



**Implementación de un sistema de suspensión y frenos en el prototipo de pista Mini Austin 1973 para la categoría TC 2000.**

Altamirano Reyes, Ángel Andrés y Lata Melendrez, Jonathan David

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnólogo Superior en Mecánica Automotriz

Ing. Jácome Guevara, Fausto Andrés, Mtr.

3 de febrero del 2022

Latacunga



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que la monografía, **“Implementación de un sistema de suspensión y frenos en el prototipo de pista Mini Austin 1973 para la categoría TC 2000”** fue realizado por los señores **Altamirano Reyes, Ángel Andrés y Lata Melendrez, Jonathan David** la cual ha sido revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 23 de febrero del 2022

Firma:

**Ing. Jácome Guevara, Fausto Andrés, Mtr.**

C. C.: 171757960-9

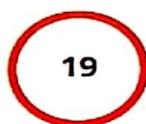


Monografia sistema de suspension y frenos Final1.pdf

Scanned on: 22:13 February 22, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	168
Words with Minor Changes	7
Paraphrased Words	115
Omitted Words	0



Website | Education | Businesses

Firma:

A handwritten signature in blue ink, which appears to read "Fausto Andrés Guevara".

Ing. Jácome Guevara, Fausto Andrés, Mtr.

C. C. 1717579609



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Nosotros, **Altamirano Reyes, Ángel Andrés** y **Lata Melendrez, Jonathan David**, con cédulas de ciudadanía n° 185014547-3 y 060531136-4, declaramos que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **“Implementación de un sistema de suspensión y frenos en el prototipo de pista Mini Austin 1973 para la categoría TC 2000”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 23 de febrero del 2022

Firma

**Altamirano Reyes, Ángel Andrés**

C.C.: 185014547-3

Firma

**Lata Melendrez, Jonathan David**

C.C.: 060531136-4



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN**

Nosotros **Altamirano Reyes, Ángel Andrés** y **Lata Melendrez, Jonathan David** autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **“Implementación de un sistema de suspensión y frenos en el prototipo de pista Mini Austin 1973 para la categoría TC 2000”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 23 de febrero del 2022

Firma

**Altamirano Reyes, Ángel Andrés**

C.C.: 185014547-3

Firma

**Lata Melendrez, Jonathan David**

C.C.: 060531136-4

### **Dedicatoria**

El presente trabajo lo dedicamos principalmente a Dios, por darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados, y a todas aquellas personas que estuvieron junto a nosotros para incentivarnos y apoyarnos permitiéndonos llegar a cumplir un sueño más, durante todo este proceso, aportando a nuestra formación profesional.

### **Agradecimiento**

Queremos en esta oportunidad agradecer en primer lugar a Dios, que nos guía nuestro camino en todo momento, con vida, con salud, que nos guio y nos ha cuidado hasta el día de hoy.

Agradecemos a aquellas personas que han colaborado para el desarrollo y culminación de nuestra monografía. De manera muy especial al Ing. Fausto Jácome nuestro tutor del presente trabajo, compartiendo sus conocimientos y ayudarnos a cumplir con nuestro objetivo y por confiar a lo largo de este periodo y por el apoyo brindado en este trabajo.

En especial agradecemos a la Universidad de las Fuerzas Armadas, por haberme brindado tantas oportunidades y enriquecerme en conocimiento.

También queremos agradecer a nuestros padres, que han logrado con su esfuerzo el apoyo económico para obtener este objetivo tan deseado.

**Tabla de contenidos**

Carátula.....	1
Certificación.....	2
Reporte de verificación de contenido.....	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicidad.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Tabla de contenidos.....	8
Índice de figuras.....	12
Resumen.....	15
Abstract.....	16
Planteamiento del problema de investigación.....	17
Antecedentes.....	17
Planteamiento del problema.....	18
Justificación.....	19
Alcance.....	20
Objetivos.....	21
<i>Objetivo general</i> .....	21
<i>Objetivos específicos</i> .....	21

<b>Marco teórico.....</b>	<b>22</b>
<b>Sistema de suspensión.....</b>	<b>22</b>
<i>Función.....</i>	<i>22</i>
<i>Tipologías del sistema de suspensión.....</i>	<i>24</i>
<i>Suspensiones posteriores.....</i>	<i>25</i>
<i>Suspensiones delanteras.....</i>	<i>27</i>
<i>Elementos de una suspensión.....</i>	<i>30</i>
<i>Geometría del sistema.....</i>	<i>35</i>
<b>Sistema de dirección.....</b>	<b>41</b>
<i>Función.....</i>	<i>41</i>
<i>Tipologías del sistema de dirección.....</i>	<i>43</i>
<i>Elementos de la dirección.....</i>	<i>46</i>
<b>Sistema de frenos.....</b>	<b>50</b>
<i>Tipos de sistemas de frenado.....</i>	<i>50</i>
Sistema de frenado mecánico.....	50
Sistema de frenado hidráulico.....	51
Sistema de frenado neumático.....	52
Sistema de freno de mano.....	53
<i>Funcionamiento.....</i>	<i>53</i>
<i>Función principal.....</i>	<i>54</i>

<i>Características</i> .....	54
<i>Elementos que lo conforman</i> .....	55
Pedal de freno.....	57
Servo freno.....	56
Bomba principal.....	58
Cañería de frenos.....	59
Discos de freno.....	60
Mordaza.....	60
<i>Estructura</i> .....	61
<i>Funcionamiento</i> .....	61
<i>Tambor de freno</i> .....	62
<i>Bombín de freno de tambor</i> .....	63
<i>Pastillas y zapatas de freno</i> .....	63
<i>Líquido de freno</i> .....	64
<i>Beneficios de los frenos de discos</i> .....	65
Normativa FEDAK.....	66
<i>Suspensión</i> .....	66
<i>Frenos</i> .....	67
Marco metodológico.....	68
Implementación del sistema de suspensión.....	68

<i>Selección del sistema de suspensión posterior.....</i>	<i>68</i>
<i>Selección del sistema de suspensión delantera.....</i>	<i>69</i>
<i>Implementación del sistema de suspensión posterior.....</i>	<i>69</i>
<i>Implementación del sistema de suspensión delantera.....</i>	<i>76</i>
<i>Implementación del sistema de frenado.....</i>	<i>82</i>
<i>Selección del sistema de frenado.....</i>	<i>82</i>
<b>Implementación de sistema de frenado.....</b>	<b>83</b>
<b>Conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>87</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>87</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>87</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>89</b>

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> <i>Suspensión posterior de eje rígido</i> .....	25
<b>Figura 2</b> <i>Suspensión posterior de brazos tirados o arrastrados</i> .....	26
<b>Figura 3</b> <i>Suspensión posterior de paralelogramo deformable</i> .....	27
<b>Figura 4</b> <i>Suspensión delantera de eje rígido</i> .....	28
<b>Figura 5</b> <i>Suspensión delantera de paralelogramo deformable</i> .....	29
<b>Figura 6</b> <i>Suspensión delantera McPherson</i> .....	30
<b>Figura 7</b> <i>Amortiguador</i> .....	32
<b>Figura 8</b> <i>Neumático</i> .....	32
<b>Figura 9</b> <i>Llanta y neumático</i> .....	33
<b>Figura 10</b> <i>Trocha de un vehículo</i> .....	36
<b>Figura 11</b> <i>Centro del balanceo</i> .....	37
<b>Figura 12</b> <i>Centro instantáneo de rotación</i> .....	37
<b>Figura 13</b> <i>Ángulo de caída de un neumático</i> .....	38
<b>Figura 14</b> <i>Ángulo de avance</i> .....	39
<b>Figura 15</b> <i>Ángulo de convergencia</i> .....	40
<b>Figura 16</b> <i>Piñón cremallera</i> .....	44
<b>Figura 17</b> <i>Constitución de la cremallera</i> .....	44
<b>Figura 18</b> <i>Cajetín de bolas recirculantes</i> .....	45
<b>Figura 19</b> <i>Columna de dirección</i> .....	46
<b>Figura 20</b> <i>Brazo de acoplamiento de la dirección</i> .....	48
<b>Figura 21</b> <i>Rótula de la dirección</i> .....	49
<b>Figura 22</b> <i>Mangueta</i> .....	49
<b>Figura 23</b> <i>Freno Mecánico</i> .....	51

<b>Figura 24 Freno hidráulico.....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 25 Freno neumático.....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 26 Freno de mano.....</b>	<b>53</b>
<b>Figura 27 Pedal de freno.....</b>	<b>56</b>
<b>Figura 28 Servofreno.....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 29 Bomba principal.....</b>	<b>58</b>
<b>Figura 30 Cañerías de freno.....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 31 Discos de freno.....</b>	<b>60</b>
<b>Figura 32 Mordaza de freno.....</b>	<b>61</b>
<b>Figura 33 Esquema freno de disco con mordaza.....</b>	<b>61</b>
<b>Figura 34 Tambor de freno.....</b>	<b>62</b>
<b>Figura 35 Esquema del tambor de freno.....</b>	<b>63</b>
<b>Figura 36 Pastillas y zapatas de freno.....</b>	<b>64</b>
<b>Figura 37 Líquido de frenos.....</b>	<b>65</b>
<b>Figura 38 Suspensión independiente McPherson (parte posterior).....</b>	<b>69</b>
<b>Figura 39 Corte del balde.....</b>	<b>70</b>
<b>Figura 40 Rollbar posterior.....</b>	<b>70</b>
<b>Figura 41 Fijación de motor y transmisión.....</b>	<b>71</b>
<b>Figura 42 Puesta a nivel de motor y transmisión.....</b>	<b>71</b>
<b>Figura 43 Rollbar posterior reforzado.....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 44 Fijación de la suspensión.....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 45 Base superior de la suspensión.....</b>	<b>73</b>
<b>Figura 46 Bases de los templadores.....</b>	<b>74</b>
<b>Figura 47 Montaje de rodamientos en la manzana.....</b>	<b>74</b>

<b>Figura 48</b> <i>Discos de freno posteriores</i> .....	75
<b>Figura 49</b> <i>Montaje de rótulas</i> .....	75
<b>Figura 50</b> <i>Ensamble de la suspensión</i> .....	76
<b>Figura 51</b> <i>Suspensión delantera</i> .....	76
<b>Figura 52</b> <i>Tambor de freno</i> .....	77
<b>Figura 53</b> <i>Cambio de espárragos</i> .....	77
<b>Figura 54</b> <i>Rodamientos de la araña delantera</i> .....	78
<b>Figura 55</b> <i>Ensamble del conjunto araña y manzana</i> .....	78
<b>Figura 56</b> <i>Ensamble de la suspensión delantera</i> .....	79
<b>Figura 57</b> <i>Axiales y terminales de dirección</i> .....	80
<b>Figura 58</b> <i>Montaje de los axiales</i> .....	80
<b>Figura 59</b> <i>Estriado de la columna de dirección</i> .....	81
<b>Figura 60</b> <i>Volante</i> .....	81
<b>Figura 61</b> <i>Montaje de la bomba de freno</i> .....	83
<b>Figura 62</b> <i>Base para montaje de la mordaza</i> .....	84
<b>Figura 63</b> <i>Montaje de componentes del sistema de freno</i> .....	84
<b>Figura 64</b> <i>Base y conexión de cañerías de la bomba de freno</i> .....	85
<b>Figura 65</b> <i>Conexión de cañerías de freno</i> .....	86
<b>Figura 66</b> <i>Purgado del sistema de frenos</i> .....	86

## Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo implementar un sistema de frenos y un sistema de suspensión en un prototipo de pista Mini Austin 1973 para la categoría TC 2000. En primer lugar se realiza varias investigaciones acerca de qué tipo de estos sistemas se puede implementar de acuerdo al uso que se va a dar al vehículo, para seleccionar el tipo de suspensión y frenos que se vaya implementar en el prototipo de pista. Luego, se realiza la implementación de los sistemas de suspensión y frenos empezando por adquisición de los sistemas y demás componentes que ayudan a su funcionamiento, además algunas adaptaciones y adecuaciones para algunos componentes como bases, fabricación de cañerías. En la implementación del sistema de suspensión, se realiza el montaje de un sistema de suspensión de tipo McPherson ideal para vehículos de competición con transmisión posterior debido a las prestaciones que ofrece este sistema. En la implementación del sistema de frenos, se realiza el ensamble de un sistema de frenos hidráulicos, freno de disco a las cuatro ruedas debido a que se necesita mayor eficiencia en el frenado y por supuesto la seguridad del piloto como un factor importante.

Palabras clave:

- **VEHÍCULO MINI AUSTIN**
- **SISTEMA DE SUSPENSIÓN**
- **SISTEMA DE FRENOS**

### **Abstract**

The objective of this project is to implement a brake system and a suspension system in a Mini Austin 1973 track prototype for the TC 2000 category. First, several investigations are carried out about what type of these systems can be implemented according to the use that is going to be given to the vehicle, to select the type of suspension and brakes that are going to be implemented in the track prototype. Then, the implementation of the suspension and brake systems is carried out, beginning with the acquisition of the systems and other components that help their operation, as well as some adaptations and adaptations for some components such as bases, pipe manufacturing, etc. In the implementation of the suspension system, the assembly of a McPherson type suspension system is carried out, ideal for competition vehicles with rear transmission due to the benefits offered by this system. In the implementation of the braking system, the set of a hydraulic brake system, four-wheel disc brake is carried out because greater efficiency is needed in braking and, of course, the safety of the pilot as an important factor.

Keywords:

- **AUSTIN MINI VEHICLE**
- **SUSPENSION SYSTEM**
- **BRAKING SYSTEM**

## Capítulo I

### 1. Planteamiento del problema de investigación

#### 1.1. Antecedentes

El sistema de suspensión de un vehículo es muy importante porque se debe considerar el diseño del vehículo y el trabajo al que va estar expuesto, afirmando que “las diferentes compañías desarrollan sistemas óptimos de suspensión, cada compañía realiza su diseño según las características y necesidades que requieran” (Mejía Mayorga, 2018)

En la actualidad la mayoría de repuestos que son implementados en los vehículos, son económicos y accesibles en el mercado. La demanda de cada repuesto va en aumento según la calidad y el costo, en los vehículos de competencia es fundamental conocer el funcionamiento de cada sistema y reemplazar si este no cumple con sus requerimientos. El motivo de este proyecto es implementar un sistema de suspensión enfocándose en la estabilidad, seguridad y confort. Teniendo en cuenta que también este a nivel de competir en un evento automovilístico de pista, entidad que es la encargada de establecer los estándares y reglamentos, Federación Ecuatoriana De Automovilismo y Kartismo (FEDAK). (Mejía Mayorga, 2018)

La normativa para el prototipo de carreras se aborda como una característica de la sociedad capitalista avanzada. Como se dice a continuación, el deporte organizado de las carreras de automóviles se considera en una construcción mejorada y se examina los mitos y estructuras subyacentes a este deporte. Luego se procede con el desarrollo de un modelo cognitivo para poder así ilustrar aún más la interacción de las reglas o estructuras que gobiernan dicho juego del automovilismo. (Mejía Mayorga, 2018)

Actualmente todo vehículo posee un conjunto en el cual consta el sistema de suspensión y frenos, dichos sistemas pueden diferenciarse de un vehículo con otro por sus diferentes prestaciones, por su diseño, su costo, pero al igual que todos estarán diseñados para cumplir dos funciones muy importantes: la seguridad y el confort del pasajero o de los pasajeros dentro del vehículo al momento de ser conducido. (Mejia Mayorga, 2018)

En la industria automotriz la construcción del sistema de suspensión y frenos para nuestro vehículo, este sistema fue creado con la finalidad de amortiguador y absorber las diferentes irregularidades que se presenta en cualquier tipo de camino. El tipo de suspensión y frenos es diseñada dependiendo del tipo de vehículo en el cual va a ser instalada, se toma mucho en cuenta el tipo de trabajo que realizara el vehículo por lo cual se seleccionaría si una suspensión suave por ejemplo los automóviles, por lo cual influiría el confort y la suavidad de manejo del vehículo. (Mejia Mayorga, 2018)

## **1.2. Planteamiento del problema**

El desarrollo de un proyecto innovador, se trata sobre la implementación de un sistema de suspensión y frenos a un prototipo de pista. La necesidad del proyecto es realizar una investigación, que cumplan con la normativa de la categoría TC 2000. Por este motivo, se requiere un sistema de frenos de disco a las cuatro ruedas que permita que el vehículo frene y pueda ser controlado por el piloto a voluntad, cumpliendo con el reglamento. Se debe conseguir un sistema de suspensión y un sistema de frenos, que sea seguro y confiable para el piloto. También este sistema tiene que cumplir la función de detener y dar estabilidad al vehículo, de manera eficiente en condiciones de operación.

El vehículo Mini Austin 1973 pickup se quiere reconstruir para la categoría TC 2000, esta no dispone de frenos de disco, en su lugar dispone de frenos de tambor, por esta razón se ha

visto pertinente instalar el sistema de frenos para que pueda funcionar correctamente, de forma segura y eficiente.

También posee una suspensión lo cual no es prometedor para que pueda ser instalada junto con el motor posterior, y para la necesidad que se presenta se ha visto importante implementar un nuevo sistema de suspensión en el prototipo de pista.

### **1.3. Justificación**

Hoy en día la mayoría de talleres de vehículos de competición se enfocan en repotenciar los motores y modificación de la suspensión a suspensión deportiva, incluso invierten grandes sumas de dinero en transmisión, suspensión descuidando por completo el trabajo en el sistema de frenos lo cual ha sido causa de muchos accidentes fatales durante el desarrollo de la competencia.

La realización de este proyecto tiene como finalidad demostrar que un vehículo Mini Austin del año 1973 construido con un mejor sistema de suspensión, brinda mayor seguridad, eficiencia y control al momento de ser conducido por un usuario.

Pretendemos aplicar todos los conocimientos en mecánica y sistema automotrices adquiridos en la Universidad de las Fuerzas Armadas, sobre la implementación de una suspensión adecuada y un sistema de frenos que brinden eficiencia y seguridad, mediante una amplia investigación y rigurosas pruebas, para implementar de una manera técnica discos a las ruedas delanteras incluido una bomba solitaria para el sistema.

Nuestro redimensionamiento se basa en tomar como referencia todos los parámetros de frenado y la implementación de la suspensión para realizar todos los cálculos necesarios para implementar de manera correcta.

El sistema de frenos de disco a las cuatro ruedas, que será instalado en el vehículo, tiene como fin dar mayor seguridad al momento de manejarlo, tanto como ir a alta velocidad, detener o reducir la velocidad paulatinamente de dicho automotor.

Algo importante y cabe recalcar es que se realiza el siguiente proyecto para completar el diseño y la construcción del vehículo Mini Austin, para que circule con normalidad y no tenga ningún inconveniente al momento de ser conducido así esperando grandes resultados del vehículo.

#### **1.4. Alcance**

El presente proyecto engloba los sistemas de suspensión y frenos, la ejecución del proyecto incluye la selección del tipo de sistema dentro de cada uno de los sistemas ya mencionados como la implementación de los sistemas seleccionados además la adecuación de los mismos mediante adaptaciones y trabajos extras.

La selección del tipo de suspensión y frenos es el punto más importante al momento de implementar en el prototipo de pista Mini Austin, hay que tomar en cuenta una vez seleccionado el tipo de sistema, tomar las medidas exactas que debe presentar las bases de la mesa de la suspensión y el amortiguador para un correcto anclaje, fijación y seguridad. Asimismo, con el sistema de freno también es importante la selección, ya que se requiere una respuesta rápida y segura de frenado, al igual tomar medidas exactas para la implementación del sistema de frenos con la finalidad de brindar seguridad y eficiencia.

El presupuesto es el factor más importante ya que hay que invertir dinero en material, en componentes del sistema e insumos que se necesiten para la implementación de los mencionados y una vez cumplidos los objetivos se conseguirá la implementación de los sistemas.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo general**

Implementar un sistema de suspensión y frenos en el prototipo de pista Mini Austin 1973 para la categoría TC 2000.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Investigar información pertinente del tipo de sistema de suspensión y frenos aplicados en pista para la categoría TC 2000.
- Realizar la selección del tipo de suspensión y el tipo de frenos que se va a implementar en el prototipo de pista Categoría TC 2000.
- Implementar en el prototipo de pista Mini Austin 1973 el sistema de suspensión y además adecuar la suspensión delantera.
- Implementar en el prototipo de pista Mini Austin 1973 el sistema de frenos.

## Capítulo II

### 2. Marco teórico

#### 2.1. Sistema de suspensión

El sistema de suspensión de un vehículo es un conjunto de dispositivos encargados de absorber los movimientos bruscos que producirán efectos indeseables en el vehículo, por efecto de las irregularidades del terreno proporcionando así una marcha estable y segura.

(Luque, 2004)

Una suspensión dedicada a la competición no tiene los mismos requerimientos que una para un vehículo de serie, mientras que en éstos predomina el confort, en competición son los movimientos verticales que va a tener el neumático un factor fundamental a tener en cuenta a la hora de fijar una suspensión y la puesta a punto de la misma. Como consecuencia, en competición se busca aumentar las prestaciones del vehículo en cuanto a frenada, aceleración, paso por curva y estabilidad. (Luque, 2004)

##### 2.1.1. Función

Las funciones básicas de la suspensión en competición se resumen en los siguientes puntos.

- **Los movimientos relativos de la rueda respecto a la carrocería:** estos deben ser lo más verticales posibles sin engendrar otros movimientos parásitos (variaciones de los ángulos de caída, avance, dirección, etc.).
- **Adherencia:** mantener los neumáticos en contacto con la superficie asegurando variaciones de carga mínimas. Este es uno de los objetivos primordiales e introducidos en la optimización. El razonamiento es: cuanta mayor carga vertical

se tenga en el neumático, mayor carga lateral puede aguantar, y, por tanto, mayor aceleración lateral puede alcanzar el vehículo. Gracias a esta característica permite el control de la trayectoria del vehículo para así asegurar la estabilidad del vehículo en cualquier circunstancia.

- **Control direccional:** asegurar el guiado de las ruedas durante los movimientos propios de la suspensión y los de viraje.
  - **Soportar la carga:** es decir, la suspensión es la encargada de sostener la masa suspendida sobre la masa no suspendida.
  - **Resistir el balanceo del vehículo:** para minimizar la transferencia lateral de peso en curva y tener un mejor comportamiento dinámico global.
  - **Resistir el cabeceo del vehículo:** para minimizar la transferencia longitudinal de peso en frenada, aceleración y tener un mejor comportamiento dinámico global.
  - **Confort:** en competición no prima este objetivo ya que los parámetros de diseño enfrentan las características de adherencia contra el confort.
- (Luque, 2004)

### **2.1.2. Tipologías del sistema de suspensión**

Generalmente las suspensiones se clasifican en dos grandes grupos: suspensiones de eje rígido y suspensiones independientes. (Luque, 2004)

**Sistemas independientes:** En la actualidad se aplican tanto a ejes anteriores como posteriores. De forma general se puede decir que cualquier suspensión delantera independiente debe tener una geometría tal que cumpla con los siguientes requisitos. (Luque, 2004)

1. Conectar transversalmente las dos ruedas con el sistema de dirección de modo que se produzcan variaciones mínimas en la convergencia con el movimiento vertical de las ruedas.
2. Utilizar tanto muelles helicoidales o cualquier otro elemento elástico que proporcione elasticidad (curva de carga desplazamiento) deseada.
3. Permitir incorporar amortiguadores telescópicos.
4. Soportar todas las fuerzas que actúan sobre ella durante la aceleración frenada o curva. (Luque, 2004)

**Sistemas dependientes:** Un sistema dependiente es aquel en el que la situación espacial de una rueda está relacionada de manera directa con la posición de las ruedas del mismo eje. La dependencia debe ser esencialmente geométrica. En un sistema dependiente los cubos portaruedas están rígidamente unidos entre sí de tal manera que el conjunto puede ser considerado como una unidad rígida.

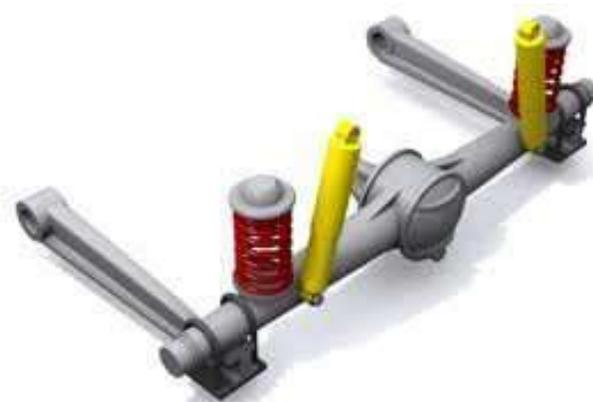
Las restricciones de movimiento del eje deben dejar libertad a los desplazamientos vertical y de balanceo respecto a la carrocería. (Luque, 2004)

### 2.1.3. Suspensiones posteriores

**Suspensiones de eje rígido:** Básicamente estas suspensiones se caracterizan porque las ruedas se encuentran permanentemente formando los mismos ángulos con los semiejes, por lo que los brazos de la suspensión no existen como tales y son los propios semiejes los que hacen las veces de brazos de la suspensión. Con esta disposición el eje trasero queda englobado dentro de las masas no suspendidas, lo que hace que aumente de forma considerable con respecto a las propias de otros sistemas de suspensión, con la consiguiente pérdida de adherencia de las ruedas traseras, figura 1. (Luque, 2004)

**Figura 1**

*Suspensión posterior de eje rígido.*



*Nota.* Tomado de (Luque, 2004)

**Suspensiones independientes:** Las suspensiones independientes en las ruedas posteriores están destinadas a vehículos de carácter marcadamente deportivo, con tracción biena las cuatro ruedas o bien a las ruedas traseras únicamente. (Luque, 2004)

Si bien se engloban en una sola categoría, lo cierto es que existe una gran variedad de tipologías y soluciones técnicas diferentes dentro de lo que llamamos suspensiones posteriores independientes, determinadas por un gran número de variedades en las tirantearías utilizadas.

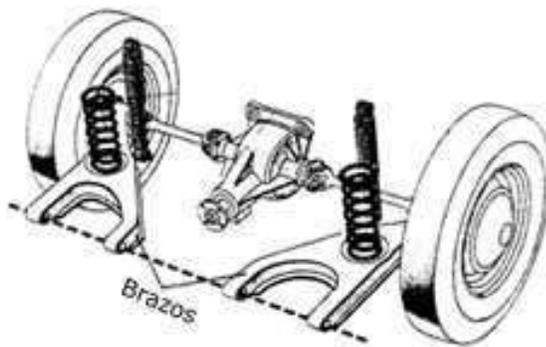
Los principales beneficios que cabe esperar del uso de los sistemas de suspensión posterior independiente están directamente relacionados con la mejora en las condiciones de estabilidad, manejabilidad y, en el caso de vehículos con ruedas traseras motrices, tracción. Además, este tipo de suspensiones permiten un incremento notable en el espacio útil sin que la parte posterior del chasis se interfiera con el conjunto de la suspensión. (Luque, 2004)

Englobadas dentro de la suspensión posterior independientes podemos encontrarnos con varias tipologías dependiendo de la materialización y la distribución que presenten los distintos elementos que componen la suspensión. (Luque, 2004)

**Suspensión de brazos tirados o arrastrados:** Este tipo de suspensión independiente se caracteriza por tener dos elementos soporte o “brazos” en disposición longitudinal que van unidos por un extremo al bastidor y por el otro a la mangueta de la rueda. (Luque, 2004)

En la figura 2., pivotan los brazos sobre ejes que tienen componentes longitudinales, es decir sobre ejes oblicuos al plano longitudinal del vehículo. (Luque, 2004)

**Figura 2**  
*Suspensión posterior de brazos tirados o arrastrados.*



*Nota.* Tomado de (Luque, 2004)

**Paralelogramo deformable:** Tipo de suspensión utilizado en los vehículos deportivos. Consiste en sujetar el buje de la rueda a través de dos triangulaciones paralelas y superpuestas.

Una colocada entre la parte baja del buje y la carrocería y otra colocada entre la parte superior del buje y la carrocería. (Luque, 2004)

El conjunto forma un paralelogramo de cuatro lados fijos pero que puede variar el ángulo entre ellos, figura 2.3. Tiene la ventaja que mantiene la superficie de rodadura de la rueda siempre paralela al suelo.

Es deformable porque la forma del paralelogramo cambia cuando la suspensión se comprime o se extiende. (Luque, 2004)

### **Figura 3**

*Suspensión posterior de paralelogramo deformable.*



*Nota.* Tomado de (Luque, 2004)

#### **2.1.4. Suspensiones delanteras**

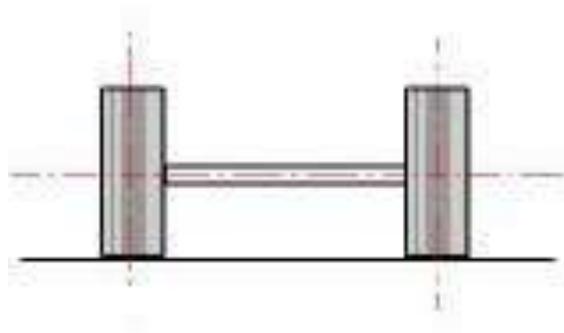
**Suspensiones delanteras de eje rígido:** En general los ejes rígidos presentan los inconvenientes de:

- Transmitir los movimientos de una de las ruedas a otra.
- Presentar un comportamiento brusco, cambios en los ángulos de avance en frenada y unalocalización muy elevada del centro de balanceo.

- Ocupación excesiva de volumen e incremento de peso en comparación con los brazos de un sistema de suspensión independiente. (Luque, 2004)

Algunas de estas limitaciones e inconvenientes se pueden evitar o reducir mediante el uso de mecanismos adicionales, pero dado que los resultados son menos satisfactorios y más caros que las suspensiones independientes, la utilización de suspensiones delanteras de eje rígido en vehículos de turismo y de competencia está totalmente abandonada. (Luque, 2004)

**Figura 4**  
*Suspensión delantera de eje rígido.*



*Nota.* Tomado de (Luque, 2004)

**Suspensiones delanteras independientes:** Existen varias tipologías para la materialización de las suspensiones independientes en las ruedas delanteras. (Luque, 2004)

**Paralelogramo deformable:** Sistema de suspensión en el que la unión entre la rueda y la carrocería son elementos transversales, colocados en diferentes planos, figura 5. (Luque, 2004)

Toma su nombre de los primeros sistemas de este tipo, en los que hay dos elementos superpuestos paralelos que, junto con la rueda y la carrocería, forman la aproximadamente la figura de un paralelogramo. Al moverse la rueda con relación a la carrocería, ese paralelogramo se deforma. (Luque, 2004)

**Figura 5**  
*Suspensión delantera de paralelogramo deformable.*



*Nota.* Tomado de (Luque, 2004)

El paralelogramo deformable es fácilmente visible en la suspensión delantera de un auto de Fórmula uno. El paralelogramo deformable más común inicialmente tenía como elementos de unión dos triángulos superpuestos. Hay variantes de este sistema en el que se reemplaza un triángulo por otro elemento de unión; en esta suspensión, el plano inferior lo forman un brazo transversal (que hace de soporte para el muelle) y un brazo casi longitudinal. En esta suspensión hay un brazo curvo como elemento superior y un trapecio en el plano inferior. (Luque, 2004)

**Suspensión delantera independiente McPherson:** Mediante el sistema de suspensión ideado por E.S. McPherson cada rueda es guiada sobre los posibles obstáculos mediante un tirante o puntal que comprime a un amortiguador telescópico unido por un extremo a la rótula de salida de la barra transversal y por el otro a la carrocería mediante una unión flexible. En su forma original la forma más utilizada en los vehículos modernos, los muelles helicoidales de la suspensión se disponen encerrando al amortiguador en su interior mientras que la unión flexible con la carrocería tiene lugar mediante un elemento cónico de goma, figura 6. (Luque, 2004)

Para reducir efectos de flexiones y fricción en la suspensión se suelen disponer los muelles y el amortiguador de forma que sus ejes formen un cierto ángulo, para de esta forma contrarrestar la tendencia de la rueda a oscilar hacia dentro durante la marcha en línea recta del vehículo. (Luque, 2004)

**Figura 6**  
*Suspensión delantera McPherson.*



*Nota.* Tomado de (Luque, 2004)

### **2.1.5. Elementos de una suspensión**

La suspensión es un sistema del automóvil con un comportamiento elástico y disipativo al mismo tiempo, cuyo resultado dinámico se puede definir como vibratorio amortiguado. Se compone, por tanto, de elementos elásticos, que almacena energía e idealmente la devuelven de forma íntegra, y disipativo, que amortiguan los movimientos. (Luque, 2004)

**Muelles helicoidales:** Los resortes helicoidales son de amplia utilización hoy en día como elementos elásticos acumuladores de energía frente a otros más convencionales como las ballestas. Si bien los primeros diseños aplicados suponían diámetros de hélice paso y sección transversal constante, lo cual asegura una flexibilidad aproximadamente constante, hoy en día

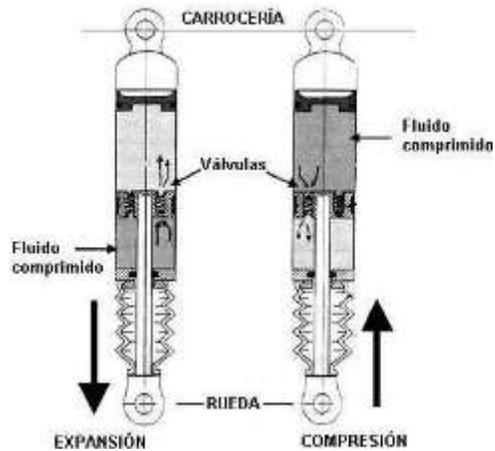
también se implementan, cada vez con mayor profusión, diseños variables, en un intento de adaptarse mejor al comportamiento y prestaciones de los vehículos modernos. (Luque, 2004)

**Amortiguadores:** La función de los amortiguadores consiste en almacenar energía, en el momento propicio, que será liberada más tarde. En ausencia de ellos la carrocería y la suspensión oscilarían con una frecuencia correspondiente a la natural de la masa no suspendida. (Luque, 2004)

En los vehículos, la función más importante es controlar que las ruedas mantengan el máximo contacto con el suelo para obtener la mayor tracción posible, la dureza de éstos debese muy elevada comparándola con los vehículos de calle. Los amortiguadores convierten la energía cinética en calor, ya que el líquido y su paso por orificios y válvulas, que suelen ser pequeñas láminas metálicas, situadas en el pistón de trabajo o en el fondo del tubo. Los amortiguadores más utilizados en competición actualmente son los de gas. Figura 2.7 estos consisten, básicamente en un tubo que contiene un pistón libre. En un lado de ese pistón encontramos aceite y en el otro gas que se llena a una determinada presión. (Luque, 2004)

El vástago y el pistón, que sube y baja en el tubo trabajando como en un amortiguador hidráulico, obligan al líquido a desplazarse hacia uno u otro lado, pasando por las válvulas y los orificios cuidadosamente situados en el pistón de trabajo y a ambos lados del mismo. (Luque, 2004)

**Figura 7**  
*Amortiguador.*



*Nota.* Tomado de (Luque, 2004)

**Neumático:** El neumático es un elemento de forma toroidal figura 2.8., que mantiene el aire a presión para dar sustentación al vehículo, siendo la unión intermedia entre éste y el pavimento. (Luque, 2004)

**Figura 8**  
*Neumático.*



*Nota.* Tomado de (Luque, 2004)

**Funciones del neumático:** Las ruedas, mantienen el contacto del vehículo con el suelo, y ejercen las siguientes funciones:

- Contribuyen al confort, para ello participan en cierta medida en la amortiguación.
- Soportan el peso del vehículo. De ahí que todos los vehículos no deben llevar el mismo tipo de neumáticos, en especial, los flancos deben diferenciarse puesto que son los receptores directos de la carga, además de transmitir esfuerzos de tracción.
- Dirigen el vehículo y lo mantienen en la trayectoria requerida por el conductor. (Luque, 2004)

**Llanta:** La llanta es la pieza normalmente metálica, sobre la que se asienta un neumático ver figura 2.9. (Luque, 2004)

### Figura 9

*Llanta y neumático.*



*Nota.* Tomado de (Luque, 2004)

**Llantas de acero:** Son las más universales y comunes.

### Ventajas

- Gran robustez ante golpes.

- Mismo modelo de llanta con diferentes diseños gracias a un tapacubos (o embellecedor) de plástico.
- Costo de fabricación reducido.
- Repuesto rápido y económico.

#### **Inconvenientes**

- Elevado peso y por consiguiente peor comportamiento del vehículo.
- Peor refrigeración de los frenos (Luque, 2004)

**Llantas de aleación ligera o de aluminio:** Suelen instalarse en vehículos más potentes.

#### **Ventajas**

- Peso reducido debido a la aleación (se emplea acero aleado, aluminio, incluso magnesio).
- Mejor comportamiento de vehículo, pues se reducen las masas no suspendidas.
- Los diámetros suelen ser superiores de 14 pulgadas, lo que mejora la direccionalidad y estabilidad del vehículo en curva.
- Correcta disipación del calor proveniente de los frenos.

#### **Inconvenientes**

- Más frágiles que las de acero ante posibles golpes.
- Precio elevado.
- Posibles dificultades en la búsqueda de recambio.
- Empleo de alta tecnología para su diseño. (Luque, 2004)

### **2.1.6. Geometría del sistema.**

El trucaje y construcción del sistema de suspensión y dirección para un vehículo de la Fórmula Automovilística “FAU”, deberá estar en función de la configuración del sistema de suspensión, asegurando un buen control direccional y una adecuada estabilidad. (Donadio, 2005)

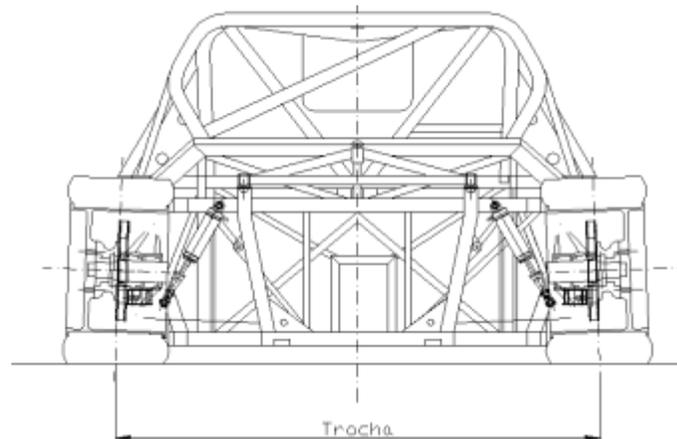
Para lograr una dirección con estas cualidades es imprescindible que el eje respecto al cual pivota el conjunto mangueta-rueda con relación al vehículo adopte una posición espacial conveniente, que se caracteriza por ciertos ángulos que reciben los nombres de caída, avance.

Aparte de estos ángulos existe otro, el de divergencia, que también influye en la estabilidad y control del vehículo. (Donadio, 2005)

**Trocha o Vía:** la trocha es la distancia entre los puntos de contacto del plano medio de las ruedas de un mismo eje.

Una trocha ancha permite que las transferencias de masas en curvas sean inferiores y dota al vehículo de mayor estabilidad, sin embargo, aumenta la superficie aerodinámica de este, aumenta su inercia en el eje z (vertical) a la vez que disminuye su maniobrabilidad por trazados estrechos. (Donadio, 2005)

**Figura 10**  
Trocha de un vehículo.

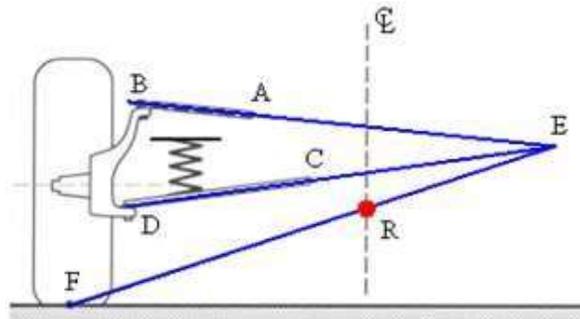


*Nota.* Tomado de (Donadio, 2005)

**Centro de balanceo:** Una de las propiedades más importantes de la suspensión, está relacionada con la localización del punto en el que son aplicadas las fuerzas laterales desarrolladas por las ruedas, y que son transmitidas a las masas suspendidas. El punto al que podemos referir estos efectos, conocido como centro de balanceo, afecta tanto al comportamiento de las masas suspendidas como al de las masas no suspendidas, repercutiendode forma directa en el giro del vehículo. (Donadio, 2005)

Cada sistema de suspensión tiene su propio centro de balanceo, definido como el punto en el plano vertical que cruza transversalmente los centros de las ruedas, figura 2.11, en el cual pueden ser aplicadas las fuerzas laterales sobre las masas suspendidas sin producir un balanceo de la suspensión. (Donadio, 2005)

**Figura 11**  
Centro del balanceo.

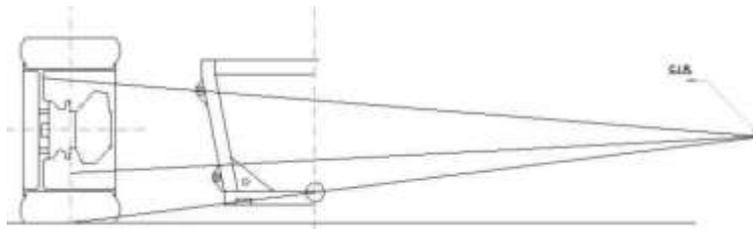


*Nota.* Tomado de (Donadio, 2005)

**Movimiento de cabeceo:** Cuando aumentan las sollicitaciones verticales en el eje trasero, se considera que la transferencia longitudinal es positiva, y produce, por tanto, un cabeceo positivo. El efecto contrario producirá un cabeceo negativo. (Donadio, 2005)

Centro instantáneo de rotación: este es el punto donde se cortan las prolongaciones de las rectas que forman las parrillas de suspensión visto de frente, figura 12. Se llama centro pues es un punto de intersección, instantáneo porque cambia permanentemente con el trabajo de las suspensiones y de rotación pues es el lugar de rotación de la suspensión. (Donadio, 2005)

**Figura 12**  
Centro instantáneo de rotación.



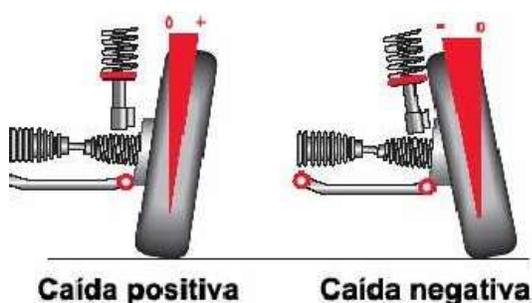
*Nota.* Tomado de (Donadio, 2005)

**Batalla:** La batalla es la distancia entre el eje anterior y posterior del vehículo, es decir la distancia en el sentido longitudinal del vehículo entre el punto de contacto de las ruedas delanteras y las traseras.

Según las características de los circuitos en las competiciones de rally, es importante dotar al vehículo de una batalla corta debido a los frecuentes cambios de dirección del vehículo que se presentan. (Donadio, 2005)

**Ángulo de Caída:** Es el ángulo formado entre el plano medio de la rueda y el eje normal al plano de rodadura. Se define como positivo si la rueda esta inclinada hacia afuera del vehículo y negativo si lo hace hacia el interior, figura 2.13. Por norma general este valor límite está en torno a los 2 grados. (Donadio, 2005)

**Figura 13**  
*Ángulo de caída de un neumático.*



*Nota.* Tomado de (Donadio, 2005)

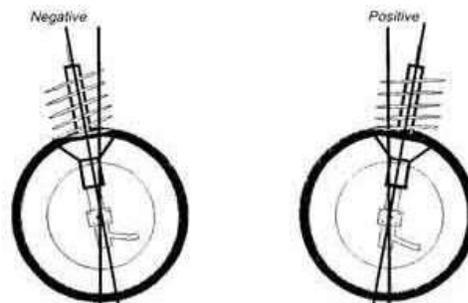
El ángulo de caída varía debido a los movimientos de compresión y extensión de la suspensión. Cuando un vehículo realiza una curva las ruedas que más trabajan son las exteriores, debido a que la masa se desplaza sobre estas haciendo que se compriman sus suspensiones y que la rueda se mueva hacia arriba respecto al chasis. Por lo que interesa

que al comprimirse la suspensión el ángulo de caída se haga más negativo con la finalidad de aumentarla fuerza lateral disponible. (Donadio, 2005)

**Ángulo de avance:** Cuando el pivote está inclinado de tal manera que su proyección sobre el suelo encuentre a este antes del punto teórico de contacto de los neumáticos con él, el avance es positivo. Si la proyección se encontrase por detrás del punto teórico de contacto (en el sentido de la marcha) el avance es negativo.

Lo más general es que sea positivo, no dándose casos de avance negativo más que prácticamente en vehículos pesados. (Donadio, 2005)

**Figura 14**  
*Ángulo de avance.*



*Nota.* Tomado de (Donadio, 2005)

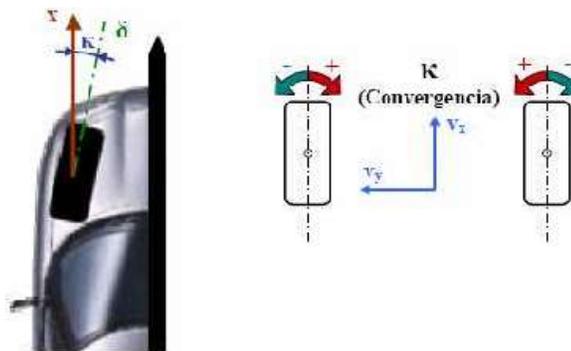
El fenómeno de avance tiene por finalidad estabilizar el vehículo sobre una trayectoria rectilínea. Cuando el empuje del vehículo buggy y en general de todos los vehículos se realiza desde las ruedas trasera (propulsión), el eje delantero es empujado hacia atrás, lo que supone una inestabilidad en la dirección. Esto desaparece dando al pivote un cierto ángulo de avance, de manera que la proyección del eje del pivote corte a la línea de desplazamiento un poco por delante del apoyo de la rueda. (Donadio, 2005)

Con ello aparece una acción de remolque en la propia rueda que da fijeza a la dirección, haciendo que el punto de apoyo, tienda a esta siempre en la línea recta y por detrás del punto de impulsión. Al girar la dirección la rueda se orienta sobre el punto fijado para el avance. Suele estar comprendida entre 0 y 4º positivos para vehículos de motor delantero y propulsión trasera y de 6 a 12º con motor trasero. (Donadio, 2005)

**Convergencia y divergencia:** El ángulo de convergencia puede definirse como el formado por los planos medios de las ruedas con el eje longitudinal del vehículo, figura 2.15. La convergencia puede ser de signo positivo o negativo. En el caso de que los planos medios de las ruedas tiendan a juntarse en la parte delantera del automóvil se dirá que existe una convergencia. (Donadio, 2005)

En el caso contrario, es decir, cuando los planos medios de las ruedas tiendan a juntarse en la parte posterior del vehículo, se dirá que la convergencia es de signo negativo, más comúnmente conocido como divergencia, cuando mayor es la divergencia del eje delantero, más rápida es la maniobra de ingreso en las curvas. (Donadio, 2005)

**Figura 15**  
*Ángulo de convergencia.*



*Nota.* Tomado de (Donadio, 2005)

## **2.2. Sistema de dirección**

Se conoce como el sistema de dirección de un vehículo a todos los órganos que permiten orientar las ruedas directrices, en función de las maniobras realizadas por el piloto sobre un mando de accionamiento. (Luque, 2004)

### **2.2.1. Función**

La función del sistema de dirección es permitir un control direccional, suficientemente preciso para realizar el trazado en las curvas, las acciones de adelantamiento o de evasión ante obstáculos presentes en la carretera y las maniobras a baja velocidad. (Luque, 2004)

En la adaptación del sistema de dirección se buscará un buen asilamiento de las perturbaciones procedentes de la carretera, al mismo tiempo que asegure un contacto adecuado neumático-calzada y que logre un compromiso aceptable entre esfuerzos reducidos en el mando de la dirección en maniobras a baja velocidad y una adecuada estabilidad a velocidades elevadas. (Luque, 2004)

La dirección, conjuntamente con los frenos, es el mecanismo de seguridad de mayor importancia del automóvil. Una avería de este mecanismo durante la marcha del vehículo puede ocasionar las más fatales circunstancias por representar para el conductor la pérdida del más importante órgano de control que posee en su automóvil. De ahí que la dirección debe recibir un trato de especial. (Luque, 2004)

El sistema de dirección es sin duda uno de los más importantes del vehículo. De la dirección depende en gran parte la seguridad en carretera que presente el vehículo, por ello debe reunir una serie de cualidades que proporcionen al conductor, durante la marcha del vehículo, la comodidad y seguridad necesaria en la conducción; estas cualidades son las siguientes:

- Reversibilidad controlada
- Suavidad
- Precisión
- Estabilidad

**Reversibilidad controlada:** La irreversibilidad de la dirección escrita en la consecución de un control de las ruedas y, en general de la trayectoria del vehículo por parte del usuario sin que las irregularidades del terreno afecten al control de la dirección, pero que al mismo tiempo permita la capacidad autodireccional de la misma. Esto se consigue mediante la adecuación de los elementos de transmisión de que consta el mecanismo de la dirección. (Luque, 2004)

**Suavidad:** El mecanismo debe ser lo suficientemente ligero como para permitir una buena maniobrabilidad sin la necesidad de realizar esfuerzos excesivos sobre el volante, ello se consigue, mediante el adecuado sistema desmultiplicador. (Luque, 2004)

**Precisión:** Si la dirección fuera excesivamente suave nos encontraríamos con una significativa pérdida de precisión, resultaría muy difícil durante la conducción evitar que el volante no se moviera ligeramente en uno u otro sentido, lo que provocaría que el vehículo circulase, en mayor o menor medida, dando bandazos de un lado a otro de la calzada. Por otro lado, si la dirección resulta excesivamente dura, la conducción resultaría fatigosa e imprecisa. (Luque, 2004)

Entre las causas que pueden hacer que el sistema de dirección resulte impreciso cabe destacar:

- El excesivo juego en los órganos de la dirección.
- El alabeo o abolladura de las llantas de las ruedas.

- Un desgaste desigual en los neumáticos.
- La inadecuada presión de hinchado de los neumáticos, que si no es igual en las dos ruedas directrices provocara que el vehículo tienda a irse a uno de los lados. (Luque, 2004)

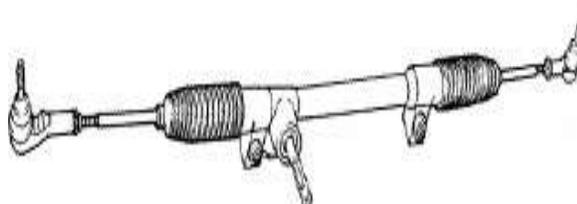
**Estabilidad:** Es la característica básica de la dirección, se consigue como conjunción de todas las anteriores y resulta fundamental para garantizar la seguridad de la conducción, esta depende también de factores como la fiabilidad del mecanismo y la calidad de los materiales empleados. (Luque, 2004)

### ***2.2.2. Tipologías del sistema de dirección***

Los vehículos han utilizado soluciones basadas en mecanismos articulados, de sistemas más sencillos de un único cuadrilátero articulado de Jeantaud, a diseños complejos para vehículos con suspensión independiente. El conductor ejerce, de forma general, su acción de control sobre un volante de dirección que está unido por medio de acoplamientos, denominados en conjunto columna de dirección, a los mecanismos de actuación sobre las ruedas. Para la unión entre la columna de dirección y el varillaje dirección se han empleado diferentes y variadas configuraciones. Las que se instalan y diseñan en la actualidad se pueden englobar esencialmente en dos grandes grupos. (Luque, 2004)

**Sistema piñón cremallera:** Este sistema consiste en el volante de dirección y la unidad de la columna de dirección, que transmite la fuerza de dirección del conductor al engranaje de dirección, la unidad del engranaje de dirección, que lleva a cabo la reducción de velocidad del giro del volante de dirección, transmitiendo una gran fuerza a la conexión de dirección, y la conexión de dirección que transmite los movimientos del engranaje de dirección a las ruedas delanteras. (Luque, 2004)

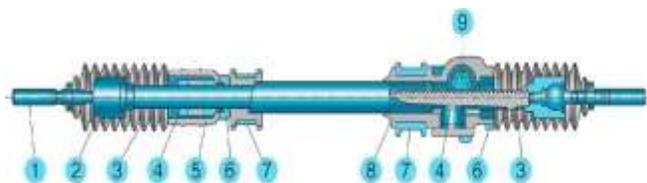
**Figura 16**  
*Piñón cremallera.*



*Nota.* Tomado de (Luque, 2004)

**Constitución de la dirección por cremallera:** Está constituida por una barra en la que hay tallada un dentado de cremallera, que se desplaza lateralmente en el interior de un cárter apoyado en unos casquillos de bronce o nailon, figura 17. Esta accionada por el piñón, montado en extremo del árbol del volante, engranando con la cremallera. (Luque, 2004)

**Figura 17**  
*Constitución de la cremallera.*



*Nota.* Tomado de (Luque, 2004)

1. Barra de dirección.
2. Rótula barra de dirección.
3. Guardapolvos de la cremallera de la dirección.
4. Cremallera.
5. Casquillo cremallera de dirección.
6. Fijación guardapolvos.
7. Taco elástico.

8. Caja de dirección.
9. Sinfín de la dirección.

El movimiento giratorio del volante se transmite a través del árbol y llega a la caja de dirección que transforma el movimiento giratorio en otro rectilíneo transversal al vehículo.

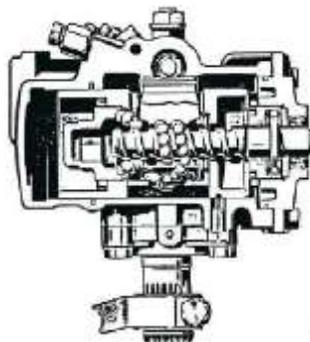
(Luque, 2004)

A través de barras articuladas con rótulas, el mecanismo de dirección alojado en la caja transmite el movimiento transversal a las bieletas o brazos de acoplamiento que hacen girar las ruedas alrededor del eje del pivote. (Luque, 2004)

**Sistema de bolas recirculantes:** En este sistema hay un gran tornillo roscado, que recibe el extremo de la barra de dirección.

Este tornillo da tres o cuatro vueltas alrededor de sí mismo, produciendo el movimiento de una serie de engranajes, este desplazamiento disminuye el esfuerzo que debe realizar el conductor para mover las llantas, debe su nombre a que utiliza una serie de esferas que facilitan el movimiento, al hacerlo más suave. (Luque, 2004)

**Figura 18**  
*Cajetín de bolas recirculantes.*



*Nota.* Tomado de (Luque, 2004)

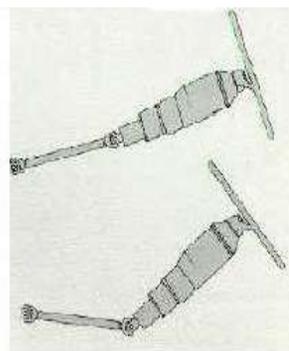
### 2.2.3. Elementos de la dirección

La orientación de las ruedas directrices, para que el vehículo tome la trayectoria deseada, se realiza a través de una serie de elementos acoplados al mismo, que tienen como finalidad transmitir el giro del volante a las ruedas. Este conjunto de elementos está constituido por un mecanismo desmultiplicador llamado columna de dirección y una serie de palancas y barras de acoplamiento, que componen lo que se llama la tirantería de la dirección. (Luque, 2004)

**Árbol o columna de la dirección:** Este mecanismo transforma el giro del volante en movimiento de vaivén en su palanca de mando, figura 19. El árbol de dirección realiza una desmultiplicación de giro y la multiplicación de fuerza necesaria para poder orientar las ruedas; o lo que es lo mismo, como el esfuerzo que hay que aplicar a las ruedas para su orientación está en función del peso que sobre ellas gravita.

Este mecanismo realiza una desmultiplicación del esfuerzo a realizar en el volante para que el conductor pueda realizar la maniobra con el mínimo esfuerzo. (Luque, 2004)

**Figura 19**  
*Columna de dirección.*



*Nota.* Tomado de (Luque, 2004)

La columna de dirección tiene una gran influencia en la seguridad pasiva. Todos los vehículos están equipados con una columna de dirección retráctil, formada por dos o tres tramos con el fin de colapsarse y no producir daños al conductor en caso de colisión. Estos tramos están unidos mediante juntas cardan y elásticas diseñadas para tal fin. (Luque, 2004)

**Volante:** Está diseñado con una forma ergonómica con dos o más brazos, con la finalidad de obtener mayor facilidad de manejo y comodidad. Su misión consiste en reducir el esfuerzo que el conductor aplica a las ruedas. (Luque, 2004)

Existen muchos estilos de volantes. El diámetro puede variar. Un volante más grande es más fácil de girar, mientras que uno más pequeño puede exigir mayor esfuerzo pero también permite sentir mejor el contacto con la calzada. A menudo los radios del volante están situados de forma que faciliten poner la mano en el lugar más lógico y para que no impidan al conductor ver el panel de instrumentos. (Luque, 2004)

**Brazos de acoplamiento:** Estos elementos transmiten a las ruedas el movimiento obtenido en la caja de la dirección y constituyen el sistema direccional para orientar las mismas. Este sistema está formado por unos brazos de acoplamiento montados sobre las manguetas de forma perpendicular al eje de las ruedas y paralelos al terreno. Estos brazos llevan un cierto ángulo de inclinación para que la prolongación de sus ejes coincida sobre el centro del eje trasero y tienen por misión el desplazamiento lateral de las ruedas directrices. (Luque, 2004)

**Figura 20**

*Brazo de acoplamiento de la dirección.*



*Nota.* Tomado de (Luque, 2004)

**Rótulas:** Están constituidas por un muñón cónico en cuyos extremos tiene, por una parte, la unión roscada que permite su desmontaje y, por otra parte, una bola o esfera alojada en una caja esférica que realiza la unión elástica, figura 21. Su misión consiste en realizar la unión elástica entre la caja de dirección y los brazos de acoplamiento de las ruedas, además de permitir las variaciones de longitud para corregir la convergencia de las ruedas. Estas permiten las oscilaciones que se van a producir debido tanto al movimiento de la dirección como al efecto de la suspensión. (Luque, 2004)

**Figura 21**  
*Rótula de la dirección.*



*Nota.* Tomado de (Luque, 2004)

**Mangueta:** Son las piezas que al girar alrededor del pivote hacen moverse a la rueda. Su forma en función de si el vehículo es de tracción delantera o posterior, figura 22. Cuando el vehículo tiene tracción delantera la mangueta tiene un agujero en el centro por el que pasa el palier y que le sirve de guía. (Luque, 2004)

**Figura 22**  
*Mangueta.*



*Nota.* Tomado de (Luque, 2004)

## **2.3. Sistema de frenos**

El sistema de frenos de un vehículo es el elemento que cumple una de las funciones más indispensables, visto en términos de seguridad es el elemento más importante del vehículo, el mismo que debe ser sometido constantemente a mantenimiento preventivo, para que se encuentre siempre en las mejores condiciones de funcionamiento, y responder a de manera eficiente a todas las condiciones donde sea requerido. (Club DSM México., 2017)

Los autos modernos cuentan con frenos en las cuatro ruedas, operados por un sistema hidráulico. Cuando presionas el pedal de freno, la palanca conectada empuja un pistón dentro del cilindro maestro. Esto envía el fluido hidráulico del cilindro al sistema de tuberías, y luego, a los cilindros de mayor tamaño, ubicados al lado de los frenos en cada rueda. (Club DSM México., 2017)

### ***2.3.1. Tipos de sistemas de frenado***

El objetivo principal del sistema de frenado es disminuir la velocidad del vehículo, reduciendo la velocidad de giro de las ruedas por medio de elementos que mediante fuerzas de rozamiento convierten la energía cinética en calor.

Los sistemas de frenado sirven para amplificar la fuerza que aplica el conductor sobre el pedal. Hay distintos tipos de sistemas para transmitir la fuerza aplicada al pedal hasta los frenos. (Club DSM México., 2017)

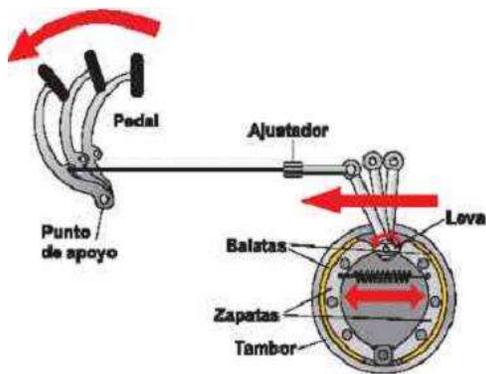
**2.3.1.1. Sistema de frenado mecánico.** El sistema de frenado mecánico es un sistema que apenas se utiliza para realizar la acción de frenado, se utiliza actualmente para los frenos de estacionamiento.

La acción mecánica sobre los frenos se realiza por un sistema de varillas y palancas que desde el pedal acciona las levas, este sistema era muy complicado y precisaba frecuentes

ajustes; por ello fue sustituido por un sistema de cables, de ajuste y mantenimiento más sencillo. (Club DSM México., 2017)

**Figura 23**

*Freno mecánico.*

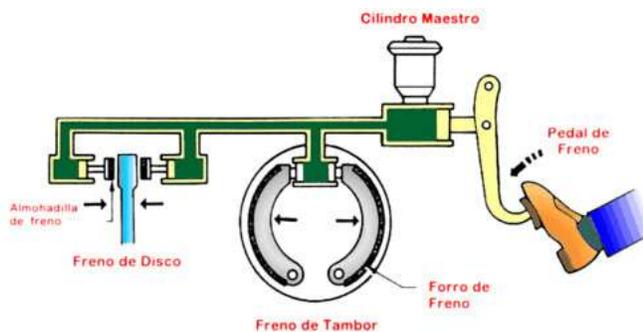


*Nota.* Tomado de (Club DSM México., 2017)

**2.3.1.2. Sistema de frenado hidráulico.** Actualmente es el sistema más utilizado en los automóviles, debido a que los líquidos son prácticamente incompresibles y mediante el principio de Pascal el sistema hidráulico amplifica la fuerza aplicada por el conductor sobre el pedal, transmitiéndose a los frenos para lograr detener el vehículo. (Club DSM México., 2017)

**Figura 24**

*Freno hidráulico.*

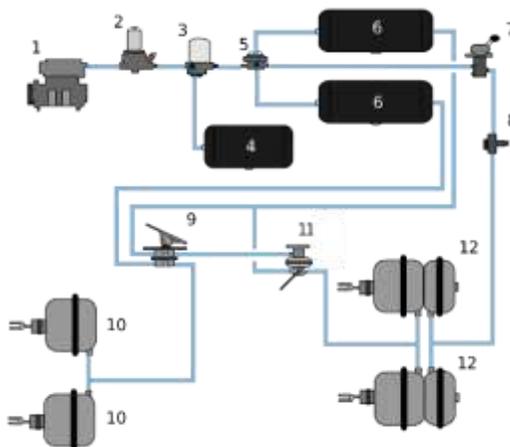


*Nota.* Tomado de (Club DSM México., 2017)

Con el sistema de frenos mecánico se necesita una bien estudiada organización de palancas y cables, para llevar la fuerza hasta cada freno, de manera que no interfiera en el momento de giro de las ruedas. El sistema hidráulico tiene la facilidad de organizarse mejor, ya que los tubos (T) pueden tener las curvas y codos que sean necesarios y con la posibilidad de ser flexibles, por lo tanto, se adaptan mucho más fácil a los giros de las ruedas, y a las variaciones de la suspensión. (Club DSM México., 2017)

**2.3.1.3. Sistema de frenado neumático.** Para vehículos de gran tamaño los sistemas tanto mecánico como hidráulico requieren de una gran fuerza de aplicación. Una solución es el uso de aire comprimido a unos cinco Kg. de presión almacenado en un depósito de aire comprimido. (Club DSM México., 2017)

**Figura 25**  
*Freno neumático.*



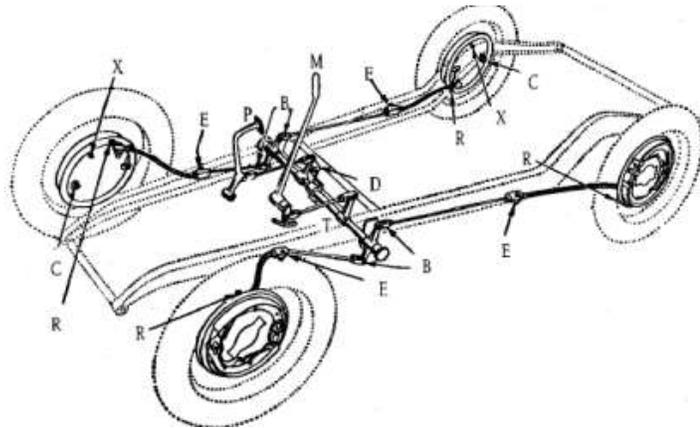
*Nota.* Tomado de (Club DSM México., 2017)

Una ventaja de este sistema de frenado, es que se puede utilizar para inflar los neumáticos, con una pequeña modificación en la instalación.

**2.3.1.4. Sistema de freno de mano.** El sistema de freno de mano, conocido también como freno de estacionamiento, actúa mecánicamente sobre las ruedas traseras del vehículo por medio de un sistema de varillas o cables, accionados por una palanca situada al alcance del conductor.

Como podemos observar en esta figura 26, ya usada con anterioridad, se acciona la palanca M, que realiza el mismo efecto que el pedal en el caso de los sistemas mecánicos, en cambio en el sistema hidráulico, accionaríamos un sistema mecánico independiente solo instalado en las ruedas posteriores. (Club DSM México., 2017)

**Figura 26**  
*Freno de mano.*



*Nota.* Tomado de (Club DSM México., 2017)

Otros vehículos, que están dotados de transmisión hidráulica, tienen una posición “P”, en la que se engranan dos velocidades a la vez, y estas quedan atrancadas sin posibilidad de movimiento. (Club DSM México., 2017)

### **2.3.2. Funcionamiento**

El funcionamiento de los frenos es, básicamente, como sigue: cuando pisamos el pedal de freno, se activa una bomba hidráulica que conduce el líquido de frenos hacia las pinzas de freno. La presión del líquido hace que los pistones empujen las pastillas. Estas pastillas hacen

fricción contra el disco de freno, donde la energía cinética se convierte en calor disipado, y así el conjunto del vehículo decelera progresivamente. (Domínguez, E., & Ferrer, J., 2012)

El sistema de frenos está diseñado para que a través del funcionamiento de sus componentes se pueda detener el vehículo a voluntad del conductor. La base del funcionamiento del sistema principal de frenos es la transmisión de fuerza a través de un fluido que amplía la presión ejercida por el conductor, para conseguir detener el vehículo con el mínimo esfuerzo posible. (Domínguez, E., & Ferrer, J., 2012)

### **2.3.3. Función principal**

El sistema de frenado se encarga de ralentizar o detener el vehículo cuando sea necesario, y en las mejores condiciones; y además, permite mantener el vehículo parado mediante el freno de estacionamiento. (Ortega & Del Hoyo, 2009)

Contar con un sistema de frenos eficientes garantiza la seguridad del vehículo, y de los ocupantes, y para que eso ocurra es necesario que se cumpla con especificaciones de técnicas tanto de fabricación como de mantenimiento, así mismo. (Ortega & Del Hoyo, 2009)

### **2.3.4. Características**

- **Eficacia.** Detener el vehículo en un tiempo mínimo y sobre una distancia mínima.
- **Estabilidad.** Conservando la trayectoria del vehículo.
- **Progresividad.** Con un frenado proporcional al esfuerzo del conductor.
- **Confort.** Con un esfuerzo mínimo para el conductor. Como principio básico lo describiríamos como la manera de crear una fuerza que se opone al avance del vehículo, pero teniendo en cuenta 3 factores:

- **Físico.** Se trata de la adherencia del vehículo al terreno y puede variar por: Peso del vehículo, características y estado de los neumáticos. naturaleza y estado del terreno por el que circulamos.
- **Mecánico.** Es aquel en el que interviene el conductor al pisar el freno y que hace al sistema funcionar.
- **Fisiológico.** Se trata del tiempo de reflejo del conductor. Este tiempo es variable según los conductores (presenta un promedio de 0,75 segundos), influye directamente en la distancia de frenado. (Ortega & Del Hoyo, 2009)

Los componentes del sistema de freno permiten que se cumplan cada una de las características de este mecanismo del automóvil, como eficacia, estabilidad, progresividad y confort, y a la vez son sinónimo de seguridad. (Ortega & Del Hoyo, 2009)

### ***2.3.5. Elementos que lo conforman***

La base del funcionamiento del sistema principal de frenos es la transmisión de fuerza a través de un fluido que amplía la presión ejercida por el conductor, con el propósito de detener el vehículo con el mínimo esfuerzo posible. El sistema de frenos se constituye por dos sistemas:

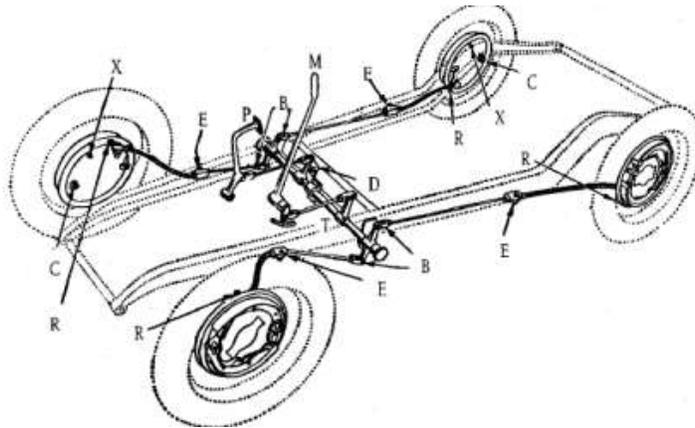
- El sistema que se encarga de frenar el vehículo durante su funcionamiento normal (funcionamiento hidráulico).
- El sistema auxiliar o de emergencia que se utilizará en caso de inmovilización o de fallo del sistema principal (funcionamiento mecánico). (Martínez & Romero, 2012)

Los elementos que componen el sistema de frenos son: pedal, servo freno, bomba principal o cilindro maestro, cañerías, mordaza, discos, cilindros secundarios, tambor y zapatas;

que son los elementos encargados de disminuir paulatinamente la trayectoria del vehículo.  
(Martínez & Romero, 2012)

**2.3.5.1. Pedal de freno.** El pedal de freno es el elemento que permite al conductor del vehículo accionar al sistema según las necesidades de frenado. Una condición esencial que el pedal de freno debe brindar es una adecuada relación entre de palanca para proporcionar el más correcto balance entre carrera de accionamiento y fuerza que se aplica. (Ortega & Del Hoyo, 2009)

**Figura 27**  
*Pedal de freno.*



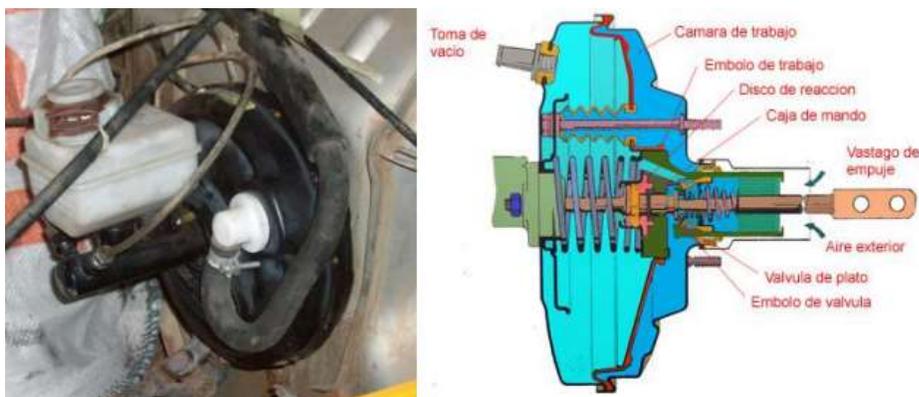
*Nota.* Tomado de (Ortega & Del Hoyo, 2009)

**2.3.5.2. Servo freno.** Este elemento se utiliza en el vehículo para ayudar al conductor en la acción de frenado. El servofreno se suma a la fuerza ejercida por el conductor sobre el pedal de freno, con el fin de mejorar la frenada, funciona por medio del vacío generado en el colector de admisión del propio motor del vehículo. (Ortega & Del Hoyo, 2009)

La función que cumple el servofreno es la de producir un efecto multiplicador de la fuerza aplicada por el conductor del vehículo sobre el pedal de freno.

El sistema de servofreno se basa en el aprovechamiento de la depresión que se produce en el múltiple de admisión del motor, el cual se halla comunicado con la cámara anterior de vacío del servofreno a través de una manguera y una válvula de retención que permite mantener el vacío en el servo aun cuando en el múltiple de admisión reine presión atmosférica. (Ortega & Del Hoyo, 2009)

**Figura 28**  
*Servofreno.*



*Nota.* Tomado de (Ortega & Del Hoyo, 2009)

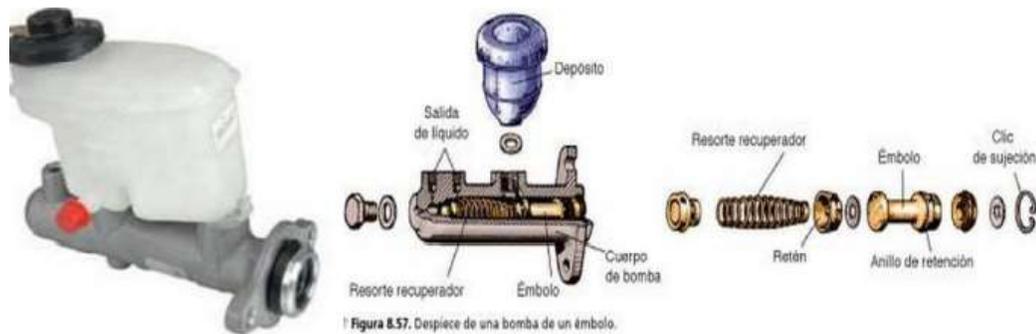
El servofreno está compuesto básicamente por dos cámaras separadas entre ellas por una pared móvil y un sistema de válvulas que permiten la comunicación entre una de esas cámaras y el exterior, si se está aplicando un esfuerzo en el pedal de freno, al deja de aplicar presión el 17 sistema se encuentra en posición de reposo. La estanqueidad entre estas cámaras y el exterior debe asegurarse en todo momento, únicamente permitiendo el paso de vacío por la válvula atmosférica, ya que la existencia de fugas provocaría la pérdida de asistencia en el momento de la frenada en el vehículo y el consiguiente riesgo de accidente. (Ortega & Del Hoyo, 2009)

**2.3.5.3. Bomba principal.** Es el encargado de crear la fuerza necesaria para que los elementos de fricción frenen el vehículo al presionar el pedal de freno, desplazando los elementos interiores de la bomba, desarrollando la fuerza necesaria para detener el automóvil, básicamente, la bomba de freno es un cilindro con diversas aperturas donde se desplaza un émbolo en su interior, provisto de un sistema de estanqueidad y un sistema de oposición al movimiento, de tal manera que, cuando cese el esfuerzo, vuelva a su posición de reposo.

(Martínez & Romero, 2012)

### Figura 29

*Bomba principal.*



*Nota.* Tomado de (Martínez & Romero, 2012)

La bomba o cilindro maestro es la encargada de generar la presión en el circuito hidráulico cuando el conductor pisa el pedal de freno. Transforma la tuerza de empuje aplicada sobre el pedal de freno en presión hidráulica. (Martínez & Romero, 2012)

#### Características de la bomba principal

- El número de cámaras y émbolos.
- El tipo de retén de estanqueidad (fijo o flotante).
- Emplear o no válvula de presión residual.

La bomba de freno está constituida por los siguientes elementos, depósito de líquido, cuerpo de la bomba y cilindro, émbolos, retenes, y muelle recuperador. (Martínez & Romero, 2012)

**2.3.5.4. Cañería de frenos.** La instalación del circuito de frenos hidráulicos en los vehículos se une mediante cañerías. Según las normas existentes deberán emplearse cañerías de acero y muchas veces están recubiertas con polímero para resistir la corrosión; usualmente tienen un ánima nominal de 2,5 mm, y un diámetro externo de 4.5 mm. (Martínez & Romero, 2012)

Las cañerías flexibles están construidas en capas, de las que el revestimiento, debe resistir al aceite mineral, y el externo a partículas duras y daños producido por piedras, agua, sal y demás contaminantes que puedan existir en la carretera. El producto que se utiliza es un polímero de mezcla de etileno propileno dieno. (Martínez & Romero, 2012)

**Figura 30**  
*Cañerías de freno.*



*Nota.* Tomado de (Martínez & Romero, 2012)

Las cañerías deben soportar la presión interna del fluido al momento de presionar el pedal, al igual que los factores externos como golpes, temperatura, o torceduras que pueden

deteriorar la cañería y poner en riesgo la seguridad del conductor y de los ocupantes. (Martínez & Romero, 2012)

**2.3.5.5. Discos de freno.** Los discos de freno son construidos en acero, su diseño puede ser macizo o con ranuras o perforaciones que sirven como medio de ventilación y refrigeración, para disipar el calor, las ranuras evacuan los residuos de las pastillas. (Martínez & Romero, 2012)

**Figura 31**  
*Discos de freno.*



*Nota.* Tomado de (Martínez & Romero, 2012)

En este caso el vehículo de estudio está conformado por disco de frenos macizos en su diseño original, sin embargo, en las respectivas modificaciones que se realizan para los procesos de competencia se sustituyen con discos ventilados y de mayor diámetro para obtener un frenado más eficaz, ya que está provisto de un sistema de ventilación propio que garantiza un eficiente frenado, minimizando los riesgos de cristalización debido al exceso de temperatura. (Martínez & Romero, 2012)

**2.3.5.6. Mordaza.** La presión hidráulica del cilindro principal actúa sobre el freno de disco de mordaza fija, que genera con ella la fuerza tensora para los forros de freno, ya que soporta los forros de freno apoya las fuerzas de freno y ajusta automáticamente la carrera de aflojamiento. (Martínez & Romero, 2012)

**Figura 32**  
*Mordaza de freno.*



*Nota.* Tomado de (Martínez & Romero, 2012)

**2.3.5.6.1. Estructura.** Las mordazas pueden ser un solo cuerpo o estar divididas en dos mitades, y en cada mitad se encuentra uno o dos émbolos que empujan las pastillas contra el disco de freno, los émbolos están montados con retenedores para evitar fugas del líquido al igual que están protegidos con guardapolvos para evitar que ingresen impurezas o humedad que pueden afectar el correcto funcionamiento del sistema. (Martínez & Romero, 2012)

**2.3.5.6.2. Funcionamiento.** Durante el proceso de frenado actúa presión hidráulica del cilindro principal, a través de las cañerías sobre el o los émbolos situados en las mordazas, que genera así la fuerza de presión para apretar las pastillas contra las superficies de fricción del disco de freno. (Martínez & Romero, 2012)

**Figura 33**  
*Esquema freno de disco con mordaza.*



*Nota.* Tomado de (Martínez & Romero, 2012)

La presión que llegue a las mordazas es graduable dependiendo de la fuerza aplicada al pedal de freno, Al liberar de presión al pedal de freno, el embolo del cilindro principal regresa de nuevo a su posición original, a causa de la fuerza de su muelle de compresión; los émbolos de las mordazas al no recibir presión regresan a su posición de origen liberando al disco para que vuelva a girar nuevamente. (Martínez & Romero, 2012)

**2.3.5.6.3. Tambor de freno.** Los frenos de tambor para generar las fuerzas de frenado en la superficie interior del mismo, utilizan un cilindro de freno de rueda, que actúa por ambos extremos y acciona las zapatas del freno, apretándolas contra las paredes del tambor.

(Guillermo Falasca, SN)

Las zapatas de freno se apoyan en el lado opuesto al cilindro de freno de rueda en un soporte fijado en la porta frenos; mediante el cable y la palanca del freno de mano se puede accionar el freno de tambor como freno de estacionamiento. (Guillermo Falasca, SN)

**Figura 34**

*Tambor de freno.*

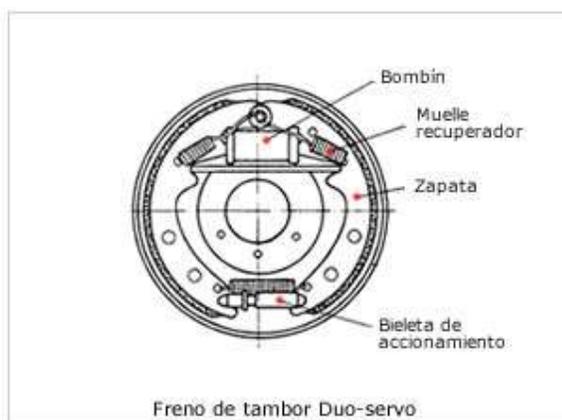


*Nota. Tomado de (Guillermo Falasca, SN)*

**2.3.5.6.4. Bombín de freno de tambor.** Este elemento está fijado en la porta frenos del tambor, transmite a las zapatas de freno a través de la guarnición el émbolo y los pernos de presión, la presión generada en el cilindro principal y aprieta las zapatas contra el tambor de freno, y regresan a su posición de origen después de soltar el pedal freno, al igual que en el émbolo de las mordazas está protegido con guarda polvos a fin de evitar daños por impurezas o humedad. (Guillermo Falasca, SN)

**Figura 35**

*Esquema del tambor de freno.*



*Nota.* Tomado de (Guillermo Falasca, SN)

**2.3.5.6.5. Pastillas y zapatas de freno.** Los forros de freno están constituidos fundamentalmente por cuatro grupos de materiales, distinguiéndose las proporciones de esos grupos según el campo de aplicación y el coeficiente exigido de frotamiento por deslizamiento (coeficiente de adherencia. Así, por ejemplo, los forros de freno de disco de un vehículo de la categoría superior están constituidos de otra 23 manera que los forros de freno de tambor de un vehículo pequeño. (Guillermo Falasca, SN)

**Figura 36**

*Pastillas y zapatas de freno.*



*Nota.* Tomado de (Guillermo Falasca, SN)

#### **2.3.5.6.6. Líquido de freno**

El líquido de frenos sirve como medio hidráulico para la transmisión de fuerza en los sistemas de frenos, el mismo que debe cumplir requisitos muy estrictos a fin de que los frenos funcionen con eficiencia. (Guillermo Falasca, SN)

Las propiedades de los líquidos de frenos están establecidas en diferentes normas de contenido muy similar.

Los mismos que son abalados por el Department of Transportation (DOT), el líquido tiene la propiedad de absorber la humedad, y mantener un punto de ebullición alto a fin de garantizar la eficiencia del frenado, ya que se calienta el fluido y puede generar burbujas provocando una deficiencia en el frenado. (Guillermo Falasca, SN).

**Figura 37**  
*Líquido de frenos.*



*Nota.* Tomado de (Guillermo Falasca, SN)

### **2.3.6. Beneficios de los frenos de discos**

Los frenos de discos constituyen un sistema más compacto, ligero de peso y que ocupa menos volumen que los frenos de tambor para iguales prestaciones. Y aunque la superficie de fricción en los frenos de disco suele ser menor a igualdad de tamaño (placa plana en el disco, curva en el tambor) supera al de tambor en resistencia al calentamiento, debido a que es posible una mayor ventilación del disco, al no trabajar encerrado como ocurre con los frenos de tambor. Además, las pastillas de los frenos de disco son más progresivas en la frenada, ya que no se acúñan como sucede con las zapatas y los tambores, dando como resultado una frenada más uniforme. (Ingemecánica, SN)

Otra de las ventajas de los frenos de disco como consecuencia de estar mejor ventilados, es que pueden ofrecer una frenada más enérgica, que se traduce en una menor distancia necesaria para la parada del vehículo. Esto es así, porque los elementos de fricción en el caso de los frenos de disco van montados al aire, que proporcionan una mejor refrigeración,

por lo que la absorción de la energía cinética y su transformación en calor se pueden realizar más rápidamente. (Ingemecánica, SN)

Por último, otra de las ventajas que merecen ser tenidas en cuenta en los frenos de disco, sobre todo en aquellos donde se usen pastillas de freno de cierta calidad cuyo coeficiente de fricción del material no se altere con la temperatura, es que en ellos no aparece el fenómeno de "fading" que suele presentarse con más asiduidad en los frenos de tambor. (Ingemecánica, SN)

## **2.4. Normativa FEDAK**

### **2.4.1. Suspensión**

- Suspensión serán libres mientras mantengan el diseño de funcionamiento similar al que en origen equipa el modelo del vehículo.
- Se permite reemplazar los cauchos por materiales más duros o rígidos.
- Se permite utilizar rotulas y brazos tipo uniball.
- Se puede reforzar los anclajes de la suspensión únicamente, NO se permite modificar para efectos de variar la geometría de la suspensión, manteniendo el diseño básico original.
- Es permitido el uso de camber plates.
- Barras estabilizadoras libres en su tipo más NO en su número debiendo mantener como máximo una delantera y una posterior.
- Es permitido el uso de coilover.

- Amortiguadores libres, pero no pueden modificar el principio de funcionamiento de la suspensión, por ejemplo, deben mantener el funcionamiento McPherson en el tren delantero o trasero si esta es la configuración de origen del vehículo y así para los otros mecanismos o principios. (FEDAK, 2019)

#### **2.4.2. Frenos**

- De preparación libre, mientras mantengan el diseño de funcionamiento similar al que en origen equipa al modelo del vehículo.
- Los discos de freno y mordaza serán libres, pero deberán mantener el número de 1 por rueda.
- Se permite el uso de disco de freno con mordaza en lugar de tambor. (FEDAK, 2019)

## Capítulo III

### 3. Marco metodológico

#### 3.1. Implementación del sistema de suspensión.

##### 3.1.1. Selección del sistema de suspensión posterior.

Se seleccionó una suspensión de tipo independiente para la parte posterior del vehículo. Este tipo de sistema suspensión conocido también como masa no suspendida va anclado en el chasis con las ruedas posteriores. Es factible el acople de la suspensión, ya que es un sistema ensamblado de diferentes elementos mecánicos como son el resorte, amortiguador, parrillas de suspensión, eje y juntas, estos elementos forman todo el conjunto del sistema de suspensión. El objetivo del tipo de sistema de suspensión seleccionado es amortiguar proporcionando una mejor estabilidad del vehículo y ante situaciones como podría ser impactos provocados por el suelo, el amortiguamiento de las diferentes oscilaciones en el trayecto del vehículo, con el fin de obtener un buen contacto del neumático con la calzada. Resistir el impacto o cabeceo del vehículo al momento de una frenada, aceleración y un óptico comportamiento en su trayecto. Resistir el balanceo del vehículo durante un trayecto el cual minimicé el balance de peso en curva.

Dicho lo anterior se optó por una suspensión tipo independiente (McPherson) por la cual tiene muchos beneficios por su simplicidad (diseño simple) y también por su bajo costo, como su mantenimiento, tiene la ventaja de implementar este sistema en el vehículo por su diseño por lo cual no va ser afectado en la colocación junto al motor y caja longitudinal, por lo cual va montado en el parte posterior dado esto se llegó a la adquisición de una suspensión de tipo independiente.

### **3.1.2. Selección del sistema de suspensión delantera.**

Se seleccionó una suspensión independiente en la parte delantera con conexión hidroelástica ya que debido al espacio reducido es lo que nos limita para montar otros componentes, por eso se ha visto la necesidad de adquirir este tipo suspensión independiente y por sus ventajas ya mencionadas anteriormente.

### **3.1.3. Implementación del sistema de suspensión posterior.**

- Se implementa un sistema de suspensión independiente (McPherson) en el prototipo de pista en la parte posterior, ver figura 38.

#### **Figura 38**

*Suspensión Independiente McPherson (parte posterior).*



- Se realizó el corte del balde de la camioneta Mini Austin y así construir el rollbar y las bases para la suspensión, ver figura 39.

**Figura 39**  
*Corte del balde.*



- Se construyó el roll bar posterior para luego construir las bases para las mesas de la suspensión, ver figura 40.

**Figura 40**  
*Rollbar posterior.*



- Se fijó provisionalmente el motor y transmisión en la camioneta Mini Austin, para luego se fabrican las bases de motor y transmisión, ver figura 41.

**Figura 41**  
*Fijación de motor y transmisión.*



- Se centró el motor y la transmisión y además se puso a nivel, posteriormente se centró los ejes de tracción que salen de la caja de velocidades hacia a las ruedas, ver figura 42.

**Figura 42**  
*Puesta a nivel de motor y transmisión.*



- Se continúa con la construcción de roll bar, donde se coloca refuerzos para brindar una mayor resistencia a las vibraciones del motor y transmisión, además, que soporte el peso de los mismos, luego se realiza el reforzamiento de las bases de la mesa de la suspensión, ver figura 43.

**Figura 43**

*Rollbar posterior reforzado.*



- Se fija la suspensión para fabricar las bases de la misma, pero en la parte superior de la torreta que conjuntamente se ancla en el rollbar, ver figura 44.

**Figura 44**

*Fijación de la suspensión.*



- Se fabrican las bases de la suspensión para ayudar al ensamble de la misma y a la construcción del roll bar posterior y además se coloca la suspensión, ver figura 45.

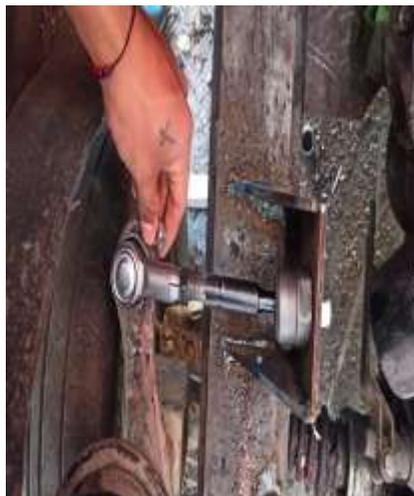
**Figura 45**

*Base superior de la suspensión.*



- Se fabricó las bases para los templadores para la alineación de las ruedas, además se realiza un corte y nueva rosca de los axiales para que sea regulable, ver figura 46.

**Figura 46**  
*Bases de los templadores.*



- Se realiza el montaje de los rodamientos de la manzana de rueda de la suspensión posterior, ver figura 47.

**Figura 47**  
*Montaje de rodamientos en la manzana.*



- Se realiza el anclaje de los discos de freno posteriores, los discos son de la marca Volkswagen, aptos para vehículos de competencia y además se realiza el anclaje de las rotulas de la mesa de la suspensión posterior, ver figura 48 y 49.

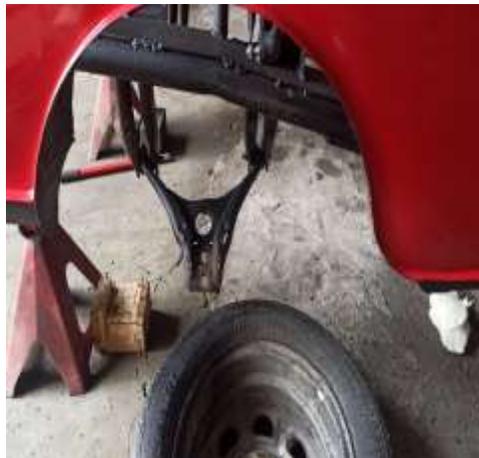
**Figura 48**

*Discos de freno posteriores.*



**Figura 49**

*Montaje de rótulas*



- Se realiza el ensamble de los ejes de la transmisión y después se coloca las mordazas de freno con sus respectivas pastillas de freno, ver figura 50.

**Figura 50**  
*Ensamble de la suspensión.*



#### **3.1.4. Implementación del sistema de suspensión delantera.**

- Se observa el estado de la suspensión delantera donde se realiza algunos cambios para un mejor funcionamiento, ver figura 51.

**Figura 51**  
*Suspensión delantera.*



- Se desmontó el conjunto del tambor, para obtener medidas para fabricar una base para implementar los frenos de disco, para sujetar la mordaza de freno, ver figura 52.

**Figura 52**

*Tambor de freno.*



- Se realiza el cambio de los espárragos de las dos manzanas de rueda delanteras, ver figura 53.

**Figura 53**

*Cambio de espárragos.*



- Se coloca los rodamientos de la araña, para empezar con el ensamble de la suspensión, ver figura 54.

**Figura 54**

*Rodamientos de la araña delantera.*



- Se colocó el disco y mordaza de freno, en el conjunto araña y mordaza para su posterior ensamble, ver figura 55.

**Figura 55**

*Ensamble del conjunto araña y manzana.*



- Se realizó el ensamble de todo el conjunto (araña, manzana, disco y mordaza de freno) en las ruedas delanteras, ver figura 56.

**Figura 56**

*Ensamble de la suspensión delantera.*



- Se observó el estado de los terminales y se fabricó una nueva rosca en los axiales de la dirección, se acopla los terminales y posteriormente se realiza el anclaje con la cremallera de dirección, ver figura 57.

**Figura 57**

*Axiales y terminales de dirección.*



- Se montó los axiales a la cremallera de dirección, se coloca los guardapolvos junto con sus abrazaderas para anclar en el brazo que va sujeto en la araña, ver figura 58.

**Figura 58**

*Montaje de los axiales.*



- Se observó la altura de la columna de dirección, se realiza un recorte a la columna de dirección, y se elabora un estriado para montar el volante de dirección para una mejor maniobrabilidad del vehículo, ver figura 59.

**Figura 59**

*Estriado de la columna de dirección.*



- Se coloca el volante, conjuntamente con la columna de dirección, este va anclado al piñón de la cremallera, ver figura 60.

**Figura 60**

*Volante.*



### **3.1.5. Implementación del sistema de frenado.**

**3.1.5.1. Selección del sistema de frenado.** Se seleccionó un sistema de frenado hidráulico de disco a las cuatro ruedas debido a su mayor eficiencia en el frenado del vehículo, y que nos proporciona mayor seguridad del ocupante.

La ventaja de los frenos de discos es por su diseño más compacto, ligero en peso ya que tiene un tamaño reducido que los frenos de tambor y con mejores prestaciones dando al vehículo mayor seguridad. Beneficios al usar frenos de discos son: una mejor disipación de calor, dejando atrás los frenos de tambor. Adicional a esto sus pastillas de freno tienen un mejor agarre con el disco, aunque estos se encuentren mojados por lo cual las zapatas tienden a perder agarre con el tambor de freno.

Adicional a esto los frenos de discos obtienen una menor distancia de frenada a altas velocidades al momento del accionar del pedal de freno. Esto se obtiene gracias a sus componentes que lo posee, proporciona una mejor refrigeración, por lo que la energía cinética se transforma en calor, más rápidamente.

Finalmente, una ventaja que tiene que ser tomado en cuenta es la selección de las pastillas de freno, optar por pastillas de freno cuyo coeficiente de fricción del dicho material no llegue a ser alterada con la temperatura del disco, ya que en estos casos no aparece un fenómeno llamado "Fading" que es muy común en los frenos de tambor.

El "fading" es un fenómeno muy peligroso que presenta un sistema de frenado, básicamente se pierde la eficiencia de frenado cuando se calienta dichos elementos.

Es común observar en un frenado pronunciado o frenadas sucesivas como por ejemplo al momento de bajar pendientes y accionar por varias veces de pedal de freno, y así dicha temperatura se incrementa afectando a las superficies de fricción.

**3.1.5.2. Implementación de sistema de frenado.** Se observa el mecanismo del pedal de freno, en don este trabaja verticalmente, se ha visto la manera de implementar una bomba vertical, la cual se realiza el montaje de una bomba N200 en la parte delantera del vehículo, ver figura 61.

**Figura 61**  
*Montaje de la bomba de freno.*



- Se fabricó una base para implementar los frenos de discos, la cual va montada en la araña del vehículo, ver figura 62.

**Figura 62**

*Base para montaje de la mordaza.*



- Se realiza el montaje de todo el conjunto, los componentes del sistema de frenos (araña, mordaza, disco, pastillas) para fabricar las cañerías del líquido de frenos, ver figura 63.

**Figura 63**

*Montaje de componentes del sistema de freno.*



- Se construyó una base para el reservorio del líquido de freno y se colocó en la parte delantera del vehículo teniendo en cuenta una altura considerable para un correcto funcionamiento de la bomba de freno y se realiza las conexiones de las cañerías del reservorio a la bomba, ver figura 64.

**Figura 64**

*Base y conexión de cañerías de la bomba de freno.*



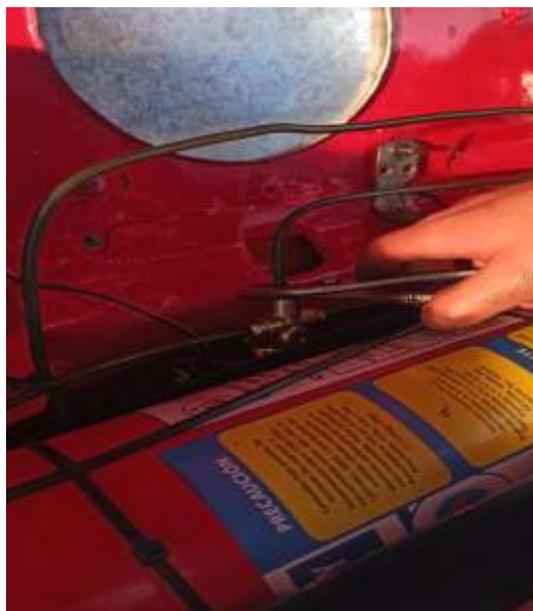
- Se tomó las medidas considerables y se construyó las cañerías con tubería de acero 3/16 de diámetro y se realiza las conexiones de las cañerías desde la bomba de freno hacia cada una de las mordazas de frenos, ver figura 65.

**Figura 65**  
*Conexión de cañerías de freno.*



- Por último, se realiza el purgado del sistema de frenos para un correcto funcionamiento, ver figura 66.

**Figura 66**  
*Purgado del sistema de frenos.*



## Capítulo IV

### 4. Conclusiones y recomendaciones

#### 4.1. Conclusiones

- Se implementó un sistema de suspensión tipo McPherson, la cual este tipo de suspensión nos brinda una mayor estabilidad, seguridad y control, un fácil mantenimiento y calibración de la suspensión para el vehículo Mini Austin para la categoría TC 2000.
- Todos los componentes implementados en el vehículo fueron bajo el reglamento de la FEDAK con respecto a la suspensión se optó de tipo McPherson independiente, amortiguador, muelles, entre otros.
- La implementación del sistema frenos en el prototipo de pista bajo el reglamento de la FEDAK fue importante optar por un sistema de frenos de discos a las cuatro ruedas por su buena refrigeración y un mejor coeficiente de fricción ya que permite tener una mejor experiencia al conducir además de una mayor seguridad, permite una mejor maniobrabilidad del vehículo.
- Se obtuvo resultados óptimos de ambos sistemas se pudieron comprobar el buen funcionamiento, como su correcta eficiencia en la suspensión con el amortiguador y el muelle, y en el frenado se obtuvo un funcionamiento preciso en el accionar del pedal de freno dando mejores resultados y seguridad.

#### 4.2. Recomendaciones

- Al implementar un sistema de suspensión siempre tomar en cuenta las normativas estipuladas, ya que para la construcción del prototipo de pista se necesita una suspensión que brinde estabilidad y seguridad del piloto.

- Revisar correctamente la implementación de ambos sistemas, para un correcto funcionamiento de los sistemas para evitar complicaciones.
- Optar por los repuestos recomendados por el fabricante por el caso de algún reemplazo de estos, puesto que alargaría la vida útil de ambos sistemas implementados bajo reglamentos de la FEDAK.
- Ver la manera de implementar frenos de discos en un vehículo que originalmente tenía con frenos de tambor, la cual se tiene que construir una base de hierro fundido o acero, para el montaje de las mordazas de freno en la parte delantera del prototipo de pista.
- Realizar pruebas en el prototipo de pista, con lo cual se evaluaría en escenario y tiempo real el trabajar de los sistemas de suspensión y frenos obteniendo resultados accesibles.
- Optar por un mantenimiento preventivo, con el que se conseguiría mantener al vehículo en óptimas condiciones tanto en el sistema de suspensión como el sistema de frenos de disco, por lo cual extendiendo la vida útil de los componentes.

## Bibliografía

- Club DSM México. (2 de 12 de 2017). <https://www.motorpasion.com>. Obtenido de <https://www.motorpasion.com/espaciotoyota/todo-sobre-los-frenos-deteccion-deproblemas>. [Último acceso: Diciembre 2017]
- Domínguez, E., & Ferrer, J. (2012). <https://www.boschautoparts.com/en/auto/brakes>.
- Donadio, G. (2005). *Seminario de Automovilismo de competición*.
- FEDAK. (SN de SN de 2019). *Federación Ecuatoriana De Automovilismo y kartismo*. Obtenido de Federación Ecuatoriana De Automovilismo y kartismo: <http://fedak.com.ec/index.php/estatutos-y-reglamentos/reglamento-de-circuitos-2019>
- Guillermo Falasca. (SN de SN de SN). *Academia.edu*. Obtenido de Academia.edu: [https://www.academia.edu/7457719/Manual\\_tecnico\\_pastillas\\_freno](https://www.academia.edu/7457719/Manual_tecnico_pastillas_freno)
- Ingemecánica. (SN de SN de SN). *Ingemecánica*. Obtenido de Ingemecánica: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn74.html>
- Luque, P. (2004). *Ingeniería del automóvil* (Segunda edición ed.). España: Thomson.
- Martínez & Romero. (2012). *Modificación sistema de frenos*. Quito.
- Mejía Mayorga, E. &. (2018). *Diseño y selección del sistema de suspensión de un prototipo de auto eléctrico biplaza*. Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27928/1/Tesis%20I.%20M.%20460%20-%20>

%20Mej%c3%ada%20Mayorga%20Est%c3%a9ban%20David%20y%20Reyes%20P%c3%a  
9rez%20Diego%20Fernando.pdf

Ortega & Del Hoyo. (2009). *Sistema de frenos*. Quito.