asentamiento trasero durante las aceleradas del vehículo. Se puede utilizar resortes espirales blandos para lograr el mayor confort en los ocupantes del vehículo.

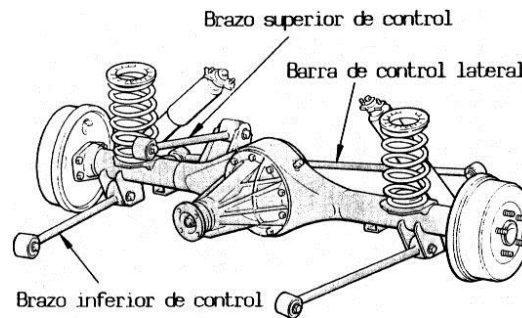


Figura 2-14. Tipo de 4 articulaciones

Fuente. (TOYOTA, 1990)

C. SUSPENSIÓN INDEPENDIENTE

En la actualidad este tipo de suspensión es la más utilizada debido a que brinda mayor confort y estabilidad, ya que permite reducir las vibraciones en cada rueda y no se transmiten de una rueda a otra que está situada en el mismo eje.

En las suspensiones independientes el diseño y la construcción son más complejas, se pueden utilizar resortes más blandos para mayor confort de los ocupantes.

Puesto que no hay ningún eje que conecte las dos ruedas, el compartimiento para pasajeros y del portaequipajes puede hacerse más grandes.

Tipos de suspensión independiente:

C.1. TIPO TIRANTE MCPHERSON.

Este es el sistema de suspensión independiente más difundida actualmente para la suspensión delantera de vehículos pequeños y medianos, fue inventada por el ingeniero norteamericano Earl S. McPherson en el año de 1951.

Está constituida por un brazo transversal inferior y un grupo muelle amortiguador concéntrico que en su parte inferior se vincula rígidamente al porta punta de ejes. Por arriba, amortiguador y muelle se vinculan a una torre que forma parte del monocasco del vehículo.

Es un amortiguador con resorte integrado que produce flexión independiente en cada una de las ruedas. Este tipo de suspensión requiere un número reducido de piezas, motivo por el cual es liviano; permite aumentar el espacio del compartimiento para el motor.

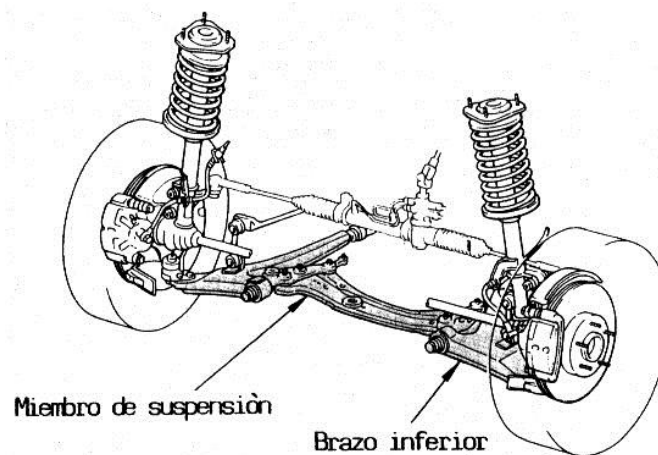


Figura 2-15. Tipo tirante McPherson.

Fuente. (TOYOTA, 1990)

C.2. TIPO DOBLE HORQUILLA.

Es usado generalmente para la suspensión delantera de camiones pequeños. Las longitudes, posiciones y ángulo de los brazos, controlan la trayectoria del vehículo cuando toma una curva o pasa por una sinuosidad del camino.

Los brazos están hechos de modo que no son paralelos ni de la misma longitud, lo que mejora la toma de curvas y hacen que las ruedas se inclinen hacia adentro un poco al pasar sobre baches.

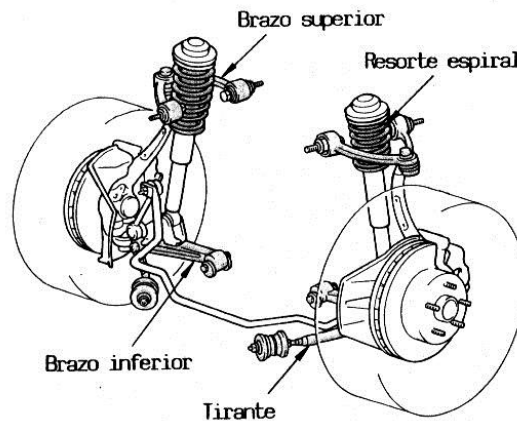


Figura 2-16. Tipo doble horquilla.

Fuente. (TOYOTA, 1990)

2.6 MANIOBRABILIDAD

La maniobrabilidad de un vehículo es la sensibilidad de los mandos al piloto en todas las posibles condiciones de marcha, la mejor maniobrabilidad se obtiene de la combinación de un momento de inercia pequeño respecto al centro de gravedad y una batalla muy grande.

En la maniobrabilidad de un vehículo también influye las suspensiones demasiado blandas, que tienen una gran amplitud de oscilaciones, provocando cierto retraso entre la maniobra del piloto y la reacción del vehículo, esto ocurre tanto en los frenados como en las aceleraciones y al afrontar las curvas.

2.7 CENTRO DE GRAVEDAD

El centro de gravedad de un automóvil es el punto de aplicación de la resultante de todas las fuerzas y pesos de los elementos que conforman al

vehículo, es aquel punto en el que se podría suspender al vehículo y se mantendría en equilibrio.

El auto ideal sería aquel donde el centro de gravedad estuviera en el centro del automóvil, esto agregado con una buena suspensión nos daría un vehículo muy neutral y fácil de maniobrar a altas velocidades. Cuanto más alto este el centro de gravedad, más fácil será que se vuelque el vehículo; mientras más bajo se encuentre el centro de gravedad el vehículo se vuelve más estable.

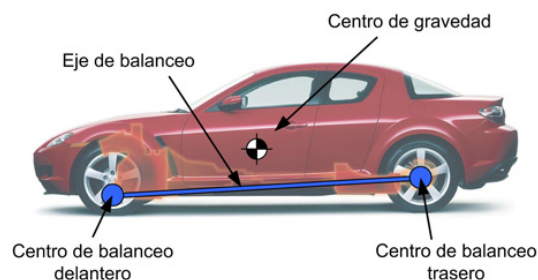


Figura 2-17. Centro de gravedad

Fuente. (km77.com, 2014)

2.8 ÁNGULOS DE LAS RUEDAS

Las ruedas en los vehículos no se encuentran completamente verticales ni paralelas al eje longitudinal del automóvil. Las ruedas de la dirección no giran alrededor de un eje vertical, sino que giran en torno a un eje inclinado. Los ángulos que las ruedas y los ejes de las manguetas forman con los planos horizontales y verticales sirven para tener las mejores condiciones de conducción, esto es, para evitar arrastres y desgastes anormales en los neumáticos, para mejorar la estabilidad, para obtener un esfuerzo suave y progresivo en la dirección y para facilitar el retorno de la misma después de una curva.

2.8.1 ÁNGULO DE CONVERGENCIA (TOE-IN)

La convergencia es la diferencia que hay en la distancia medida entre las ruedas delanteras de un automóvil, al frente, y la misma distancia medida en

la parte posterior de las ruedas, dando como resultado que los bordes delanteros de las llantas se encuentran más cerca entre sí que los bordes traseros. La convergencia es una medida lineal. Las especificaciones de la convergencia se expresan en fracciones de pulgada y, a veces en milímetros.

Se necesita la convergencia cuando un automóvil está en reposo para que las ruedas delanteras sean paralelas cuando el auto está en movimiento.



Figura 2-18. Ángulo de convergencia (toe-in)

Fuente. (Discount Tire Direct, 2014)

2.8.2 ANGULO DE DIVERGENCIA (TOE-OUT)

La divergencia de cada rueda se define como el ángulo que forma el plano de la rueda con el eje longitudinal del vehículo. Esto quiere decir que los bordes traseros de las llantas, se encuentran más cerca entre sí que los bordes delanteros.

Se utiliza la divergencia en vehículos de tracción delantera con el fin de disminuir la tendencia a converger de los neumáticos cuando se transita a altas velocidades, es necesaria la divergencia para que los automóviles giren con facilidad, ya que permiten que la rueda interna a la curva vire más que la externa y así evitar el arrastre del neumático.



Figura 2-19. Angulo de divergencia
Fuente. (Discount Tire Direct, 2014)

2.8.3 ÁNGULO DE INCIDENCIA (CASTER)

“El caster es la inclinación de la línea de centros del eje de la dirección hacia adelante o hacia atrás. Al igual que el camber, el caster se mide en grados de variación respecto a la vertical real, si la línea de centros del eje de la dirección está precisamente en la vertical, el caster es cero grados. El caster no afecta el desgaste de los neumáticos. Sin embargo, tiene un efecto definido sobre la forma en que se conduce el auto.” (JOHN REMLING, 1987)

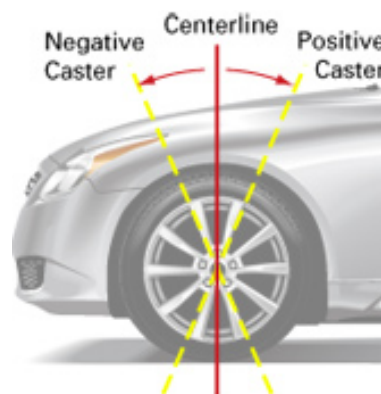


Figura 2-20. Ángulo de incidencia (caster)
Fuente. (Discount Tire Direct, 2014)

2.8.4 ÁNGULO DE INCLINACIÓN (CAMBER)

“El camber es una inclinación de la rueda que le aleja de la posición vertical real. Se mide en grados. Una rueda que es perpendicular a la superficie del camino no tiene inclinación ni hacia adentro ni hacia fuera, por lo tanto tiene cero grados de camber. Una rueda que esta inclinada hacia afuera en la parte superior tiene un camber positivo y la que esta inclinada hacia adentro en la parte superior tiene camber negativo.” (JOHN REMLING, 1987)

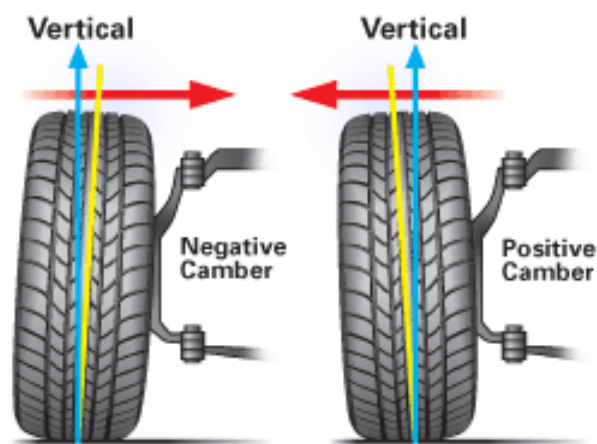


Figura 2-21. Ángulo de inclinación (camber)

Fuente. (Discount Tire Direct, 2014)

2.9 ÁNGULO DE INCLINACIÓN DE LA MANGUETA.

Es el ángulo formado por la línea de centros de las rotulas y la línea central de la rueda, vista desde el frente del automóvil. La inclinación de la mangueta ayuda a mantener las ruedas apuntadas en una dirección en marcha en línea recta hacia adelante. También ayuda a favorecer el retorno del volante.

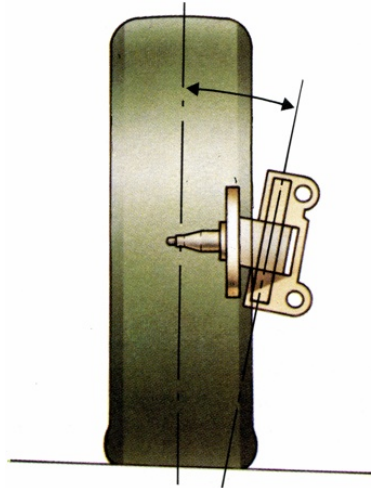


Figura 2-22. Ángulo de inclinación de la mangueta

Fuente. (Unique Cars and Parts, 2014)

2.10 CENTRO INSTANTÁNEO DE ROTACIÓN

El centro instantáneo de rotación es un punto en torno al cual gira lentamente la rueda al comprimirse o extenderse la suspensión en un instante determinado, varía para cada posición de la suspensión.

El centro instantáneo de rotación se encuentra prolongando las líneas que representan las mesas hasta su intersección.

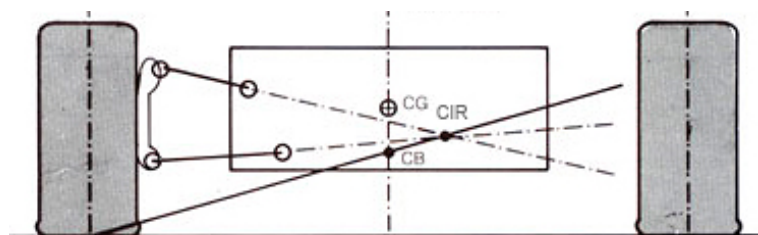


Figura 2-23. Centro instantáneo de rotación CIR

Fuente. (Ríos, 1992)

2.11 CENTRO DE BALANCEO

El centro de balanceo es un punto imaginario alrededor del cual se balancea el chasis del vehículo en las curvas, debido a la fuerza centrífuga que actúa aplicada a través del centro de gravedad. Este punto cambia de posición al cambiar la orientación de los brazos de suspensión.

El centro de balanceo se determina uniendo el centro instantáneo de rotación y el punto medio de la banda de rodadura del neumático correspondiente a la suspensión.

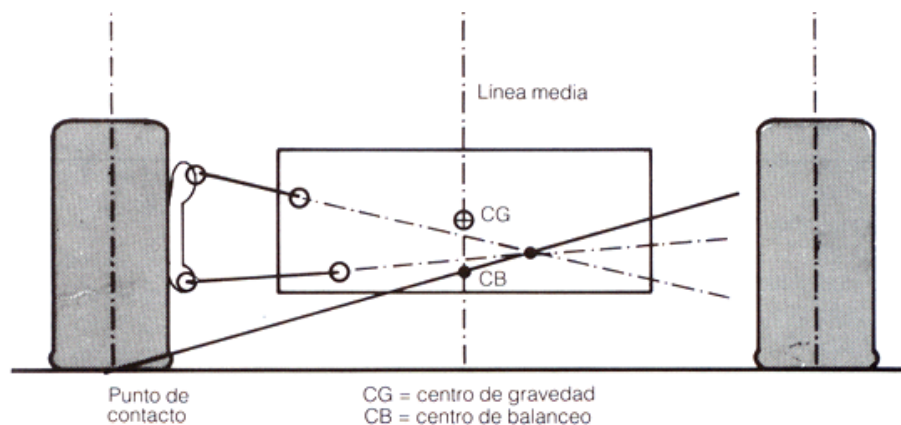


Figura 2-24. Centro de balanceo

Fuente. (Ríos, 1992)

2.12 BASTIDOR

El bastidor es la estructura principal del vehículo la cual sirve de soporte para los diferentes sistemas y elementos por el cual está constituido un automóvil como puede ser la suspensión, transmisión, dirección, y motor de combustión interna.

2.12.1 FUNCIÓN

La principal función del bastidor es ser la estructura de sostén que permita la unión con los diferentes elementos y grupos mecánicos que constituyen el automóvil. Debe recibir y absorber todos los esfuerzos de

flexión y torsión que se produce cuando el automóvil se encuentra en funcionamiento sin que tienda a deformarse, y debe mantener las posiciones adecuadas entre los diferentes elementos.

2.12.2 TIPOS

A. BASTIDOR INDEPENDIENTE

Utilizan dos largueros unidos entre sí por medio de travesaños, en forma recta, curvas o en x, para lograr soportar los diferentes sistemas por el cual está constituido un automóvil. Este tipo de bastidores casi siempre se encuentran curvados en los extremos para brindar alojamiento a los neumáticos delanteros y traseros, con la finalidad de que exista un mayor espacio para el alojamiento del motor, equipaje y montaje de los diferentes sistemas del vehículo.

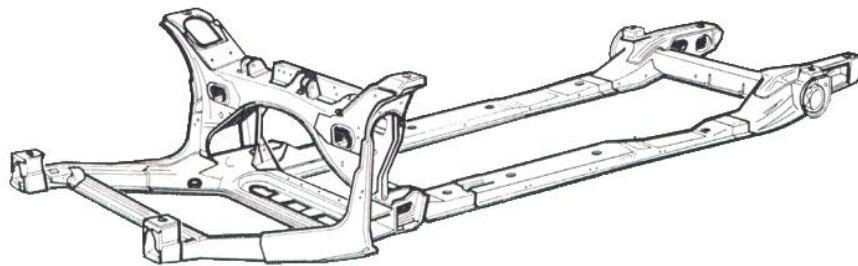


Figura 2-25. Bastidor independiente

Fuente. (LHM maníacos, 2007)

B. ESTRUCTURA TUBULAR

Está constituida por una triangulación de tubos metálicos con diferentes longitudes y formas, soldados entre sí, para conformar la estructura logrando una gran rigidez, resistencia, y un bajo peso en comparación con los otros tipos de bastidores.

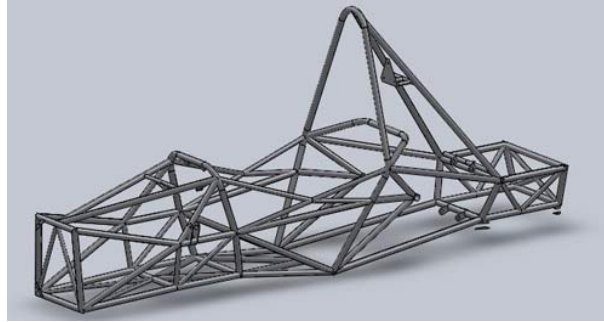


Figura 2-26. Estructura tubular

Fuente. (FuelWasters, 2011)

2.13 CARROCERÍA

Es la estructura externa del vehículo que puede estar constituida por planchas metálicas, fibra de vidrio, fibra de carbono; además conforma el habitáculo para los ocupantes del vehículo.

2.13.1 FUNCIÓN

La función principal de la carrocería es ser el habitáculo para los ocupantes y para la carga del vehículo, de igual manera es la encargada de protegerlos y brindar seguridad para que ningún elemento externo se pueda introducir.

2.13.2 TIPOS

A. CHASIS CON CARROCERÍA SEPARADA

Está conformado por una estructura metálica rígida de dos largueros unidos entre sí por travesaños en la cual se sujetan los diferentes sistemas mecánicos del vehículo. La carrocería se encuentra fijada al chasis por medio de tornillos y juntas de caucho, lo cual le brindan gran rigidez al vehículo.



Figura 2-27. Chasis con carrocería separada

Fuente. (Ortiz, 2012)

B. CARROCERÍA MONOCASCO O CARROCERÍA AUTOPORTANTE

Es una estructura conformada por el bastidor y la carrocería en diferentes formas, está conformada por diferentes piezas metálicas, las cuales pueden ser unidas por medio de soldadura o por pernos que facilitan el reemplazo de diferentes piezas cuando exista algún golpe en la carrocería.



Figura 2-28. Carrocería monocasco o carrocería autoportante

Fuente. (Ortiz, 2012)

2.14 MATERIALES DE FABRICACIÓN

El acero es el material por excelencia más usado para la fabricación de carrocerías o chapa metálica ya que tiene una gran rigidez, resistencia, es de fácil mecanizado, además admite tratamientos para mejorar sus propiedades.

También se utiliza otro tipo de materiales como es el aluminio que es ligero, es un material reciclable e inoxidable; los plásticos que son fáciles de moldear, ligeros, resistentes y tienen una gran flexibilidad; la fibra de vidrio que es un buen aislante térmico, soporta altas temperaturas, es moldeable y de bajo costo; la fibra de carbono que paulatinamente se ha incorporado a los modelos de alta gama, posee una alta resistencia mecánica, peso ligero, excelente tenacidad, resistente a la corrosión, y una gran flexibilidad.

CAPÍTULO 3

DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS MECÁNICOS.

3.1 PARÁMETROS GENERALES DE DISEÑO

En el desarrollo del diseño del vehículo personal se debe considerar los factores en los cuales el vehículo automotor se va a desempeñar.

Se desea construir un vehículo automotor personal para ciudad, que este constituido por dos ruedas directrices delanteras y una rueda posterior de tracción. El bastidor tiene que ser de estructura tubular, la carrocería se elaborará en fibra de vidrio, la distancia entre ejes es de 1,540 metros, el ancho de vía 1,190 metros, la altura del vehículo 1,4 metros, la distancia del piso al bastidor 0,3 metros, los pesos más representativos que el vehículo tendrá será:

- Motor: 38 kg
- Bastidor: 50 kg
- Ocupante: 75 kg
- Carrocería: 35 kg
- Transmisión: 23 kg
- Llantas y frenos: 30 kg
- Basculante: 10 kg
- Suspensión: 8 kg
- Dirección: 10 kg

3.2 DISEÑO DE LA SUSPENSIÓN.

Para el diseño de la suspensión delantera se ha seleccionado el tipo de “Double wishbone suspensions” (Suspensión de doble horquilla), que una de las principales ventajas es la cinemática que nos brinda este diseño.

3.2.1 TRANSFERENCIA DE MASAS

La transferencia de masas que se estudia en el vehículo siempre va relacionada respecto al centro de gravedad que posee.

La altura h que va del piso al centro de gravedad que nos proporciona SolidWorks es de $45,1\text{ cm}$, lo que es muy aceptable para la estabilidad del vehículo automotor personal.



Figura 3-1. Altura del centro de gravedad del vehículo.

Fuente. Grupo Investigador.

Por diseño y para ayudar con la tracción trasera del vehículo, la distribución de peso que se utilizará es de 55 en la rueda posterior y 45 en las delanteras.

La estructura tubular que conforma el bastidor del vehículo automotor va a estar sometido constantemente a las siguientes cargas

“Cargas permanentes G; debidas al peso propio de la estructura, al peso de los diferentes sistemas y al peso del conductor” (Edwin Arroyo, 2013). El valor recomendado para la carga es $\gamma_G = 1,33$

“Cargas variables Q; debidas a las cargas provenientes de la suspensión y las inercias al acelerar, al frenar o al girar” (Edwin Arroyo, 2013). El valor recomendado para la carga es $\gamma_G = 1,54$.

3.2.2 TRANSFERENCIA DE MASA EN ACELERACIÓN:

Para realizar el cálculo de la transferencia de masa durante la aceleración, ocuparemos la siguiente formula extraída de (Milliken, 1995).

$$W_a = \frac{a*W*h}{l} \text{7Ec. 3.1}$$

Dónde:

W_a = Transferencia de masa

a = Aceleración

W = Peso total del vehículo

h = Altura del piso al CG

l = Distancia entre ejes

$$a = \frac{v}{t} \quad \text{Ec. 3.2}$$

$$a = \frac{13,89}{9,7}$$

$$a = 1,43 \text{ m/s}^2$$

$$W_a = \frac{1,43 * 306 * 0,451}{1,54}$$

$$W_a = 128,15 \text{ N}$$

Para el eje trasero:

$$W_t = (306 * 0,55 * 1,33) + \left(\frac{128,15}{9,81} * 1,54 \right)$$

$$W_t = 223,84 + 20,12$$

$$W_t = 243,96 \text{ Kg}$$

Por lo que el eje trasero soporta 243,96 Kg de peso en una aceleración, esto transformado a Newton tendremos:

$$F_t = 243,96 * 9,81$$

$$F_t = 2393,25 \text{ N}$$

Para el eje delantero:

$$W_d = (306 * 0,45 * 1,33) + \left(\frac{128,15}{9,81} * 1,54 \right)$$

$$W_d = 183,14 + 20,12$$

$$W_d = 203,26 \text{ Kg}$$

Por lo tanto el eje delantero soporta 203,26 Kg si dividimos para cada una de las ruedas tendremos que 101,63 Kg soporta cada mesa de la suspensión delantera, en Newton tenemos.

$$F_d = 101,63 * 9,81$$

$$F_d = 996,99 N$$

3.2.3 TRANSFERENCIA DE MASA DURANTE UNA FRENADA BRUSCA.

Se debe determinar la distancia de frenado con la siguiente ecuación.

$$df = \frac{v^2}{170} \quad \text{Ec. 3.3}$$

Dónde:

df = Distancia de frenado

v^2 = Velocidad alcanzada antes de frenar

$$df = \frac{50^2}{170}$$

$$df = 14,7m$$

La desaceleración máxima es:

$$af = \frac{v^2}{2df} \quad \text{Ec. 3.4}$$

$$af = \frac{13,89^2}{2 * 14,7}$$

$$af = 6,56 m/s^2$$

Por lo tanto la transferencia de masa durante el frenado se realiza con la siguiente fórmula:

$$W_f = \frac{af * W * h}{l} \quad \text{Ec. 3.5}$$

$$W_f = \frac{6,56 * 306 * 0,451}{1,54}$$

$$W_f = 587,86 N$$

Sobre el eje delantero:

$$W_f = (306 * 0,45 * 1,33) + \left(\frac{587,86}{9,81} * 1,54 \right)$$

$$W_f = 183,14 + 92,28$$

$$W_f = 275,42 \text{ Kg}$$

Si dividimos para los dos neumáticos que tiene el eje delantero tendremos 137,71 Kg aplicada a cada rueda.

$$F_d = 137,71 * 9,81$$

$$F_d = 1350,93 \text{ N}$$

Sobre el eje trasero:

$$W_f = (306 * 0,55 * 1,33) - \left(\frac{587,86}{9,81} * 1,54 \right)$$

$$W_f = 223,84 - 92,28$$

$$W_f = 131,56 \text{ Kg}$$

La fuerza que soportara el eje trasero será:

$$F_t = 131,56 * 9,81$$

$$F_t = 1290,60 \text{ N}$$

3.2.4 ANÁLISIS EN LA MESA DE SUSPENSIÓN FRONTAL SUPERIOR.

Realizando el análisis de fuerza en la mesa delantera superior con la mayor fuerza que soportará al momento de una frenada brusca obtuvimos los siguientes resultados.

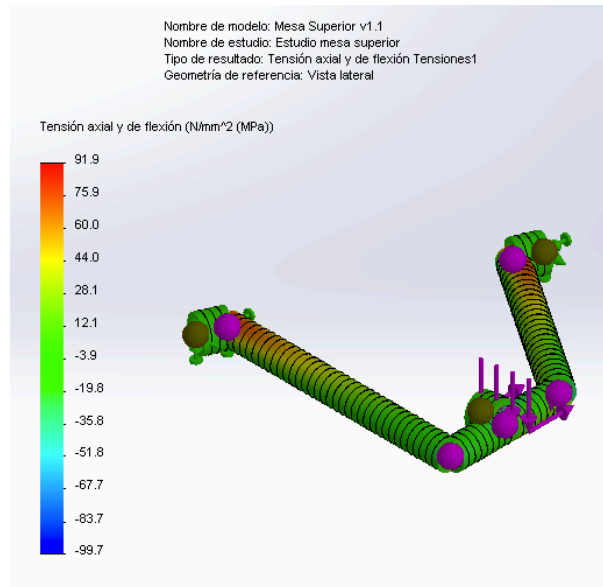


Figura 3-2. Tensiones de la mesa de suspensión frontal superior.

Fuente. Grupo Investigador.

La tensión máxima que va a estar sometida la mesa superior frontal va a ser 91,9 MPa, el material con el que está construido es tubo redondo AISI 1020, de 3/4 de pulgada con un espesor 2,3 mm, tiene un límite elástico de 351,57 MPa, por lo que el diseño de la mesa superior frontal es seguro y se ha seleccionado correctamente el material.

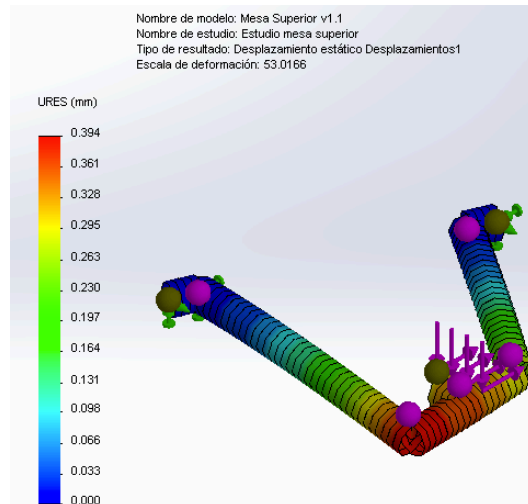


Figura 3-3. Desplazamiento de la mesa de suspensión frontal superior.

Fuente. Grupo Investigador.

El desplazamiento máximo al que va a estar sometida la mesa de suspensión frontal superior va a ser de 0,394 mm, está construida con tubo redondo AISI 1020 de 3/4 de pulgada con un espesor 2,3 mm.

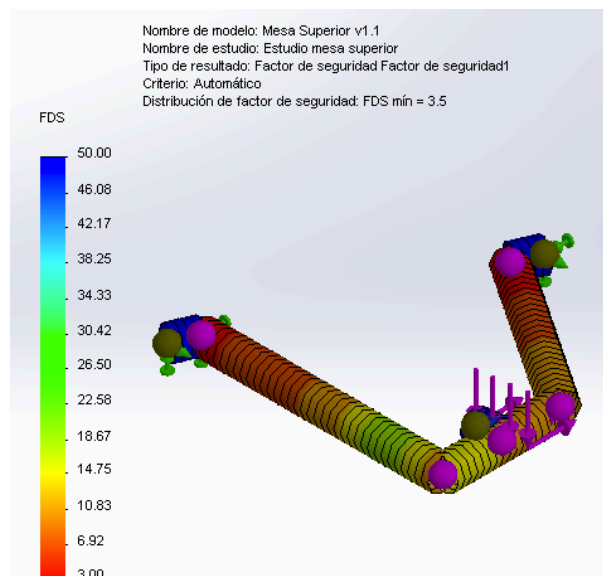


Figura 3-4. Factor de seguridad de la mesa de suspensión frontal superior.

Fuente. Grupo Investigador.

El análisis muestra que la mesa de suspensión frontal superior resiste a las tensiones que va a estar sometida y tiene un factor de seguridad mínimo de 3,5 lo que nos indica que el material AISI 1020, de 3/4 de pulgada con un espesor 2,3 *mm* y el diseño han sido seleccionados correctamente.

3.2.5 ANÁLISIS EN LA MESA DE SUSPENSIÓN FRONTAL INFERIOR.

La fuerza máxima que va a soportar la mesa de suspensión inferior es cuando exista frenada brusca, la mesa constantemente va a tener una carga adicional por lo que el amortiguador tiene apoyo en esta mesa.

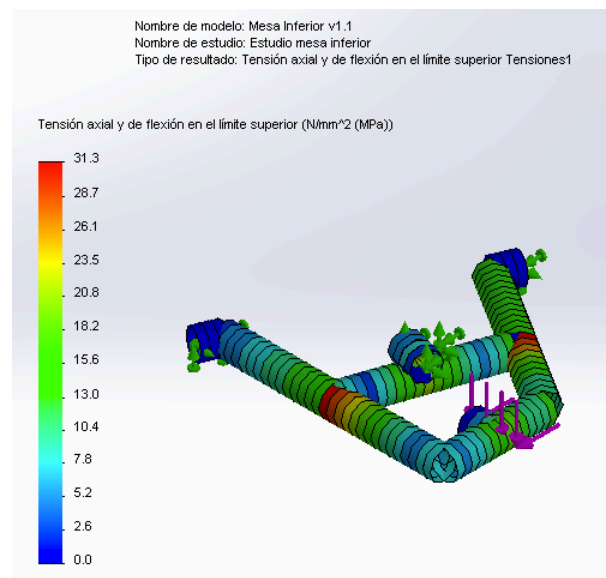


Figura 3-5. Tensiones de la mesa de suspensión frontal inferior.

Fuente. Grupo Investigador.

La tensión máxima que va a estar sometida la mesa inferior frontal va a ser 31,3 MPa y el material con el que está construido es tubo redondo AISI 1020, de 3/4 de pulgada con un espesor 2,3 *mm*; tiene un límite elástico de 351,57 MPa, por lo que el diseño de la mesa superior frontal es adecuado y el material AISI 1020 ha sido seleccionado correctamente.

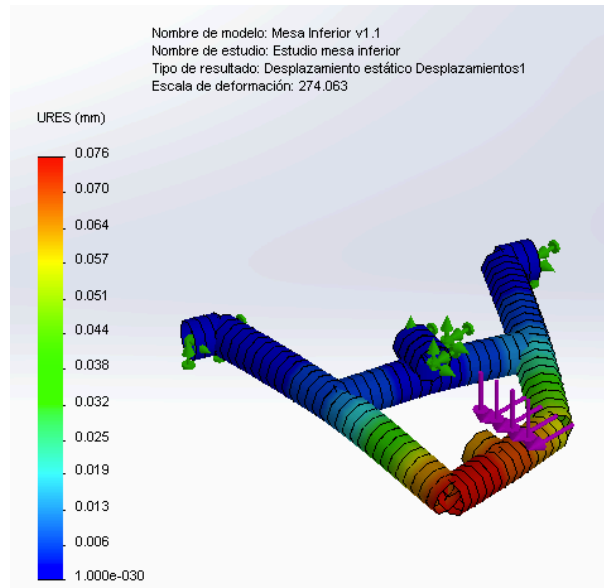


Figura 3-6. Desplazamiento de la mesa de suspensión frontal inferior.

Fuente. Grupo Investigador.

El desplazamiento máximo al que va a estar sometida la mesa va a ser de 0,076 mm.

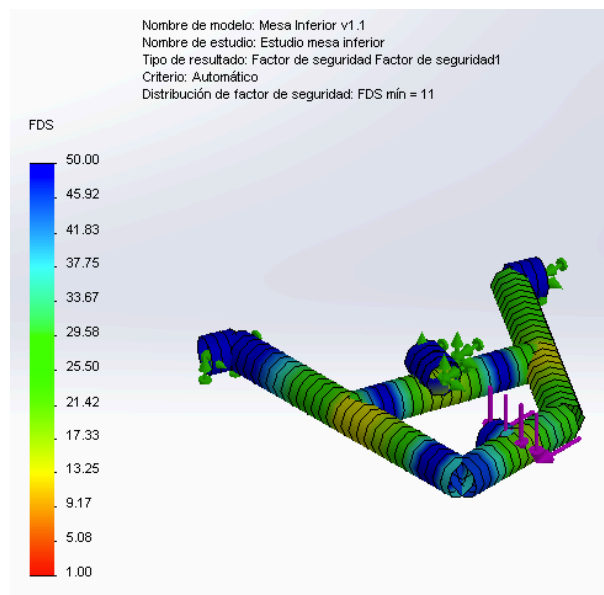


Figura 3-7. Factor de seguridad de la mesa de suspensión frontal inferior.

Fuente. Grupo Investigador.

El análisis muestra que la mesa de suspensión frontal inferior resiste a las tensiones que va a estar sometida y tiene un factor de seguridad mínimo de 11 lo que nos indica que el material AISI 1020, de 3/4 de pulgada con un espesor 2,3 mm y el diseño han sido escogidos correctamente.

3.3 DISEÑO DEL BASTIDOR.

Para el diseño y análisis estático del bastidor se necesita tener presente varios aspectos indispensables como son, espacio para la cabina del conductor, ubicación del motor, triangulación correcta, soporte para la suspensión, soporte para el sistema de dirección, distancia entre ejes.

El diseño del bastidor va a estar basado en una estructura tubular con una triangulación adecuada, con nodos no separados (uniones entre tubo y tubo) para que todos los esfuerzos que se produzcan durante el funcionamiento del vehículo se distribuyan en este y ante un eventual choque la fuerza de impacto absorba y se distribuya por todo el bastidor.

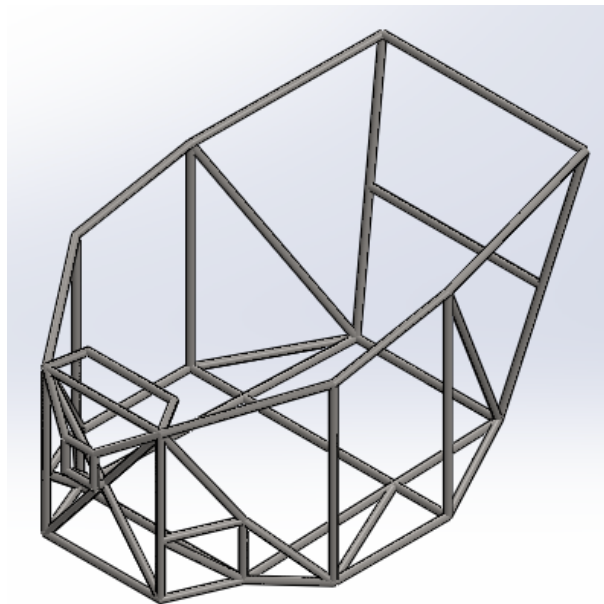


Figura 3-8. Estructura tubular del vehículo automotor personal.

Fuente. Grupo Investigador.

Para una mejor maniobrabilidad y por condiciones propias del diseño del vehículo se optó por una distancia entre ejes del 1540 *mm* con lo que nos ayudará tener mejor estabilidad en las curvas y un menor radio de curvatura, el ancho de vía delantero es de 1190 *mm*.

Para la distribución de pesos dentro del bastidor, colocamos los pesos más representativas en el centro del bastidor para con ello disminuir el centro de gravedad, lo cual ayuda con la estabilidad del vehículo y permite tener una distribución de pesos en el eje trasero de 55% y en el eje delantero 45%, además con esta distribución ayudamos a la tracción del vehículo que va a tener un motor de combustión interna de 200 cc y tracción posterior mediante cadena.

Para realizar el análisis estructural del bastidor, con la ayuda del software se podrá identificar cual va a ser el comportamiento de nuestro bastidor bajo condiciones de un impacto frontal e impacto lateral.

3.3.1 IMPACTO FRONTAL.

El impacto frontal tiene sustentación en la fórmula de energía cinética, el valor de la velocidad al impacto es de 25 Km/h.

$$Ec = \frac{1}{2} mV^2 \quad \text{Ec. 3.6}$$

$$Ec = \frac{1}{2} * 306 * 6,94^2$$

$$Ec = 7369 Nm$$

Para este análisis de impacto frontal se aplicó una fuerza externa de 7369 *Nm* en la parte frontal del bastidor simulando un impacto frontal con lo cual se obtuvo los siguientes resultados.

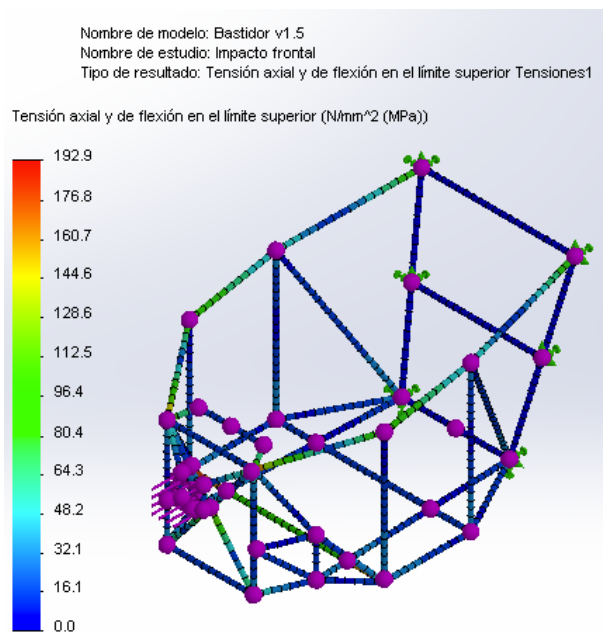


Figura 3-9. Análisis estructural del bastidor, fuerza frontal.

Fuente. Grupo Investigador.

La estructura tubular aplicada una fuerza exterior frontal soporta hasta un esfuerzo máximo de 192,9 MPa y el material con el que fue fabricado alcanza un límite elástico de 351,57 MPa por lo que el diseño del bastidor con el material AISI 1020, de 3/4 de pulgada con un espesor 2,3 mm tiene un resultado satisfactorio.

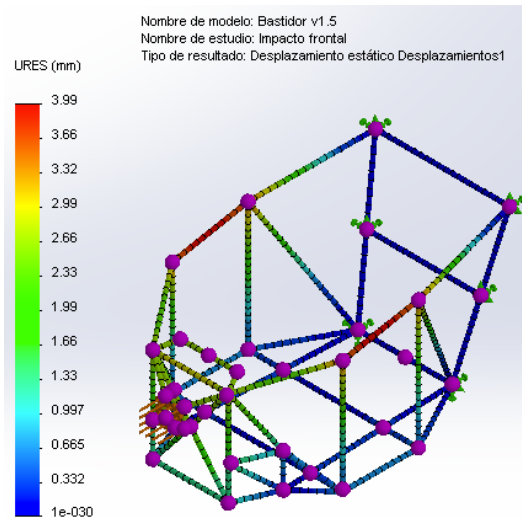


Figura 3-10. Desplazamiento del bastidor con fuerza frontal.

Fuente. Grupo Investigador.

El desplazamiento máximo al que puede llegar el bastidor es de *3,99 mm*.

Para el factor de seguridad del bastidor se obtuvo el siguiente resultado.

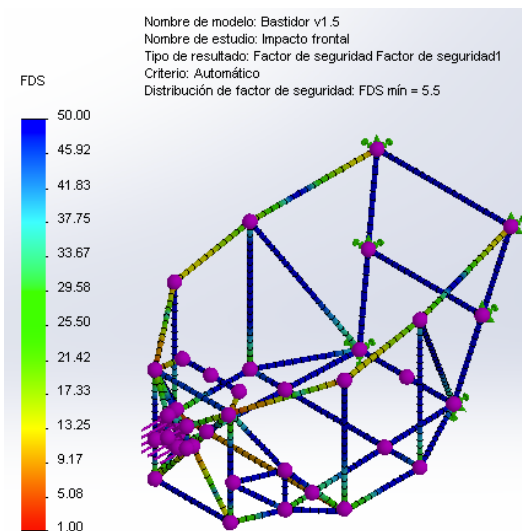


Figura 3-11. Factor de seguridad del bastidor con una fuerza frontal.

Fuente. Grupo Investigador.

El factor de seguridad mínimo que podemos encontrar en la estructura tubular es de 5,5 por lo que el diseño del bastidor es seguro y el material AISI 1020, de 3/4 de pulgada con un espesor 2,3 mm ha sido elegido correctamente.

3.3.2 IMPACTO LATERAL.

Para este análisis se utilizó una fuerza externa de 2947N, debido a que se toma el 40 por ciento de la fuerza total frontal.

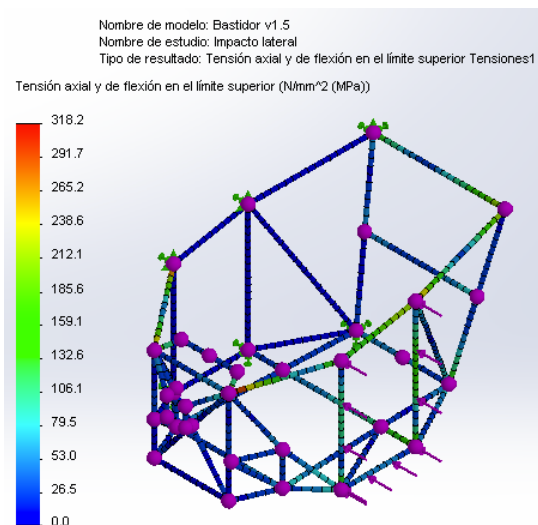


Figura 3-12. Análisis estructural del bastidor, fuerza lateral.

Fuente. Grupo Investigador.

En un impacto lateral la tensión máxima que soporta el bastidor es de 318,2 MPa, lo que es aceptable, debido a que el material con el que se construye es AISI 1020, de 3/4 de pulgada con un espesor 2,3 mm y posee un límite elástico de 351,57 MPa.

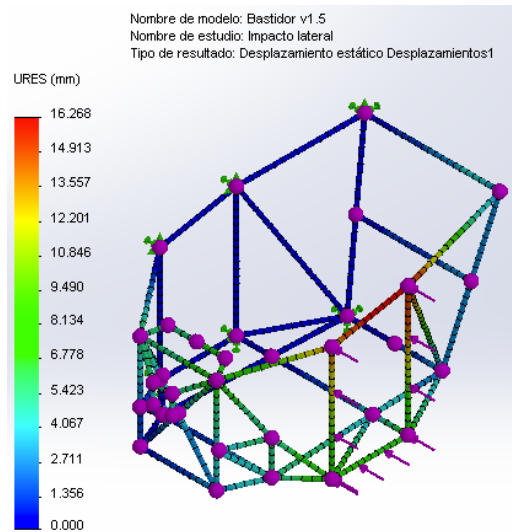


Figura 3-13. Desplazamiento del bastidor con fuerza lateral.

Fuente. Grupo Investigador.

El desplazamiento máximo que tendrá el bastidor será de 16,3 *mm*.

El factor de seguridad mínimo que tiene el bastidor es de 2.2.

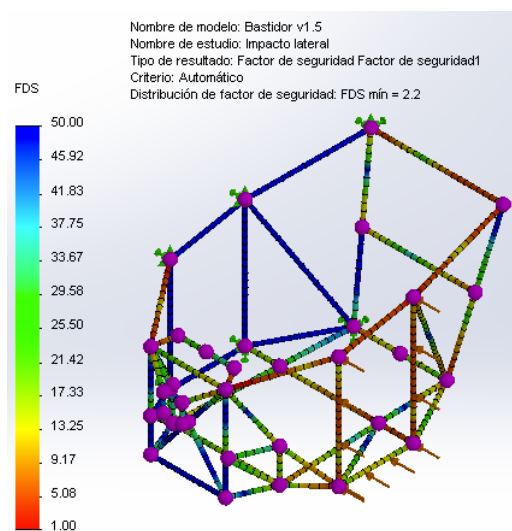


Figura 3-14. Factor de seguridad del bastidor con una fuerza lateral.

Fuente. Grupo Investigador.

3.4 DISEÑO DEL EJE DE TRANSMISIÓN

Cálculo de la velocidad angular de la catalina (ω_{cat})

Dónde:

v = velocidad lineal del eje

r_{cat} = radio de la catalina

$r_{cat} = 0,095m$

$$\omega_{cat} = \frac{v}{r_{cat}} \quad \text{Ec. 3.7}$$

$$\omega_{cat} = \frac{13,89 \frac{m}{s}}{0,095 m}$$

$$\omega_{cat} = 146,210 \frac{rad}{seg} \times \frac{60 seg}{2\pi rad}$$

$$\omega_{cat} = 1396,207 rpm$$

Cálculo de la velocidad angular del piñón ($\omega_{piñ}$)

Dónde:

$D_{piñ}$ = diámetro del piñon

$D_{piñ} = 0,01 m$

$$\frac{\omega_{piñ}}{\omega_{cat}} = \frac{D_{cat}}{D_{piñ}} \quad \text{Ec. 3.8}$$

$$\frac{\omega_{piñ}}{1396,207 rpm} = \frac{190 mm}{100 mm}$$

$$\omega_{piñ} = 2652.7933 rpm$$

Cálculo de la potencia de diseño

Para realizar el cálculo de la potencia de diseño es necesario conocer el factor de servicio para la cadena de transmisión según las condiciones de funcionamiento, por lo tanto se escoge el valor de motor de combustión interna con transmisión mecánica y sacudidas violentas que es de 1,7. Debido a que el motor de combustión interna entrega la potencia de manera muy brusca con sacudidas, se escoger el peor caso.

Tabla 3-1. Factor de servicio

Maquina Accionada	Motor de combustión con transmisión hidráulica	Motor eléctrico	Motor de combustión con transmisión mecánica
Transmisión sin vibraciones	1	1	1,2
Sacudidas ligeras	1,2	1,3	1,4
Sacudidas violentas	1,4	1,5	1,7

Fuente. (Nuñez Vera Xavier, 2013)

P = potencia transmitida por el motor de combustión interna (11.5 Kw)

Pd= potencia de diseño

fs= 1,7

$$Pd = P \times fs \quad \text{Ec. 3.9}$$

$$Pd = 11,5Kw \times 1,7$$

$$Pd = 19,55 Kw$$

Cálculo del momento sobre la cadena de transmisión

T_{cad} = momento sobre la cadena

$$T_{cad} = \frac{P_d}{\omega_{piñ}} \quad \text{Ec. 3.10}$$

$$T_{cad} = \frac{19550 \text{ W}}{\frac{2\pi \cdot 2652,7933 \text{ rpm}}{60}}$$

$$T_{cad} = 70,3744 \text{ Nm}$$

Cálculo de la tensión ejercida en la cadena

Dónde:

F = tensión ejercida a la cadena

$$T_{cad} = F \cdot \frac{D_{cat}}{2} \quad \text{Ec. 3.11}$$

$$70,3744 \text{ Nm} = F \cdot \frac{0,19 \text{ m}}{2}$$

$$F = 740.7831 \text{ N}$$

Cálculo de transferencia de pesos longitudinal en aceleración

Dónde:

Q= peso del vehículo en el centro de gravedad 306 kg

B= distancia entre ejes 1.54 m

T_{la} = transferencia longitudinal en aceleración

$$T_{la} = a_f \cdot \frac{Q \cdot h_{cg}}{B} \quad \text{Ec. 3.12}$$

$$T_{la} = 2,32 \frac{m}{s} \cdot \frac{3001,86 N \cdot 0,451 m}{1,54 m}$$

$$T_{la} = 2039,549 N$$

Cálculo de la fuerza de resistencia a la rodadura en el eje de tracción

Donde

f_r = coeficiente de resistencia a la rodadura

Fr = fuerza de resistencia a la rodadura

Tabla 3-2. Coeficiente de resistencia a la rodadura

Firme		Coeficiente resistencia a rodadura f
Turismos sobre	Adoquinado grande	0,015
	Adoquinado pequeño	0,015
	Hormigón, asfalto	0,013
	Áridos apisonados	0,02
	Macadam de alquitr.	0,025
	Camino de tierra	0,05
Vehículos industriales	Suelo arado	0,1...0,35
	Hormigón, asfalto	0,006...0,01
Ruedas todo terreno	Suelo arado	0,14....0,24
Tractor oruga	Suelo arado	0,07...0,12
Rueda	Carriles	0,001...0,002

Fuente. (BOSCH, 2003)

$$f_r = \frac{Fr}{T_{la}} \quad \text{Ec. 3.13}$$

$$Fr = f_r \cdot T_{la}$$

$$Fr = 0,24 \times 2039,549 N$$

$$Fr = 489,491 N$$

Cálculo del momento sobre el neumático de tracción

r_b = radio del neumático de tracción

$$T = Fr \cdot r_b \quad \text{Ec. 3.14}$$

$$T = 489,491 \text{ N} \times 0.2419 \text{ m}$$

$$T = 118,408 \text{ Nm}$$

3.4.1 ANÁLISIS EN EL EJE DE TRANSMISIÓN POSTERIOR

Después de haber determinado las fuerzas que actúan en el eje posterior de tracción, como son el momento generado por la cadena de transmisión y el momento generado por el sistema de frenos, se tiene:

Momento generado sobre la cadena de tracción, aplicado en la catalina del eje posterior con un valor de 70,3744 Nm.

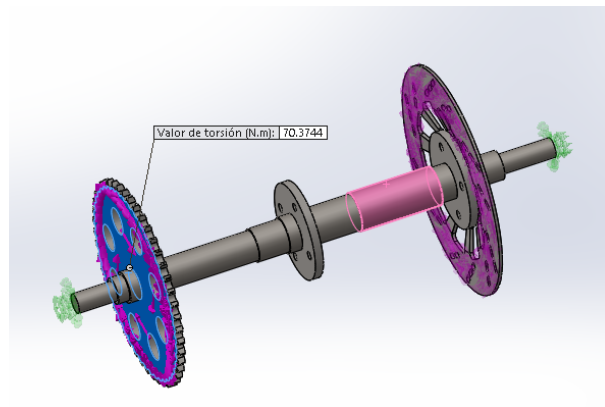


Figura 3-15. Momento aplicado a la catalina

Fuente. Grupo Investigador.

Momento generado sobre el neumático de tracción, aplicado en el disco de freno con un valor de 118,408 Nm.

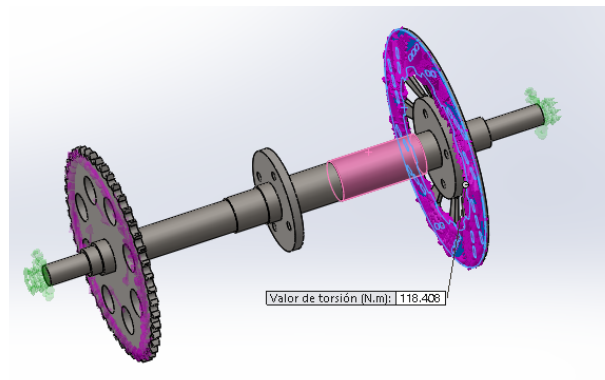


Figura 3-16. Momento aplicado al disco de freno

Fuente. Grupo Investigador.

Se utiliza una malla fina para el análisis estructural y el comportamiento mecánico del eje de transmisión, la cual permite precisar el método de elementos finitos para obtener exactitud en los análisis.

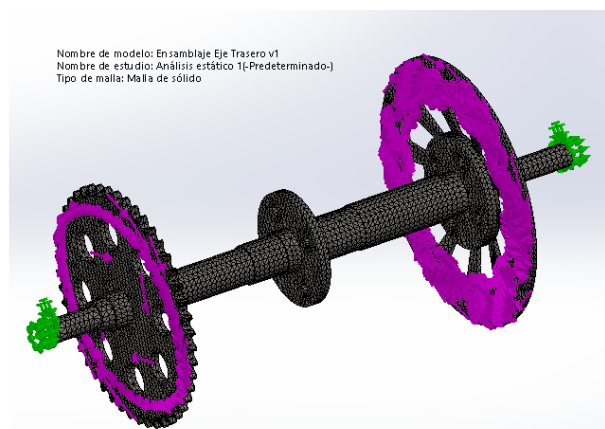


Figura 3-17. Mallado del eje posterior

Fuente. Grupo Investigador.

Realizando el análisis estático tensión nodal en el eje de transmisión trasero con los momentos generados sobre la cadena y momento generado sobre el neumático de tracción se obtienen los siguientes resultados:

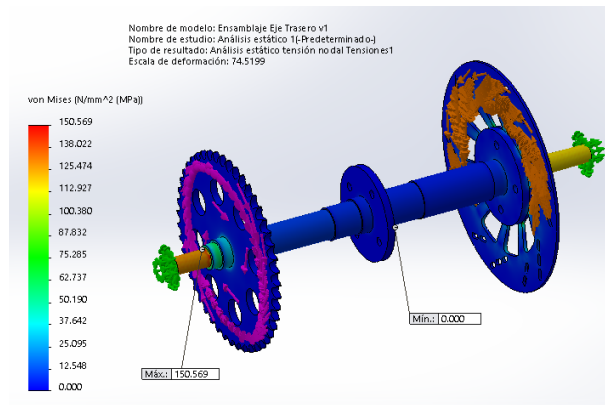


Figura 3-18. Tensiones en el eje de transmisión posterior

Fuente. Grupo Investigador.

Como se puede observar la tensión máxima a la que va a estar sometida el eje de transmisión va a ser de 150,569 MPa y el material con el que está construido es AISI 4340 y tiene un límite elástico de 710 MPa, por lo que el material se encuentra seleccionado correctamente.

Análisis de desplazamiento estático en el eje de transmisión trasero con los momentos generados sobre la cadena y momento generado sobre el neumático de tracción se obtienen los siguientes resultados:

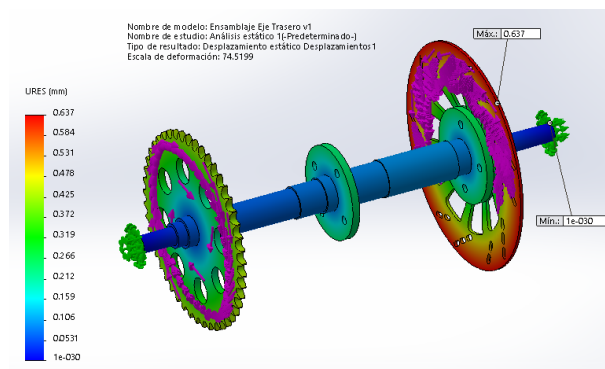


Figura 3-19. Desplazamiento en el eje de transmisión posterior

Fuente. Grupo Investigador.

El desplazamiento máximo al que va a estar sometido el eje de transmisión trasero es de 0,637 mm.

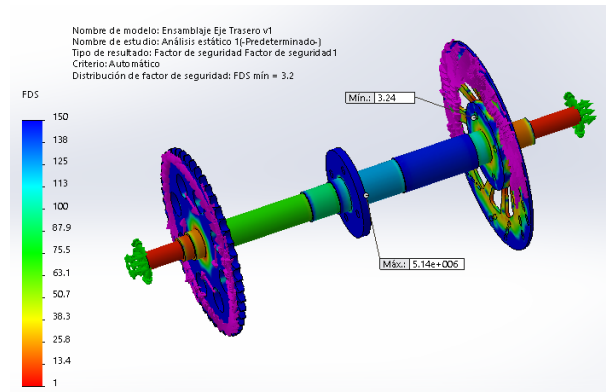


Figura 3-20 Factor de seguridad en el eje de transmisión delantero

Fuente. Grupo Investigador.

El factor de seguridad permite evaluar la seguridad del diseño sobre la base de un criterio de fallos. El factor de seguridad mínimo va a ser de 3,2 lo que nos indica que el diseño del eje de transmisión es seguro y el material AISI 4340 ha sido seleccionado adecuadamente.

3.4.2 ANÁLISIS EN EL EJE DE TRANSMISIÓN DELANTERO

En el análisis del eje de transmisión delantero se utiliza una malla fina la cual permite precisar el método de elementos finitos para obtener exactitud en los análisis.

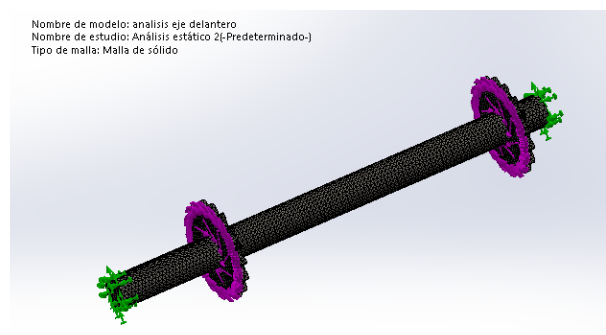


Figura 3-21. Mallado del eje delantero

Fuente. Grupo Investigador.

El momento generado sobre la cadena de tracción, aplicado en la catalina del eje delantero con un valor de 70,3744 Nm.

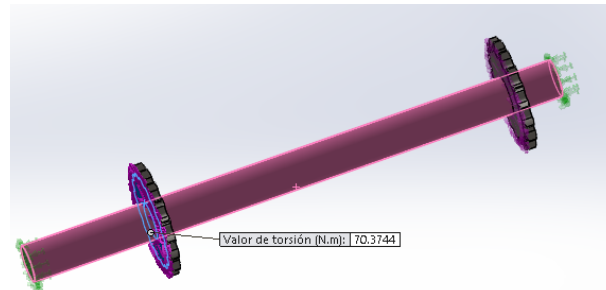


Figura 3-22. Momento aplicado en la catalina

Fuente. Grupo Investigador.

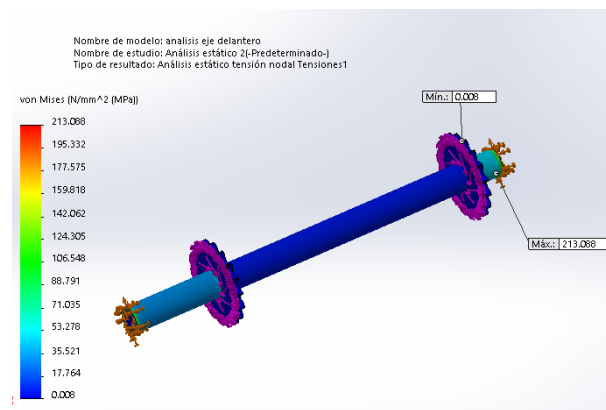


Figura 3-23. Tensiones en el eje de transmisión delantero

Fuente. Grupo Investigador.

Como se puede observar en la Fig. 3-24 la tensión máxima a la que va a estar sometido el eje de transmisión delantero será 213.088 MPa, el material AISI 4340 con el que está construido tiene un límite elástico de 710 MPa, por lo que el material está seleccionado correctamente.

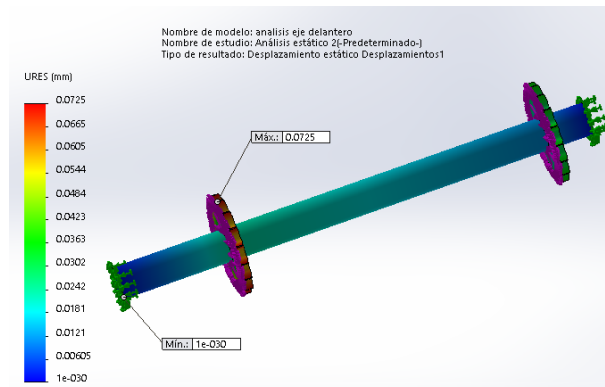


Figura 3-24. Desplazamiento estático en el eje delantero
 Fuente. Grupo Investigador.

El desplazamiento máximo al que va a estar sometido el eje de transmisión delantero es de 0,0725 mm.

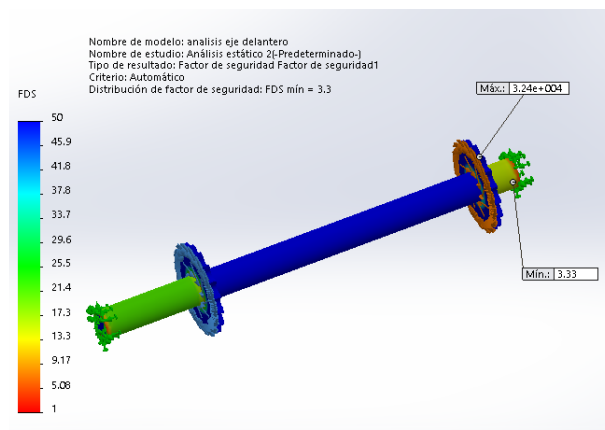


Figura 3-25. Factor de seguridad en el eje de transmisión delantero
 Fuente. Grupo Investigador

El factor de seguridad mínimo en el eje de transmisión delantero es de 3,3 lo que nos indica que el diseño del eje de transmisión es seguro y el material AISI 4340 está seleccionado correctamente.

3.5 DISEÑO DE LA DIRECCIÓN.

Para el diseño de la dirección primeramente elegimos que sistema elegir, que sea confiable, ágil en su respuesta y relativamente suave. Por las dimensiones pequeñas y el peso del vehículo elegimos piñón central y cremallera.

Geometría de dirección.

En este aspecto tomamos en cuenta el concepto de “Geometría de Dirección Ackermann”

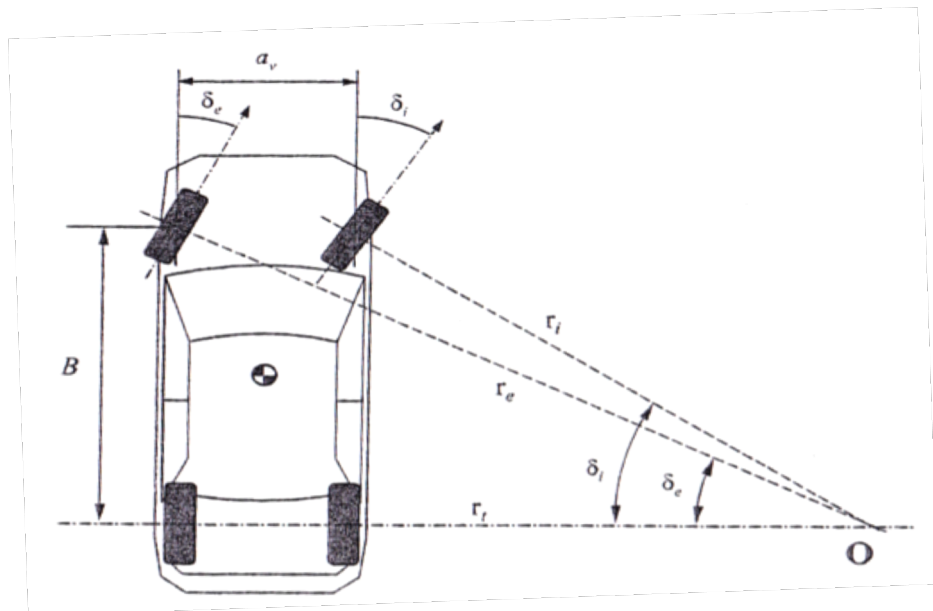


Figura 3-26. Geometría de la dirección.

Fuente. (Luque, 2006)

Cálculo del ancho de vía mediante la fórmula:

$$\frac{1}{\tan\delta_e} - \frac{1}{\tan\delta_i} = \frac{a_v}{B} \quad \text{Ec. 3.15}$$

Dónde:

δe = Ángulo del radio de curvatura, neumático externo.

δi = Ángulo del radio de curvatura, neumático interno.

a_v = Ancho de vía del vehículo.

B = Distancia entre ejes.

Para nuestro caso:

$$\frac{1}{\tan 26^\circ} - \frac{1}{\tan 37^\circ} = \frac{a_v}{1,54m}$$

$$a_v = 1,54m * (2,05 - 1,32)$$

$$a_v = 1,12m$$

Para calcular el radio de curvatura teórico D_s

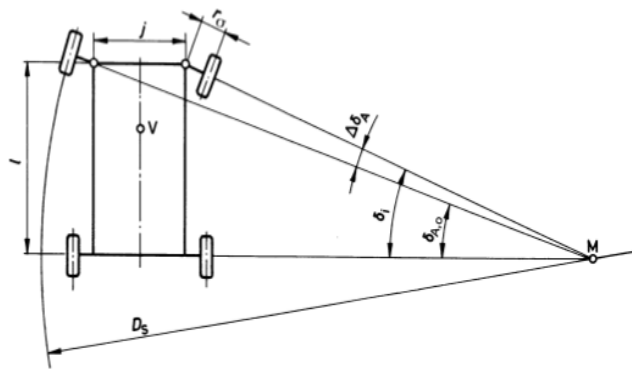


Figura 3-27. Radio de curvatura teórico.

Fuente. (Reimpell, 2001, p. 208)

$$D_s = 2\left(\frac{l}{\sin \delta_{max}} + r_\delta\right) \quad \text{Ec. 3.16}$$

$$D_s = 2\left(\frac{1,54}{\sin 37}\right)$$

$$D_s = 5,11 m$$

Por lo que nuestro radio de giro es de 5,11 m.

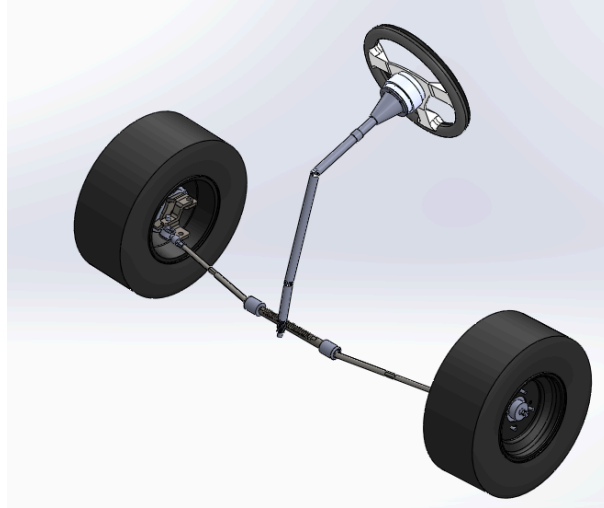


Figura 3-28. Vista 3D sistema de dirección

Fuente. Grupo Investigador.

3.6 DISEÑO DE LA CARROCERÍA.

Para el diseño de la carrocería, se utiliza conceptos de aerodinámica en el vehículo, lo que principalmente debemos tener en cuenta es mover el vehículo fácilmente a través del aire (lo que será nombrado como arrastre del vehículo), por lo que si se consigue tener menos arrastre aumentamos la velocidad del vehículo, para la sustentación del vehículo se necesita la diferencia de presiones que se generara entre la parte superior e inferior del vehículo.

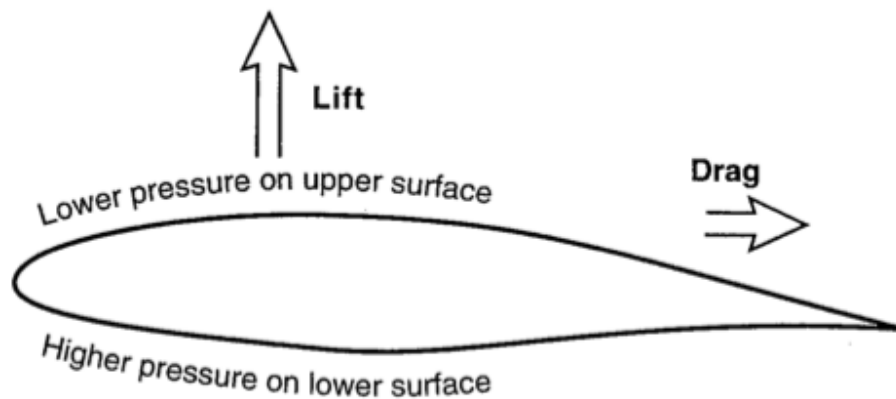


Figura 3-29. Alerón de un avión

Fuente. (Katz, 1995)

En la Figura 3-29 podemos observar el arrastre (Drag), y la sustentación que debe tener un vehículo (Lift).

Para el vehículo automotor personal obtuvimos los siguientes resultados.

Tabla 3-3. Resultado del análisis computacional.

Name	Unit	Value	Progress
Lift Force (y)	N	-17,290	100
Drag Force (z)	N	62,088	100

Fuente. Grupo Investigador.

Por lo que se calculó la sustentación y arrastre que tendrá el vehículo mediante las siguientes fórmulas, en condiciones ideales de funcionamiento.

$$C_L = \frac{L}{\frac{1}{2}\rho V^2 A} \quad Y \quad C_D = \frac{D}{\frac{1}{2}\rho V^2 A} \quad \text{Ec. 3.17}$$

Dónde:

C_L = Coeficiente de sustentación

C_D = Coeficiente de arrastre

L = Fuerza de sustentación (N)

D = Fuerza de arrastre (N)

ρ = Densidad del aire

V = Velocidad constante.

A = Distancia frontal del vehículo (batalla)

Coeficiente de sustentación:

$$C_L = \frac{L}{\frac{1}{2}\rho V^2 A} \quad \text{Ec. 3.18}$$

$$C_L = \frac{-17,290}{\frac{1}{2} * 1,22 * 13,89^2 * 1,19}$$

$$C_L = -0,123$$

Coeficiente de arrastre:


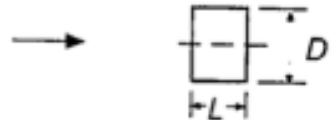
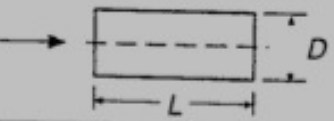


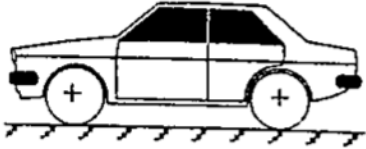
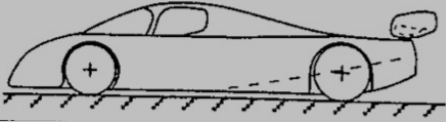
$$C_D = \frac{D}{\frac{1}{2}\rho V^2 A} \quad \text{Ec. 3.19}$$

$$C_D = \frac{62,088}{\frac{1}{2} * 1,22 * 13,89^2 * 1,19}$$

$$C_D = 0,44$$

Con un coeficiente de sustentación de $C_L = -0,123$ y con un coeficiente de arrastre de $C_D = 0,44$ se puede ubicar al vehículo automotor personal como un “automóvil genérico” como se describe en la tabla 4, lo que se mejoró en los datos, es el coeficiente de sustentación el cual a su velocidad máxima de 50 Km/h se obtuvo una sustentación aproximada a un vehículo prototipo de competencias.

Tabla 3-4. Coeficientes típicos de sustentación y arrastre para varias configuraciones

		C_L	C_D	
1	Circular plate		0	1,17
2	Circular cylinder $L/D < 1$		0	1,15
3	Circular cylinder $L/D > 2$		0	0,82
4	Low drag body of revolution		0	0,04
5	Low drag vehicle near the ground		0,18	0,15
6	Generic automobile		0,32	0,43
7	Prototype race car		-3,00	0,75

Fuente. (Katz, 1995)

Para la distribución de la presión en la forma del vehículo, debemos tener en cuenta que la velocidad aumenta y la presión disminuye a medida que aumenta la altura del vehículo (superficie de contacto con el aire en relación al piso).

La presión en la parte delantera del vehículo es mayor que la parte trasera del mismo, esto es debido a la separación del fluido que se produce en la parte frontal del vehículo.

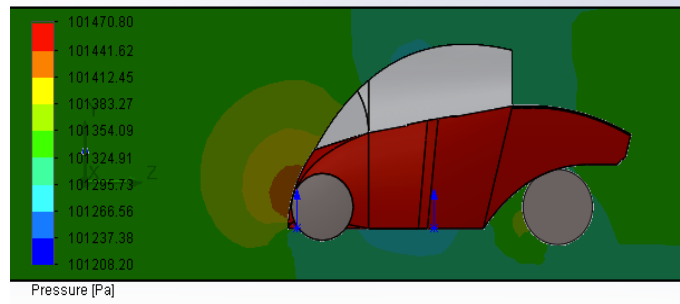


Figura 3-30. Vista lateral de la distribución de la presión sobre el vehículo.

Fuente. Grupo Investigador.

Se puede observar que la presión en la parte delantera del vehículo es mayor a la parte trasera, esto es lo que produce el arrastre.

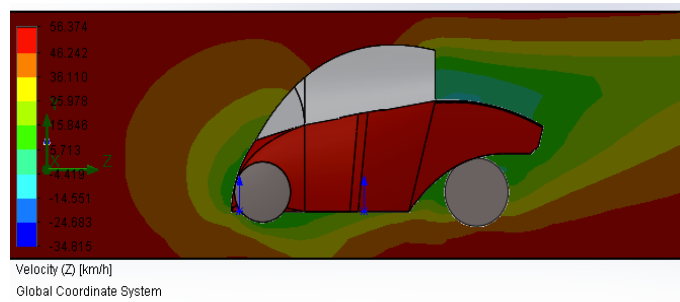


Figura 3-31. Vista lateral de la distribución de velocidad de aire sobre el vehículo.

Fuente. Grupo Investigador.

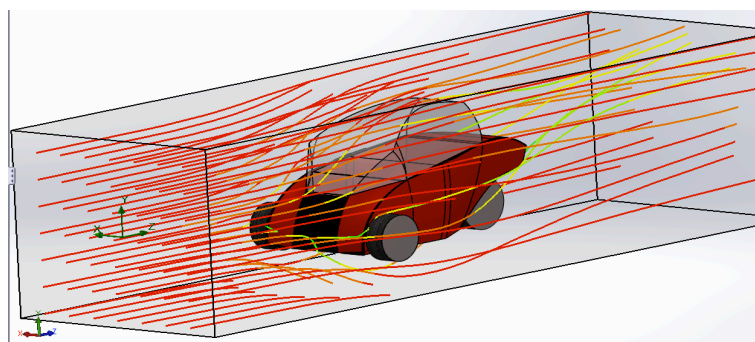


Figura 3-32. Flujo de aire a través del vehículo.

Fuente. Grupo Investigador.

Trayectoria del aire a través del vehículo, en donde al comparar la imagen de presión con la de velocidad se afirma que cuando aumenta la velocidad disminuye la presión.

CAPÍTULO 4

CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y ACABADOS AUTOMOTRICES

4.1 CONSTRUCCIÓN BASTIDOR.

Para la construcción del bastidor nos ayudamos con el diseño planteado, se toma en cuenta los factores ya estudiados.

Elegimos un tubo redondo “AISI 1020” 3/4 de pulgada con un espesor 2,3mm, con las siguientes características.

Tabla 4-1. Características del tubo redondo “AISI 1020”

PROPIEDADES	VALOR	UNIDADES
Modulo Elástico	200000	MPa(N/mm ²)
Coefficiente de Poisson	0,29	N/D
Módulo cortante	77000	MPa(N/mm ²)
Densidad de masa	7900	kg/m ³
Límite de tracción	420,51	N/mm ²
Límite elástico	351,57	MPa(N/mm ²)
Coefficiente de expansión térmica	1,50E-05	/K
Conductividad térmica	47	W/(m*K)
Calor específico	420	J/(kg*K)

Fuente. (SolidWorks 2014)

Con el tubo especificado se procedió con la construcción del bastidor; Se empezó por la base del vehículo, tomando en cuenta las medidas preestablecidas en el diseño y con los respectivos biselados de los tubos. Ver Anexos Planos, Lámina N° 3.

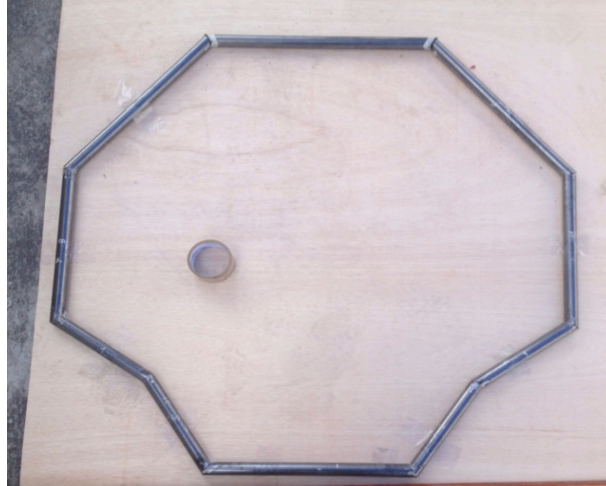


Figura 4-1. Vista superior de la estructura base del bastidor.

Fuente. Grupo Investigador.

Se procedió con la construcción de los tubos verticales del bastidor y su respectiva triangulación, se realizó un proceso de soldadura GMAW - MIG con alambre tubular de calibre de 0.9 mm con núcleo fundente.



Figura 4-2. Proceso de soldadura del bastidor.

Fuente. Grupo Investigador.

Terminada la construcción del bastidor se procede a verificar que las medidas ya preestablecidas se cumplan a cabalidad para el correcto funcionamiento del vehículo.



Figura 4-3. Dimensionamiento del bastidor con un ocupante.

Fuente. Grupo Investigador.

Tabla 4-2. Diagrama de proceso de construcción del bastidor tubular.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VEHÍCULO AUTOMOTOR PERSONAL										
MÉTODO ACTUAL			MÉTODO PROPUESTO			FECHA:				
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE:			BASTIDOR TUBULAR							
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN:			CONSTRUCCIÓN							
			ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		ANÁLISIS	
			TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM		
○	OPERACIONES		65	213						
➡	TRANSPORTE		2	1						
□	INSPECCIONES		55	220						
D	RETRASOS		0	0						Estudiado por: Armas E. / Castillo J.
▽	ALMACENAMIENTO		12	41						
DIST. RECORRIDA (Km)			1,1							
PASO	DETALLE DEL PROCESO	MÉTODO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAMIENTO	DISTANCIA (m)	CANTIDAD	TIEMPO(HORAS) CALCULO DE TIEMPO/COSTO
1	Adquisición de materiales	Vehículo	●	➡	□	D	▽	1000	1	2
2	Medición de tubos	Flexómetro	●	➡	■	D	▽	10	40	3
3	Corte de tubos	Sierra	●	➡	■	D	▽	40	40	5
4	Elaboración plantilla base del bastidor	Madera	●	➡	■	D	▽	12	1	1
5	Biselado de tubos	Pulidora	●	➡	■	D	▽	30	60	8
6	Soldadura del bastidor	GMAW-MIG	●	➡	■	D	▽	20	80	30
7	Pulido de la estructura.	Lija	●	➡	□	D	▽	9	30	8
8	Pintura del bastidor	Soplete	●	➡	■	D	▽	4	1	8

Fuente. Grupo Investigador.

4.2 CONSTRUCCIÓN DE LA SUSPENSIÓN.

4.2.1 CONSTRUCCIÓN MESA SUPERIOR

Para la construcción de las mesas de la suspensión delantera del vehículo se utiliza el mismo tubo del bastidor, AISI 1020.

Las mesas superiores constan de dos brazos que se unen al bastidor por medio de dos elementos de sujeción y bujes que permite la reducción de la fricción, también se une a la mangueta por medio de una rotula regulable, de acuerdo Anexos Planos, Lámina N° 4.



Figura 4-4. Mesa superior

Fuente. Grupo Investigador..

4.2.2 CONSTRUCCIÓN DE LA MESA INFERIOR

Las mesas inferiores constan de dos brazos que se unen al bastidor por medio de dos elementos de sujeción y bujes, también se une a la mangueta por medio de una rotula regulable.

Las mesas inferiores además tienen un soporte que permite el alojamiento para la base del amortiguador.



Figura 4-5. Mesa inferior
Fuente. Grupo Investigador.



Figura 4-6. Triangulación de las bases de la suspensión en el bastidor
Fuente. Grupo Investigador.

Tabla 4-3. Diagrama de proceso de construcción del sistema de suspensión.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VEHÍCULO AUTOMOTOR PERSONAL										
MÉTODO ACTUAL			MÉTODO PROPUESTO			FECHA:				
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE:			SISTEMA DE SUSPENSIÓN							
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN:			CONSTRUCCIÓN							
			ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		ANÁLISIS	
			TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM		
○	OPERACIONES		85	154						
➡	TRANSPORTE		2	1						
□	INSPECCIONES		78	152						Estudiado por: Armas E. / Castillo J.
D	RETRASOS		0	0						
▽	ALMACENAMIENTO		5	40						
DIST. RECORRIDA (Km)			1,1							
PASO	DETALLE DEL PROCESO	método	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAMIENTO	DISTANCIA (m)	CANTIDAD	TIEMPO(HORAS) CALCULO DE TIEMPO/COSTO
1	Adquisición de materiales	Vehículo	●	➡	□	D	▽	1000	1	2
2	Medición de tubos	Flexómetro	●	➡	■	D	▽	8	40	3
3	Corte de tubos	Sierra	●	➡	■	D	▽	7	40	5
4	Elaboración plantillas para el diseño de las mesas	Madera	●	➡	■	D	▽	4	4	2
5	Biselado de tubos	Pulidora	●	➡	■	D	▽	12	16	3
6	Soldadura de las mesas	GMAW-MIG	●	➡	■	D	▽	5	4	2
7	Pulido de las mesas.	Lija	●	➡	□	D	▽	10	1	5
8	Corte de platina	Sierra	●	➡	■	D	▽	14	20	,30
9	Soldadura de las platinas	GMAW-MIG	●	➡	■	D	▽	12	20	2
10	Pintura de las mesas	Soplete	●	➡	■	D	▽	6	4	1
11	Ensamble de las mesas	Pernos	●	➡	■	D	▽	20	4	,30

Fuente. Grupo Investigador.

4.2.3 CONSTRUCCIÓN DE LA SUSPENSIÓN TRASERA

Para la construcción del basculante de la rueda trasera se utiliza un tubo rectangular norma ASTM A-500 con las siguientes características.

Tabla 4-4. Características del tubo rectangular norma ASTM A-500.

DIMENSIONES			AREA	EJES X-X			EJES Y-Y			
A (mm)	B (mm)	ESPESOR (mm)	PESO (kg/m)	AREA (cm ²)	I (cm ⁴)	W (cm ³)	i (cm)	I (cm ⁴)	W (cm ³)	i (cm)
20	40	1,2	1,09	1,32	2,61	1,3	1,12	0,88	0,88	0,83
25	50	1,5	1,71	2,10	6,39	2,56	1,74	2,19	1,75	1,02
30	50	1,5	1,88	2,25	7,27	2,91	1,80	3,32	2,21	1,21
30	70	2,0	3,03	3,74	22,2	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25
30	70	2,0	2,93	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25
30	70	3,0	4,25	5,41	30,5	8,71	2,37	7,78	5,23	1,20
40	80	1,5	2,76	3,74	31,75	7,94	2,91	10,77	5,39	1,70
50	100	2,0	4,52	5,74	74,94	14,99	3,61	25,65	10,26	2,11

Fuente. (acero, 2014)

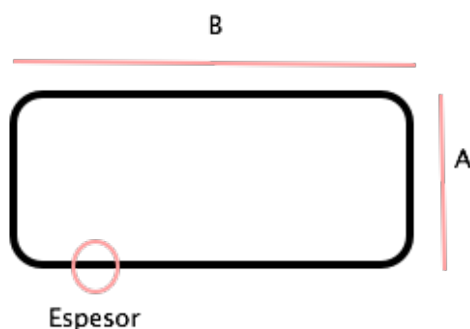


Figura 4-7. Dimensiones del perfil

Fuente. (acero, 2014)

Nomenclatura:

I = Momento de inercia de la sección, cm^4

W = Módulo resistente de la sección, cm^3

i = Radio de giro de la sección.



Figura 4-8 Basculante posterior.

Fuente. Grupo Investigador.

Con el diseño ya preestablecido y las longitudes adecuadas del basculante se procede a mecanizar el alojamiento para dos rodamientos que permiten la rotación del eje de transmisión trasero de diámetro de 29 mm, además se mecaniza dos bujes de 20 mm de diámetro interno que permiten la oscilación y la sujeción con el bastidor.

Tabla 4-5. Diagrama de proceso de construcción del sistema de suspensión trasera.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VEHÍCULO AUTOMOTOR PERSONAL											
MÉTODO ACTUAL			MÉTODO PROPUESTO			FECHA:					
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE:			SISTEMA DE SUSPENSIÓN (BASCULANTE)								
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN:			CONSTRUCCIÓN							ANÁLISIS	
			ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA				
			TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM			
○	OPERACIONES		18.6	30							
➡	TRANSPORTE		2	1							
□	INSPECCIONES		16.6	29						Estudiado por: Armas E. / Castillo J.	
D	RETRASOS		0	0							
▽	ALMACENAMIENTO		2.30	5							
DIST. RECORRIDA (Km)			1,0								
PASO	DETALLE DEL PROCESO	MÉTODO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAMIENTO	DISTANCIA (m)	CANTIDAD	TIEMPO(HORAS)	CALCULO DE TIEMPO/COSTO
1	Adquisición de materiales	Vehículo	●	➡	□	D	▽	1000	1	2	
2	Medición de tubos	Flexómetro	●	➡	■	D	▽	1	4	0,30	
3	Corte de tubos	Sierra	●	➡	■	D	▽	1	4	0,30	
4	Perforación de los tubos	Taladro	●	➡	■	D	▽	1	2	2	
5	Soldadura de los bocines	GMAW-MIG	●	➡	■	D	▽	1	2	2	
6	Corte de las platinas	Sierra	●	➡	■	D	▽	2	4	2	
7	Soldadura de las platinas	GMAW-MIG	●	➡	■	D	▽	2	4	2	
8	Pulido	Lija	●	➡	■	D	▽	1	3	3	
9	Pintura de tubo basculante.	Soplete	●	➡	■	D	▽	2	3	2	
10	Ensamble con el bastidor	Herramientas	●	➡	■	D	▽	2	3	3	

Fuente. Armas Y, Castillo J.

4.3 CONSTRUCCIÓN TRANSMISIÓN

Para que la rueda trasera transmita potencia que sale del motor es necesario maquinar dos ejes de transmisión con las siguientes características.

Es un eje de transmisión AISI 4340 que cumple con las siguientes especificaciones.

Tabla 4-6. Composición eje de transmisión AISI 4340

	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo
AISI4340	0,36	0,25	0,70	1,40	1,40	0,20

Fuente. (IVAN BOHMAN 2014)

Tabla 4-7. Propiedades mecánicas eje de transmisión AISI 4340.

Resistencia a la tracción	90 – 100 kg/mm²
Esfuerzo de cedencia	70 kg/mm²
Resistencia al impacto	Aproximada 20 J
Dureza	270 – 330 HB

Fuente. (IVAN BOHMAN 2014)

Por las dimensiones reducidas del vehículo la ubicación del motor está en la parte izquierda del conductor, debido a esto, se tuvo que utilizar dos ejes para lograr la correcta transmisión de movimiento.

Se utilizó un eje de diámetro 29 mm con dos rodamientos verticales que se fijan al bastidor, este eje posee dos piñones con relación de 1:1.

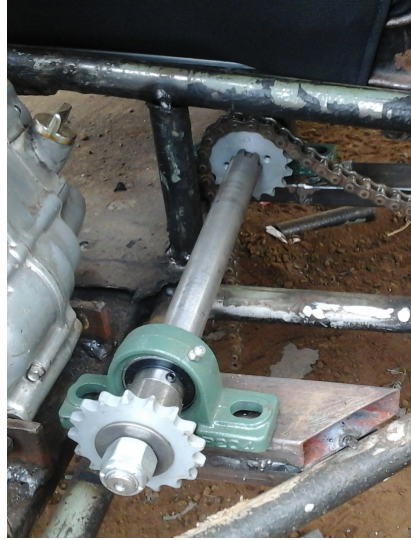


Figura 4-9. Ubicación del eje delantero de transmisión.

Fuente. Grupo Investigador.

El eje trasero posee tres estriados.

- Primer estriado contiene un soporte que va acoplada a la rueda trasera.
- Segundo estriado esta acoplado con la catalina para la transmisión de potencia.
- Tercer estriado contiene al disco de freno.



Figura 4-10. Eje de transmisión trasero.

Fuente. Grupo Investigador.

Las características técnicas del eje trasero son similares a las del eje delantero.

Tabla 4-8. Diagrama de proceso de construcción del sistema de transmisión.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VEHÍCULO AUTOMOTOR PERSONAL											
MÉTODO ACTUAL			MÉTODO PROPUESTO				FECHA:				
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE:			SISTEMA DE TRANSMISIÓN								
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN:			CONSTRUCCIÓN								
			ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		ANÁLISIS		
			TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM			
○	OPERACIONES		20.3	9							
➡	TRANSPORTE		2	1							
□	INSPECCIONES		18,3	8							Estudiado por: Armas E. / Castillo J.
D	RETRASOS		0	0							
▽	ALMACENAMIENTO		2	1							
DIST. RECORRIDA (Km)			5,0								
PASO	DETALLE DEL PROCESO	MÉTODO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAMIENTO	DISTANCIA (m)	CANTIDAD	TIEMPO(HORAS)	CALCULO DE TIEMPO/COSTO
1	Adquisición de materiales	Vehículo	●	➡	□	D	▽	1000	1	4	
2	Medición de eje de transmisión	Flexómetro	●	➡	■	D	▽	1	2	0,30	
3	Torneado de eje	Torno	●	➡	■	D	▽	2000	2	8	
4	Fresado de estriados	Fresa	●	➡	■	D	▽	10	2	5	
5	Ensamble primer eje	Herramientas	●	➡	■	D	▽	2000	1	4	
6	Ensamble segundo eje	Herramientas	●	➡	■	D	▽	10	1	4	

Fuente. Grupo Investigador.

4.4 MONTAJE DE LA SUSPENSIÓN DELANTERA.

Para el montaje de la suspensión delantera, se debe anclar tanto la mesa superior como la inferior a sus puntos de apoyo.

Las rotulas de suspensión delantera van ubicadas como se muestra en la figura 4-10, tiene regulación para la alineación del camber.

En la mesa de suspensión inferior se encuentra el soporte para el amortiguador.

Las mesas ya ancladas en el bastidor poseen una cinemática correcta.



Figura 4-11. Sistema de suspensión delantera.

Fuente. Grupo Investigador.

4.5 MONTAJE DE LA SUSPENSIÓN TRASERA

Para el montaje de la suspensión trasera al bastidor, se realiza mediante dos pernos M20, los cuales ayudaran a la oscilación correcta del basculante.



Figura 4-12. Anclaje del basculante con el bastidor.

Fuente. Grupo Investigador

Para lograr una correcta amortiguación en la parte trasera del vehículo, se coloca un tubo rectangular entre los dos brazos del basculante, permitiendo así el soporte inferior del amortiguador trasero.



Figura 4-13. Amortiguador trasero.

Fuente. Grupo Investigador.

4.6 MONTAJE DE LA TRANSMISIÓN

Para el montaje de la transmisión es indispensable que la alineación entre el piñón y la catalina sea correcta con lo que logramos que la cadena no salte y se deslice de manera correcta para tener tracción en la rueda posterior.



Figura 4-14. Segundo eje de transmisión, acoplado a la rueda
Fuente. Grupo Investigador.

El eje de tracción delantero posee dos puntos de deslizamiento, como se muestra en la figura



Figura 4-15. Eje delantero de transmisión.
Fuente. Grupo Investigador.

4.7 MONTAJE DEL SISTEMA DE FRENOS

El sistema de frenos está conformado por un disco, caliper, bomba, tambores, pastillas, zapatas, cables de freno, manguera de fluido hidráulico.

El disco de freno se encuentra acoplado al eje trasero; un caliper que se encuentra situado en el brazo derecho del basculante.

La bomba de freno se sitúa en la parte posterior del pedal de activación el cual convertir o transformar la fuerza mecánica de la presión ejercida por el conductor del vehículo sobre el pedal de freno, en presión hidráulica.

El líquido hidráulico recomendado para este sistema es DOT3, se debe cambiar el líquido de todo el sistema cada 2 años, debido a que pierde sus propiedades, cuando existe más de 3% de agua dentro del sistema, existe la posibilidad de que generen fallas como puede ser burbujas, corrosión de elementos metálicos, desgaste de cilindros de freno y sellos.

Para las ruedas delanteras se tiene un sistema de frenos por tambor, el cual es accionado por cable, presionando el pedal de freno.



Figura 4-16. Freno posterior.

Fuente. Grupo Investigador.

Tabla 4-9. Diagrama de proceso de construcción del sistema de frenos.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VEHÍCULO AUTOMOTOR PERSONAL											
MÉTODO ACTUAL			MÉTODO PROPUESTO					FECHA:			
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE:			SISTEMA DE FRENOS								
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN:			ADAPTACIÓN								
			ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		ANÁLISIS		
			TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM			
○	OPERACIONES		19	9							
➡	TRANSPORTE		4	1							
□	INSPECCIONES		15	8							Estudiado por: Armas E. / Castillo J.
D	RETRASOS		0	0							
▽	ALMACENAMIENTO		4	1							
DIST. RECORRIDA (Km)			8								
PASO	DETALLE DEL PROCESO	MÉTODO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAMIENTO	DISTANCIA (m)	CANTIDAD	TIEMPO(HORAS)	CALCULO DE TIEMPO/COSTO
1	Adquisición del sistema de frenos	Vehículo	●	➡	□	D	▽	8000	1	4	
2	Adaptación sistema de cañería	Herramientas	●	➡	■	D	▽	1	1	1	
3	Adaptación de la bomba de freno	Herramientas	●	➡	■	D	▽	1	1	2	
4	Acoplamiento del pedal de freno	Herramientas	●	➡	■	D	▽	1	1	2	
5	Ensamble del caliper de freno	Herramientas	●	➡	■	D	▽	1	1	2	
6	Construcción sistema de freno delantero	Herramientas	●	➡	■	D	▽	2	2	6	
7	Ensamble del freno delantero	Herramientas	●	➡	■	D	▽	2	2	2	

Fuente. Grupo Investigador.

4.8 MONTAJE DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN.

Para el sistema de dirección se adaptó un cajetín de dirección (piñón cremallera) del vehículo Suzuki Forsa 1, fue necesario maquinar los terminales de la dirección debido a las dimensiones reducidas del vehículo.

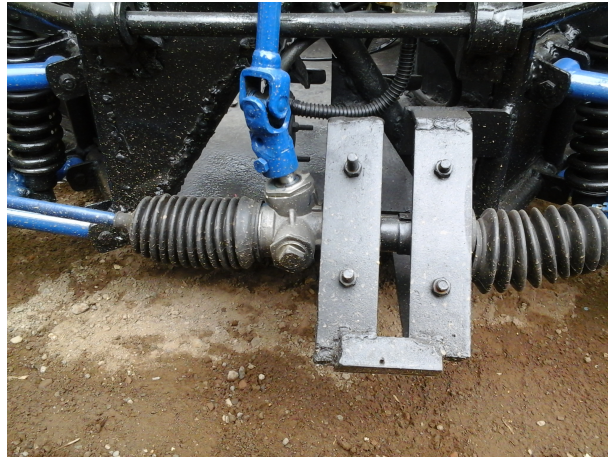


Figura 4-17. Cajetín de dirección

Fuente. Grupo Investigador.

Se realizó una base rígida que sirve para el alojamiento del cajetín de la dirección.

Para la transmisión de movimiento del volante hacia las ruedas, se construyó dos ejes que conforman la columna de dirección, en el cual cada lado posee una junta universal, que permite la fácil rotación de la columna de dirección hacia la caja de dirección y de este a los neumáticos.

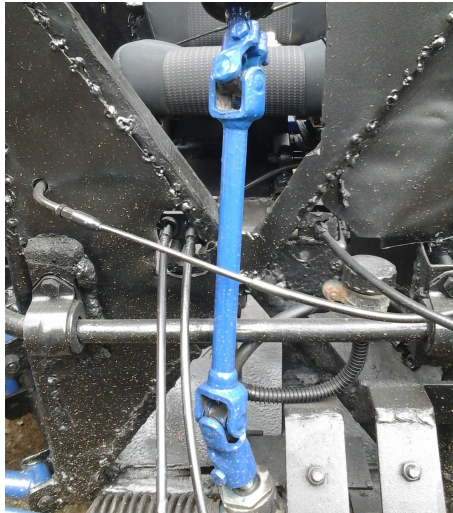


Figura 4-18. Columna de dirección

Fuente. Grupo Investigador.

Para el soporte del volante se construyó una base soldada al bastidor del vehículo, con el fin conseguir la correcta fijación por medio de dos rodamientos y que no exista movimiento alguno por seguridad del conductor.



Figura 4-19. Soporte del volante del vehículo

Fuente. Grupo Investigador.

El volante es desmontable logrando conseguir ergonomía al momento de ingresar o salir del vehículo.



Figura 4-20. Volante desmontable

Fuente. Grupo Investigador.



Figura 4-21. Sistema de dirección

Fuente. Grupo Investigador.

Tabla 4-10. Diagrama de proceso de construcción del sistema de dirección.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VEHÍCULO AUTOMOTOR PERSONAL											
MÉTODO ACTUAL			MÉTODO PROPUESTO					FECHA:			
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE:			SISTEMA DE DIRECCIÓN								
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN:			ADAPTACIÓN-CONSTRUCCIÓN								
			ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		ANÁLISIS		
			TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM			
○	OPERACIONES		46	11							
➔	TRANSPORTE		3	1							
□	INSPECCIONES		43	10							Estudiado por: Armas E. / Castillo J.
⏸	RETRASOS		0	0							
▽	ALMACENAMIENTO		3	1							
DIST. RECORRIDA (Km)			13,1								
PASO	DETALLE DEL PROCESO	MÉTODO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAMIENTO	DISTANCIA (m)	CANTIDAD	TIEMPO(HORAS)	CALCULO DE TIEMPO/COSTO
1	Adquisición del sistema de dirección	Vehículo	●	➔	□	⏸	▽	8000	1	3	
2	Reducción del largo del sistema de dirección	Torno	●	➔	■	⏸	▽	1000	3	6	
3	Adaptación del cajetín de la dirección en le bastidor	Herramientas	●	➔	■	⏸	▽	1	1	2	
4	Construcción del eje acoplado al piñón	Torno	●	➔	■	⏸	▽	1	1	1	
5	Construcción del eje acoplado al volante	Torno	●	➔	■	⏸	▽	1	1	2	
6	Construcción del soporte del volante	Herramientas	●	➔	■	⏸	▽	2	1	1	
7	Ensamble del sistema con el volante	Herramientas	●	➔	■	⏸	▽	4000	1	1	
8	Ensamble del sistema con los neumáticos	Herramientas	●	➔	■	⏸	▽	1	2	30	

Fuente. Grupo Investigador.

4.9 CONSTRUCCIÓN DE LA CARROCERÍA.

Para la elaboración de la carrocería, basado en el esquema ya realizado en el software se tuvo que realizar primero una estructura en perfil de aluminio, que sirva como soporte y guía para la construcción de la fibra de vidrio.

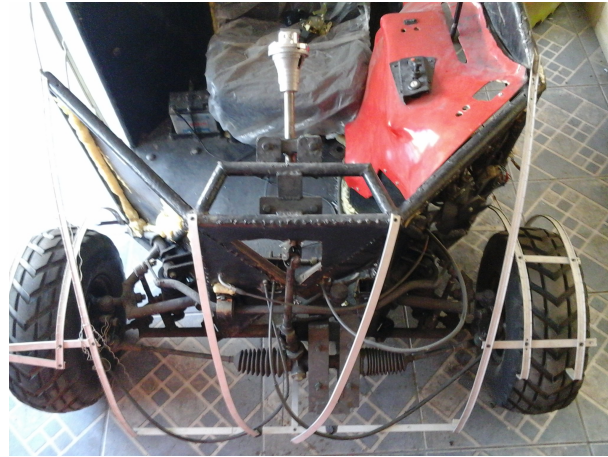


Figura 4-22. Vista frontal del vehículo

Fuente. Grupo Investigador.



Figura 4-23. Vista lateral del vehículo

Fuente. Grupo Investigador.

A continuación se procede a elaborar el diseño del vehículo en cartón prensado, teniendo como base los perfiles en aluminio.



Figura 4-24. Diseño del vehículo con cartón

Fuente. Grupo Investigador.



Figura 4-25. Diseño del vehículo en cartón, vista frontal

Fuente. Grupo Investigador.

En base a la tabla 4-11. Se realiza la mezcla estequiométrica entre, resina poliéster, acelerante y catalizador.

Tabla 4-11. Dosificación adecuada del acelerante.

Temperatura ambiente, °C	Gramos de acelerante por 1000 gramos de resina
De 5° C hasta 10° C	4 a 3
10° C hasta 15° C	3 a 2
15° C hasta 20° C	2 a 1,5
20° C hasta 30° C	1,5 a 1

Generalmente el acelerante es el "octoato de cobalto al 12%".

Fuente. (Pastiquimica)

Ya con la resina y el octoato de cobalto mezclados se procede a colocar el catalizador, que es "peróxido de metil-etil-cetina, con las siguientes proporciones.

Tabla 4-12. Cantidad de catalizador respecto a temperatura ambiente.

Temperatura Ambiente	Gramos de peróxido por 1000 gramos de resina
15°C	30
20°C	20
30°C	10

Fuente. (Pastiquimica)



Figura 4-26. Refuerzo de fibra de vidrio

Fuente. Grupo Investigador.

Con la mezcla estequiométrica de la resina se procede a esparcir con una brocha sobre el cartón prensado, se incorpora el refuerzo de fibra de vidrio.



Figura 4-27. Colocación de fibra de vidrio

Fuente. Grupo Investigador.



Figura 4-28. Secado de la fibra de vidrio

Fuente. Grupo Investigador.

Luego comienza a subir la temperatura de la mezcla hasta endurecerse en un periodo de 20 a 30 minutos.



Figura 4-29. Endurecimiento de la fibra de vidrio, vista frontal

Fuente. Grupo Investigador.

Cuando la mezcla se encuentra seca por completo se procede a pulir hasta que la carrocería tenga una capa regular para poder aplicar masilla poliéster con ayuda de una paleta plástica. También se procede a sacar fillos de la estructura en fibra de vidrio.



Figura 4-30. Pulido de la carrocería de fibra de vidrio

Fuente. Grupo Investigador.

La masilla poliéster se mezcla con el catalizador con una relación de 40:1, 40 *gr* de masilla para 1 *gr* de catalizador.



Figura 4-31. Masillado de la carrocería de fibra de vidrio

Fuente. Grupo Investigador.

Se lija a mano de manera que toda la superficie este uniforme y para corregir pequeñas ondulaciones se utiliza la masilla 100% catalizada.



Figura 4-32. Vista posterior carrocería.

Fuente. Grupo Investigador.

Al concluir se esparce fondo a la carrocería para que la pintura tenga una durabilidad mayor y que llegue al color deseado.



Figura 4-33. Fondo en la carrocería de fibra de vidrio

Fuente. Grupo Investigador.



Figura 4-34. Vista frontal carrocería

Fuente. Grupo Investigador.



Figura 4-35. Carrocería de fibra de vidrio pintada al horno

Fuente. Grupo Investigador.



Figura 4-36. Vehículo automotor personal, vista lateral izquierda.

Fuente. Grupo Investigador



Figura 4-37. Vehículo automotor personal

Fuente. Grupo Investigador

Tabla 4-11. Diagrama de proceso de construcción de la carrocería

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VEHÍCULO AUTOMOTOR PERSONAL											
MÉTODO ACTUAL			MÉTODO PROPUESTO			FECHA:					
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE:			SISTEMA DE DIRECCIÓN								
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN:			ADAPTACIÓN-CONSTRUCCIÓN								
		ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		ANÁLISIS			
		TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM				
○	OPERACIONES	55	11								
➡	TRANSPORTE	10	1								
□	INSPECCIONES	45	9							Estudiado por: Armas E. / Castillo J.	
D	RETRASOS	0	0								
▽	ALMACENAMIENTO	10	1								
	DIST. RECORRIDA (Km)	8,4									
PASO	DETALLE DEL PROCESO	MÉTODO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAMIENTO	DISTANCIA (m)	CANTIDAD	TIEMPO(HORAS)	CALCULO DE TIEMPO/COSTO
1	Adquisición perfil, y elaboración de estructura en perfil de aluminio	Herramientas	●	➡	□	D	▽	8000	1	10	
2	Diseño con cartón prensado	Herramientas	●	➡	■	D	▽	10	3	12	
3	Colocación de resina y fibra de vidrio en el diseño	Herramientas	●	➡	■	D	▽	100	1	6	
4	Pulido de la fibra	Herramientas	●	➡	■	D	▽	80	1	6	
5	Masillado de la fibra	Herramientas	●	➡	■	D	▽	90	2	15	
6	Aplicación de fondo	Soplete	●	➡	■	D	▽	20	1	1	
7	Masillado final	Herramientas	●	➡	■	D	▽	100	1	3	
8	Pintura al horno	Soplete	●	➡	■	D	▽	30	2	2	

Fuente. Grupo Investigador.

4.10 COSTOS DE CONSTRUCCIÓN DEL VEHÍCULO AUTOMOTOR PERSONAL

Los costos de fabricación del vehículo automotor personal se encuentran detallados en la siguiente tabla.

Tabla 4-12. Costos de fabricación del vehículo automotor personal

COSTOS DE FABRICACIÓN DEL VEHÍCULO AUTOMOTOR PERSONAL		
Bastidor	6 tubo redondo 3/4" x 2mm x 6m	66
	1 platinas de 5mm x 3m	5
	1 platinas de 3mm x 3m	5
	Tol negro de 1/32" x 1.22 m x 2.44 m	18
	SUBTOTAL	94
Suspensión	2 tubo redondo 3/4" x 2mm x 6m	22
	Tubo rectangular ASTM a 500, 3mm x 30mm x 70mm	10
	3 amortiguadores	120
	Bocines	10
	Silentblocks	5
	Rótulas	40
	SUBTOTAL	207
	2 ejes de transmisión AISI 4340	180
Transmisión	Cadena de transmisión	6
	Piñones	3
	Chumaceras	9
	SUBTOTAL	198
	6 perfil de aluminio 1345	36
Carrocería	Cartón prensado	5
	13 m de fibra de vidrio	20
	15 kg resina cobaltada	70
	120 ml de peróxido de metil-etil-cetina	3
	Masilla polyester	30
	Masilla 100% catalizada	10
	Lunas delanteras	20
	Lunas traseras	10
	Pintura al horno	250
	Tubo estructural negro cuadrado 1,2 mm x 1" x 1"	30
	Acrílico	250
		SUBTOTAL
	Cremallera Suzuki Forsa I	59
Dirección	Rótulas	20
	Columna de dirección	40
	Chumaceras	9
	Volante	40
	Acople volante desmontable	80

	SUBTOTAL	248
	Cuadrón Ranger	550
	Pernos, rodelas	50
	Cable acelerador	2
Varios	Cable embrague	2
	Cable freno	2
	Cañería de freno	22
	Cable choque	2
	Direccionales	5
	Asiento	50
	Cinturón de seguridad	30
	Tapizado interior	200
	Retrovisores	3
	SUBTOTAL	918
Suministros	Sierras	5
	Discos de corte	15
	Disco de desbaste	6
	Alambre MIG	40
	Brocas	5
	Cuchillas para tornear	6
	Brochas	4
	Lijas	8
	Amarras plásticas	2,5
	SUBTOTAL	91,5
	TOTAL	2490,5

Fuente. Grupo Investigador.

El costo total para la construcción del vehículo automotor personal es de 2490,50 dólares americanos, en este valor no incluye tiempo invertido en investigación, diseño, y construcción.

CAPÍTULO 5

PRUEBAS Y FUNCIONAMIENTO.

5.1 FICHA TÉCNICA DEL VEHÍCULO AUTOMOTOR PERSONAL.

Tabla 5-1. Ficha técnica del vehículo automotor personal.

FICHA TÉCNICA.		
MOTOR	Tipo	4 tiempos enfriado por aire
	Cilindrada	200cc
	No. Cilindros	1
	Potencia	11.5Kw @ 7000rpm
	Torque máx.	15N.m " 6000rpm
	Velocidad máx.	70 km/h
	Arranque	Eléctrico
BASTIDOR	Estructura tubular	Tubo AISI 1020 3/4"X2,3mm
	Distancia al piso	28 cm
SUSPENSION	Delantera	Independiente, doble A, Conjunto resorte-amortiguador
	Posterior	Basculante Conjunto resorte-amortiguador
TRANSMISIÓN	Tipo	Cadena
	Marchas	4 marchas y reversa
	Embrague	Mecánico
DIRECCIÓN	Mecánica	Piñón-Cremallera
FRENO	Delantero	Tambor
	Posterior	Disco
CARROCERÍA	Fibra de vidrio, acrílico	

Fuente. Grupo Investigador.

5.2 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.

Las pruebas de funcionamiento del vehículo automotor personal que se realizan son de velocidad y frenada.

5.2.1 PRUEBA DE VELOCIDAD.

Para prueba de velocidad se realiza en una distancia de 50 metros a 2750 msnm y a una temperatura promedio de 12 grados Celsius.

Tabla 5-2. Prueba de velocidad

Prueba de velocidad			
	Tiempo(s)	Distancia(m)	Velocidad Final(Km/h)
Prueba 1	7.6	50	23.68
Prueba 2	7.4	50	24.32
Prueba 3	7.8	50	23.07
Promedio	7.6	50	23.69

Fuente. Grupo Investigador.

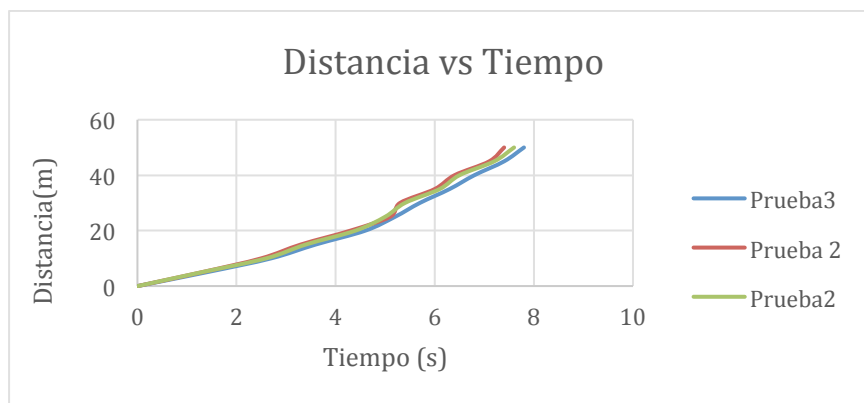


Figura 5-1. Distancia vs Tiempo

Fuente. Grupo Investigador.

Conclusión: El vehículo automotor personal en 50 metros de distancia alcanza una velocidad final promedio de 23,69 km/h en un lapso 7,6 segundos.

5.2.2 PRUEBA DE FRENADO.

Para la prueba de frenado se establece una distancia de 30 m a recorrer con el motor a máxima revolución antes de frenar, con lo que se obtuvo los siguientes resultados.

Tabla 5-3. Prueba de frenado

Prueba de frenado			
	Velocidad Promedio(km/h)	Distancia de frenado(m)	3 ruedas bloqueadas simultáneamente
Concreto	20	5,3	Ok
Asfalto	20	5,1	Ok

Fuente. Grupo Investigador.

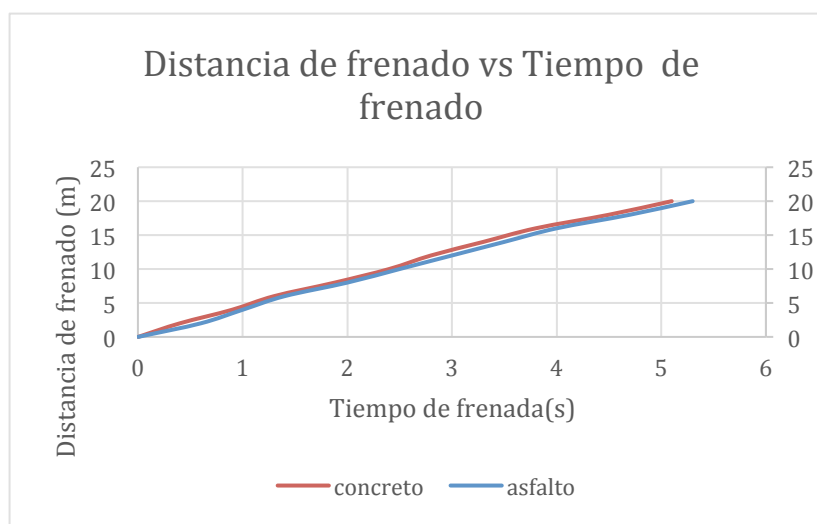


Figura 5-2. Distancia de frenado vs tiempo de frenado

Fuente. Grupo Investigador.

Conclusión: El vehículo automotor personal obtiene una distancia máxima de frenado de 5,3 metros en asfalto, y una distancia de 5,1 metros en concreto, además depende del coeficiente de fricción de la superficie la distancia de frenado.

5.2.3 PRUEBAS DE ESTABILIDAD.

Las pruebas de estabilidad del vehículo automotor personal que se realiza es de maniobrabilidad o slalom, que consiste en colocar 10 conos en línea recta separados cada uno por 10 metros los resultados obtenidos son los siguientes.

Tabla 5-4. Prueba de maniobrabilidad.

Maniobrabilidad			
	Tiempo (s)	# Conos derribados	Tiempo total
Prueba 1	16,5	0	16,5
Prueba 2	17,2	0	17,2
Prueba 3	16,3	0	16,3

Fuente. Grupo Investigador.

Conclusión: El vehículo automotor personal tiene mucha agilidad debido a la corta distancia entre ejes que tiene, presenta una estabilidad óptima.

5.2.4 PRUEBA DE AUTONOMÍA.

Tabla 5-5. Prueba de autonomía

PRUEBA DE AUTONOMÍA	
Volumen del depósito	4200 cc.
Volumen ocupado	390 cc.
Distancia urbana recorrida	11 Km.
Autonomía	118 Km.
Combustible utilizado extra	87 octanos

Fuente. Grupo Investigador.

La prueba de autonomía del vehículo automotor personal que se realiza es consumo de combustible, para lo cual se determina la capacidad del depósito de combustible, la cual es de 4200 cc, en una distancia recorrida de 11 Km urbanos, el consumo de combustible es de 390 cc.

Por lo que se determina que el vehículo automotor personal puede recorrer una distancia de 118 Km, con el depósito de combustible al máximo de la capacidad. El consumo de combustible depende de las condiciones de manejo por parte del conductor.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES:

- Se diseñó y construyó un vehículo automotor personal con estructura tubular, carrocería en fibra de vidrio y acrílico que cumple con los parámetros de diseño establecidos.
- El diseño del bastidor del vehículo automotor personal es seguro, los valores de tensiones generados están por debajo del límite elástico del material, obteniendo así un factor de seguridad mínimo de 2,2.
- El material AISI 4340 con el que se mecanizó los ejes de transmisión del vehículo automotor personal, se seleccionó adecuadamente, el factor de seguridad mínimo es de 3,23 en eje de transmisión delantero y 3,2 en el eje de transmisión trasero.
- En el vehículo automotor personal se logró conseguir una adecuada y correcta visibilidad que permite al conductor un manejo cómodo, seguro, además con gran agilidad y maniobrabilidad.
- Se ha logrado conseguir un comportamiento satisfactorio y desplazamiento adecuado de la suspensión del vehículo automotor personal para la conducción en zonas urbanas.
- El vehículo automotor a pesar de sus cortas dimensiones, tiene una fácil accesibilidad para el conductor debido a su parabrisas inclinable, puerta de acceso y volante desmontable.
- Las pruebas de funcionamiento realizadas en el vehículo automotor personal permitieron determinar el eficiente trabajo realizado en el

diseño y la construcción, logrando así fiabilidad y eficiencia en el manejo.

6.2 RECOMENDACIONES:

- Es recomendable realizar el cambio de aceite de motor cada 1500 km de recorrido, con la finalidad que exista la correcta lubricación en los elementos mecánicos, de esta manera también se evita la pérdida de propiedades del lubricante.
- El mantenimiento al sistema de dirección que se debe realizar consiste en engrase de la caja de dirección, esto es piñón y cremallera, además de verificar el estado de las juntas universales de la columna de la dirección.
- Se recomienda tener una adecuada presión de aire en los neumáticos del vehículo automotor personal, especialmente en el neumático de tracción trasera, de esta manera no existirá desgaste excesivo.
- El sistema eléctrico del vehículo debe estar protegido los empalmes con un tubo de aplicación térmica polyolefin, y la masa de cables con un tubo plástico corrugado.
- El mantenimiento para el sistema de frenos, el cual es de vital importancia para la seguridad del ocupante se debe realizar cada 2000 km de recorrido, de esta manera evitamos que existan desperfectos mecánicos, y aseguramos un correcto frenado del vehículo automotor personal.
- El límite máximo de velocidad para vehículos livianos, motocicletas y similares en sector urbano es de 50 km/h y el rango moderado de 50 a 60 Km/h.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Reimpell, I. J. (2001). *The Automotive Chassis*. Great Britain: Butterworth-Heinemann .
- Katz, J. (1995). *Race Car Aerodynamics: Designing for speed*. Cambridge: Bentley Publishers.
- Milliken, W. F. (1995). *Race car vehicle dynamics*. U.S.A: Warrendale.
- Luque, P. (2006). *Ingeniería del Automovil*. España: Thomson Editores Spain.
- BOSCH. (2003). *MANUAL DE LA TECNICA DEL AUTOMOVIL* (4TA ed.). ESPAÑA: REVERTÉ.
- Alonso, J. M. (2008). *Técnicas del Automóvil*. España: Paraninfo. S.A.
- TOYOTA. (1990). *SISTEMA DE SUSPENSION* (Vol. 10).
- Ríos, O. (1992). LA SUSPENSION AUTOMOVILES DE COMPETICION. En O. Ríos, *LA SUSPENSION AUTOMOVILES DE COMPETICION* (pág. 32). Madrid: CEAC.
- JOHN REMLING, V. (1987). *CONSULTOR AUTOMOTRIZ* (Vol. 3). NEW YORK: LIMUSA SA.
- Edwin Arroyo, R. A. (2013). *Diseño y construcción del bastidor y sistema de suspensión de un Car-Cross monoplaza para servicio turístico*. Latacunga.
- Nuñez Vera Xavier, R. T. (2013). *Diseño y construcción de una tricimoto con motor de combustión interna de cuatro tiempos y suspensión independiente,(bi-Plaza), para dezplazarnos con mayor rapidez, seguridad y confort debiso al congestionamiento vehicular que existe en el Ecuador*. Latacunga.
- Anónimo. (s.f.). *clubf1alonso*. (Anónimo, Productor, & Anñonimo) Obtenido de coches míticos Ferrari F1: <http://www.clubf1alonso.com>
- Tiendacibex. (19 de 08 de 2014). *tiendacibex.com*. Obtenido de <http://www.tiendacibex.com/contents/es/d545.html>
- AutoHispania. (19 de 08 de 2014). *AutoHispania*. Obtenido de <http://www.autohispania.com/barra-estabilizadora-tras-opel-astra-limsedankombisw-ahahsw-0404-diametro-tras24-notas-p-484557.html>

- Mecanica Automotriz. (19 de 08 de 2014). *mecanica autmotriz*. Obtenido de <http://hola-mecanicaautomotriz.blogspot.com/2012/01/la-suspension.html>
- Aficionados a la mecánica. (19 de 08 de 2014). *Aficionados a la mecánica*. Obtenido de <http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension3.htm>
- km77.com. (19 de 08 de 2014). *km77.com*. Obtenido de <http://www.km77.com/tecnica/bastidor/balanceo/t01.asp>
- Discount Tire Direct. (19 de 08 de 2014). *Discount Tire Direct*. Obtenido de <http://www.discounttiredirect.com/direct/infoAlignment.do>
- Unique Cars and Parts. (08 de 19 de 2014). *Unique Cars and Parts*. Obtenido de http://www.uniquecarsandparts.com.au/auto_terms_kingpin_inclination.htm
- LHM maníacos. (16 de 05 de 2007). *LHM maníacos*. Obtenido de <http://lhmaniacos.mforos.com/1180743/5834873-dossier-citroen-cx/>
- FuelWasters. (23 de 01 de 2011). *FuelWasters*. Obtenido de <http://www.fuelwasters.com/2011/01/formula-sae-diseno-de-un-chasis.html>
- Ortiz, A. (21 de 10 de 2012). *EAF DEL AUTOMOVIL*. Obtenido de <http://ortizalvarosua12.blogspot.com/2012/10/tipo-de-carrocerias.html>
- acero, D. p. (15 de 01 de 2014). *Dipac productos de acero*. Recuperado el 21 de 05 de 2014, de Tubo estructural negro rectangular: http://www.dipacmanta.com/alineas.php?ca_codigo=1102
- Pastiquimica. (s.f.). *Plastiquimica*. Recuperado el 27 de 05 de 2014, de Instructivo para hacer trabajos en fibra de vidrio: http://www.plastiquimica.cl/pdf/Instructivo_Basico.pdf
- The Bruce Weiner. (2002). *1957 Messerschmitt KR - 201*. Recuperado el 1 de 06 de 2014, de The Bruce Weiner MicroCar Museum: <http://microcarmuseum.com/tour/messerschmittkr201.html>

ANEXOS

ANEXOS

PLANOS