



# ESPE

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS**  
**INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

**Implementación del sistema de suspensión para un vehículo biplaza tipo buggy para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE.**

Santamaría Castro, Jorge Luis

Departamento de Ciencias de Energía y Mecánica, Unidad Gestión de Tecnologías

ESPE

Monografía, previo a la obtención del título tecnólogo en mecánica automotriz

Ing. Carrera Tapia Romel David

09 septiembre de 2020



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

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que la monografía, **“Implementación del sistema de suspensión para un vehículo biplaza tipo buggy para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE”** fue realizado por el señor **Santamaría Castro, Jorge Luis**, 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 teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

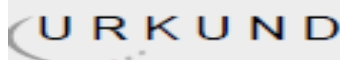
Latacunga, 09 septiembre del 2020

Firma:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Romel D. Carrera', is written over a horizontal dashed line.

**Ing. Carrera Tapia Romel David**

**C.C.: 0503393258**



## Urkund Analysis Result

Analysed Document: Tesis 01 Santamaria Jorge.pdf (D78473740)  
 Submitted: 9/2/2020 2:25:00 AM  
 Submitted By: jlsantamaria@espe.edu.ec  
 Significance: 7 %

### Sources included in the report:

TESIS FINALIZADA 06-10-2019.docx (D57090164)  
 Actividad Integradora MECANICA DE PATIO.docx (D54711621)  
 Tesis Suspension.docx (D23953535)  
 Estructura Actividad Integradora.docx (D54696828)  
 DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA DE SUSPENSION DE UN VEHICULO DE CLASE FORMULA STUDENT.pdf (D34832484)  
 TESIS nueva 2.docx (D47945473)  
<https://refaccionariamario.com/amortiguadores/182-amortiguador-hidraulico-trasero-boge-para-vw-sedan-1500-1600-1600i-safari-brasilia.html>  
<https://refaccionariamario.com/manguetas-de-rueda/8379-juego-de-manguetas-de-disco-de-rueda-delantera-original-para-vw-sedan-1600i.html>  
<http://dspace.espe.edu.ec/bitstream/123456789/938/1/65T00008.pdf?fbclid=IwAR0zEIXRT9oG0uYE0gNzOXIb1fuP3ITJlgJ2cRNc2Z-MBBb3vqa0a4ixqn0>  
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/4715/1/05%20FECYT%202286%20TRABAJO%20GRADO.pdf>  
<https://docplayer.es/97602246-Departamento-de-ciencias-de-la-energia-y-mecanica-carrera-de-ingenieria-automotriz.html>  
<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut73/anx1tut73.pdf?fbclid=IwAR0KUI3rVSPDS3FEfwVxLZk6kppKewmR-VRO3EZIglOXqQsZmuzz4eqv1cA>  
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1546/1/FECYT%201480%20TESIS.pdf>  
<http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27928/1/Tesis%20I.%20M.%20460%20-%20Mej%20C3%ADa%20Mayorga%20Est%20C3%A9ban%20David%20y%20Reyes%20P%20C3%A9rez%20Diego%20Fernando.pdf>  
<http://dspace.espe.edu.ec/bitstream/123456789/9830/1/65T00280.pdf>  
<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn73.html>  
[https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/28634/PFC\\_Fernando\\_Martin\\_Lopez\\_2016.pdf?sequence=1](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/28634/PFC_Fernando_Martin_Lopez_2016.pdf?sequence=1)  
<https://1library.co/document/zx50xwwq-disenio-construccion-suspension-vehiculo-formula-escuela-ingenieria-automotriz.html>  
<https://es.slideshare.net/javierenriqueabad/5-suspension>  
<https://docplayer.es/47545101-Modelo-director-no-parametrico-de-amortiguador-magneto-reologico-basado-en-redes-neuronales.html>

Instances where selected sources appear:

31

Ing. Carrera Tapia Romel David

C.C.: 0503393258



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

**RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

Yo, **Santamaría Castro, Jorge Luis** con cédula de ciudadanía N° 1722621420, declaro/declaramos que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **“Implementación del sistema de suspensión para un vehículo biplaza tipo buggy para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 09 septiembre del 2020

Firma:

A handwritten signature in blue ink is written over a horizontal dashed line. The signature is stylized and appears to be 'JL Castro'.

**Santamaría Castro, Jorge Luis**

**C.C.: 1722621420**



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

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN**

Yo, **Santamaría Castro, Jorge Luis**, con cedula de ciudadanía n° 1722621420 autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **“Implementación del sistema de suspensión para un vehículo biplaza tipo buggy para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE”**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad

Latacunga, 09 septiembre del 2020

Firma:

**Santamaría Castro, Jorge Luis**  
C.C.: 1722621420

## **DEDICATORIA**

Mi presente tesis está dedicada a mi familia a mi madre y a mi padre, por su preocupación de velar siempre por mi bienestar y brindarme todo su amor incondicional, también por su apoyo moral y económico para seguir formándome como un buen profesional, me han enseñado siempre a mantenerme alerta y nunca decaer, por apoyarme constantemente en situaciones difíciles y aconsejarme para seguir adelante y cumplir con mis objetivos.

-Jorge Santamaría

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por permitirme estar con mi familia, por apoyarme en mis decisiones que he tomado para seguir formándome como un profesional y tener siempre su motivación moral y económica para seguir y nunca rendirme, también quiero agradecer a mis compañeros por realizar un trabajo en equipo para realizar la tesis en general, también un agradecimiento al Sr. Roberto Pozo quien fue la persona que nos asesoró impartiendo sus conocimientos de acuerdo a su experiencia profesional y competitiva.

-Jorge Santamaría

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA .....	1
CERTIFICACIÓN .....	2
URKUND ANALYSIS RESULT.....	3
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA.....	4
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN .....	5
DEDICATORIA.....	6
AGRADECIMIENTO .....	7
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	8
ÍNDICE DE TABLAS .....	13
ÍNDICE DE FIGURAS.....	14
RESUMEN .....	16
ABSTRACT .....	17

### **CAPÍTULO I**

#### **1. ANTECEDENTES**



	9
1.1 Planteamiento del problema .....	19
1.2 Justificación e importancia.....	20
1.3 Objetivos .....	21
1.3.1 General .....	21
1.3.2 Específicos .....	21
1.4 Alcance .....	22

## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO TEORICO**

2.1 Prototipo buggy .....	23
2.2 Sistema de suspensión .....	24
2.1.1 Funciones del sistema de suspensión .....	24
2.3 Partes principales del sistema de suspensión .....	25
2.3.1 Masas suspendidas .....	25
2.3.2 Masas no suspendidas .....	25
2.4 Anomalías presentes en el sistema de suspensión .....	26
2.5 Elementos del sistema de suspensión .....	27

	10
2.6 Elementos elásticos de la suspensión.....	28
2.6.1 Neumáticos .....	28
2.6.2 Barra de torsión .....	29
2.7 Elementos de amortiguación de la suspensión.....	30
2.7.1 Los amortiguadores .....	32
2.8 Elementos constructivos y de guiado de la suspensión .....	36
2.8.1 Silentblocks.....	36
2.8.2 Brazo de suspensión.....	38
2.8.3 Mangueta.....	39
2.8.4 Rótulas y topes de goma .....	40
2.9 Suspensiones independientes.....	41
2.9.1 De tipo Eje Oscilante .....	42
2.9.2 Suspensión delantera de un buggy monoplaza .....	43
2.9.3 Suspensiones especiales .....	45
2.10 Factores que involucran al sistema de suspensión .....	47
2.11 Selección suspensión independiente para el eje delantero.....	50

	11
2.12 Eventos automovilísticos .....	55

### **CAPITULO III**

#### **3. IMPLEMENTACIÓN Y ADAPTACIÓN DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN**

##### **INDEPENDIENTE EN LAS CUATRO RUEDAS PARA UN VEHICULO TIPO**

##### **BUGGY**

3.1 Desarrollo .....	57
3.1.1 Suspensión Trasera .....	58
3.2 Ventajas y Desventajas de la suspensión .....	62
3.3 Implementación del sistema de suspensión.....	63
3.3.1 Implementación suspensión trasera .....	63
3.3.2 Materiales de construcción.....	66
3.3.3 Proceso de adaptación y construcción suspensión delantera.....	69
3.3.4 Proceso de Construcción de las bases de los amortiguadores delanteros	82
3.4 Elementos de la Suspensión .....	84
3.4.1 Silentblocks implementados en la suspensión delantera .....	84

### **CAPITULO IV**

**4. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL VEHÍCULO BIPLAZA TIPO BUGGY**

4.1 Prueba 1 Altura del vehículo.....	88
4.2 Prueba 2 Verificación suspensión delantera.....	90
4.3 Prueba 3 RoadBook.....	93

**CAPITULO V****5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1 Conclusiones .....	98
5.2 Recomendaciones.....	99

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	100
----------------------------------	-----

ANEXOS .....	103
--------------	-----

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Especificaciones Técnicas del amortiguador del Volkswagen Brasilia .....	34
<b>Tabla 2</b> Especificaciones técnicas conjunto muelle – amortiguador Monroe .....	36
<b>Tabla 3</b> Requerimientos y porcentajes .....	51
<b>Tabla 4</b> Suspensiones independientes eje delantero .....	53
<b>Tabla 5</b> Niveles de evaluación .....	55
<b>Tabla 6</b> Partes de la suspensión trasera .....	60
<b>Tabla 7.</b> Especificaciones modelo Volkswagen Sedan – Suspensión Trasera.....	60
<b>Tabla 8.</b> Suspensión Delantera ventajas y desventajas .....	62
<b>Tabla 9</b> Procedimiento implementación sistema de suspensión trasera.....	64
<b>Tabla 10.</b> Materiales usados para la implementación de la suspensión delantera.....	66
<b>Tabla 11</b> Procedimiento construcción de los triángulos inferiores de la suspensión .....	74
<b>Tabla 12</b> Procedimiento construcción de los triángulos superiores de la suspensión .....	77
<b>Tabla 13</b> Implementación de los amortiguadores delanteros .....	82
<b>Tabla 14</b> Hoja de ruta .....	94
<b>Tabla 15</b> Verificación del sistema de suspensión .....	96

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Buggy Ariel Nomad Tactical.....	23
<b>Figura 2</b> Anomalías producidas en la estructura tubular del buggy .....	26
<b>Figura 3</b> Suspensión Buggy Ariel Nomad Tactical .....	27
<b>Figura 4</b> Elementos elásticos .....	28
<b>Figura 5</b> Neumático Fedima F5 Asimétrico.....	29
<b>Figura 6</b> Barra de torsión del Volkswagen Brasilia .....	30
<b>Figura 7</b> Curva de amortiguamiento.....	31
<b>Figura 8</b> Amortiguadores telescópicos posteriores del buggy.....	33
<b>Figura 9</b> Conjunto muelle – amortiguador.....	35
<b>Figura 10</b> Silentblocks del buggy .....	37
<b>Figura 11</b> Brazo de la suspensión.....	38
<b>Figura 12</b> Mangueta del Volkswagen Brasilia .....	39
<b>Figura 13</b> Rótulas y topes de goma .....	40
<b>Figura 14</b> Suspensión Independiente .....	41
<b>Figura 15</b> Sistema de suspensión trasera .....	43
<b>Figura 16</b> Suspensión de doble triángulo .....	44
<b>Figura 17</b> Suspensión Tipo Push Rod .....	46
<b>Figura 18</b> Suspensión Tipo Pull Rod.....	47
<b>Figura 19</b> Ángulo de avance .....	50

	15
<b>Figura 20</b> Dimensiones del Buggy .....	57
<b>Figura 21</b> Suspensión Trasera del Volkswagen Brasilia .....	58
<b>Figura 22</b> Suspensión trasera .....	59
<b>Figura 23</b> Estructura tubular parte delantera vista superior .....	70
<b>Figura 24</b> Bases de los Silentblocks .....	71
<b>Figura 25</b> Silentblocks de grilon mecanizados.....	71
<b>Figura 26</b> Platinas.....	72
<b>Figura 27</b> Proceso de mecanizado bases de rótulas.....	73
<b>Figura 28</b> Suspensión delantera del buggy .....	84
<b>Figura 29</b> Silentblocks de la suspensión.....	85
<b>Figura 30</b> Ubicación de los silentblocks implementados en la suspensión delantera .....	86
<b>Figura 31</b> Vehículo biplaza tipo Buggy.....	87
<b>Figura 32</b> Altura primera medición .....	88
<b>Figura 33</b> Altura segunda medición .....	89
<b>Figura 34</b> Suspensión trasera del buggy .....	90
<b>Figura 35</b> Funcionamiento sistema de suspensión y dirección .....	91
<b>Figura 36</b> Suspensión delantera lado derecho .....	92
<b>Figura 37</b> Suspensión delantera lado izquierdo .....	92
<b>Figura 38</b> Pruebas de ruta sistema de suspensión .....	97

## RESUMEN

En el presente proyecto de implementación del sistema de suspensión para un vehículo biplaza tipo buggy para la carrera de tecnología superior en mecánica automotriz de la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE constituida por cinco capítulos. En el primer capítulo trata sobre el alcance que tiene el proyecto cumpliendo con los objetivos propuestos sobre el tema del proyecto. El segundo capítulo trata sobre las funciones principales que debe cumplir el sistema de suspensión y que elementos automotrices son los que intervienen, también encontramos algunas suspensiones que son implementadas en vehículos tipo buggy y los eventos automovilísticos en donde son participes estos tipos de vehículos. El tercer capítulo trata sobre la parte práctica que se realizó analizando la suspensión requerida en base a la estructura tubular del buggy y los debidos procedimientos al implementar y adaptar el sistema de suspensión dedicada a competición de rally. En el cuarto capítulo encontramos las pruebas que se efectuaron realizando una trayectoria comprobando el rendimiento, eficiencia y confort al conducir el vehículo. El quinto capítulo trata sobre las conclusiones y recomendaciones a las que se llegó al momento de realizar la implementación y adaptación comprobando que el sistema cumpla con los parámetros establecidos para tener un rendimiento eficaz.

### **Palabras Clave:**

- buggy
- suspensión tipo ejes oscilantes
- triángulos de suspensión
- hoja de ruta



## ABSTRACT

In the present project for the implementation of the suspension system for a two-seater buggy for the higher technology career in automotive mechanics of the ESPE Technologies Management Unit (UGT), consisting of five chapters. The first chapter deals with the scope of the project, fulfilling the proposed objectives on the subject of the project. The second chapter deals with the main functions that the suspension system must fulfill and which automotive elements are involved, we also find some suspensions that are implemented in buggy-type vehicles and automobile events in which these types of vehicles are involved. The third chapter deals with the practical part that was carried out analyzing the suspension required based on the tubular structure of the buggy and the due procedures when implementing and adapting the suspension system dedicated to rally competition. In the fourth chapter, we find the tests that were carried out by carrying out a trajectory checking the performance, efficiency and comfort when driving the vehicle the fifth chapter deals with the conclusions and recommendations that were reached at the time of implementation and adaptation, checking that the system complies with the parameters established for effective performance.

### **Keywords:**

- buggy
- swing axle suspension
- double wishbone
- roadbook

## CAPÍTULO I

### 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 E.& Reyes D. 2018, p. 2).

Los vehículos tipo buggy al ser de nivel competitivo por sus características y diseño, Ayala ,A.& Guevara, D. (2015) afirman que “Ya que disponen de un sistema de suspensión como el diseñador lo desee, no hay alguna normativa que las clasifique” (p. 2). Motivo por el cual se ha implementado suspensiones en la mayoría de prototipos de buggy el sistema de suspensión del Volkswagen escarabajo desde el año 1964.

“Hay que resaltar que siempre en las modificaciones de estos vehículos, se ingenia el diseño de la carrocería, puesto que siempre es tubular y con las condiciones de seguridad adecuadas”. (Ayala,A.& Guevara D. 2015, p. 2).

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 independiente a las cuatro ruedas enfocándose en la estabilidad, seguridad y confort.

Teniendo en cuenta que también esté a nivel de competir en un evento automovilístico de rally, entidad que es la encargada de establecer los estándares y reglamentos, Federación Ecuatoriana De Automovilismo y Kartismo (FEDAK).

### **1.1 Planteamiento del problema**

La tendencia por construir y modificar es muy alta para las personas que disfrutan del deporte automovilístico, es aquí donde se reconoce una problemática como es el desconocimiento al no tener en cuenta ciertos criterios para la construcción y modificación llegando a presentar problemas de funcionamiento y rendimiento en el vehículo.

En mayor parte los vehículos tipo buggy son de construcción artesanal, adaptando y modificando cada uno de sus sistemas automotrices y tomando como base los componentes del Volkswagen Escarabajo o Brasilia, sin considerar los efectos que se pueden producir al cambiar a una estructura tubular.

En consecuencia, de lo mencionado, al implementar un sistema de suspensión específico para un vehículo buggy, puede ocasionar problemas a sus ocupantes tanto de inseguridad y molestias, incluso problemas en adquisición de componentes para sus sistemas motrices y mantenimiento periódico siendo desfavorable para los propietarios del vehículo.

Al construir buggies en talleres automotrices lo hacen de forma empírica, tomando como una de las consideraciones que los diseños de construcción de estos buggies deben estar a nivel competitivo usando materiales resistentes y adaptando componentes automotrices que rindan al buggy de la mejor manera posible.

Las posibles modificaciones que llegan a tener los buggies están centrados en su estructura tubular y motor, llegando a cambiar por completo, pero también hay sistemas críticos como el sistema de suspensión. El cual puede ser modificado y adaptado según las características que tenga el diseño de la estructura mejorando en su fiabilidad, maniobrabilidad y confort

## **1.2 Justificación e importancia**

La implementación del sistema de suspensión para un vehículo buggy, debe garantizar un rendimiento eficaz al vehículo comprometiéndose en la seguridad del mismo como la de sus ocupantes. Considerando las posibles modificaciones y adaptaciones posibles según el diseño de la estructura tubular del buggy.

Una de las razones para implementar un sistema de suspensión independiente es para que el buggy pueda competir en eventos automovilísticos de rally, adaptando una suspensión especial para competiciones considerando los parámetros de la estructura tubular del buggy, esta suspensión debe ser ideal para adaptarse a las diferentes condiciones del camino que pueden presentarse al momento de conducir el buggy.

Para realizar la implementación primero hay que comparar resultados de otras suspensiones que fueron implementadas en buggies o los problemas que tienen al momento de no implementar una suspensión adecuada. Tomando en cuenta ciertos procesos que pueden servir de ayuda al momento de adaptar una suspensión diferente al buggy.

Los beneficiarios de este proyecto serán los ocupantes del vehículo debido que el buggy será seguro, presentará estabilidad a diferentes condiciones del camino y el

confort que sentirán al momento de conducir. También el buggy estará en la capacidad de competir en un evento automovilístico de rally despertando el espíritu competitivo para los amantes de este deporte que va en aumento en nuestro país.

El estudio pertinente al conocer de forma práctica y teórica el funcionamiento y los elementos que conforman la suspensión, es de gran importancia porque al momento de implementar el sistema el rendimiento debe ser el ideal para que los elementos que conforman no tengan un desgaste prematuro aprovechando cada uno de estos elementos al conducir el buggy.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 General**

Implementar un sistema de suspensión independiente en las cuatro ruedas de un vehículo biplaza tipo buggy que garantice rendimiento eficaz conforme a las características de su estructura tubular para brindar mayor seguridad y confort.

#### **1.3.2 Específicos**

- Analizar diferentes tipos de suspensiones automotrices que pueden ser implementadas en un vehículo biplaza tipo buggy y los materiales adecuados para la adaptación en la estructura del buggy aumentando el rendimiento del sistema de suspensión.
- Investigar los procedimientos de implementación del sistema de suspensión en una estructura tubular para un vehículo tipo buggy tomando en cuenta los parámetros de construcción y adaptación que intervienen en el sistema.

- Implementar el sistema de suspensión independiente en las cuatro ruedas del vehículo prototipo considerando el eje delantero y el eje posterior según las características de construcción de la estructura tipo buggy.
- Efectuar pruebas de funcionamiento basadas en una trayectoria diseñada para simular las irregularidades del terreno donde se moviliza el vehículo prototipo y comprobar el rendimiento, eficiencia y confort en la conducción del mismo.

#### **1.4 Alcance**

El alcance del proyecto tendrá la finalidad de implementar un sistema de suspensión enfocada a la competición de rally categoría buggy, la cual se adapte a las especificaciones de la estructura tubular del vehículo.

Para implementar la suspensión se hará la selección de las suspensiones recomendadas para vehículos buggy y se tomarán en cuenta aspectos como maniobrabilidad, eficiencia y diseño referente al diseño de la estructura tubular.

Se utilizará materiales que brinden la resistencia y seguridad en la suspensión, considerando las recomendaciones que emite la FEDAK en sus reglamentos técnicos, además de adquirir los materiales los cuales deben ser accesibles y económicos.

Según sean las condiciones del camino el buggy estará adecuado a adaptarse a estos cambios de forma segura brindando eficiencia y confort al conducir el vehículo buggy.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.3 Prototipo buggy

Un buggy es un vehículo prototipo construido artesanalmente en su mayoría desde la plataforma del Volkswagen escarabajo. En su mayoría estos vehículos son de tipo arenero ideales para espacios no accesibles en las playas, también encontramos vehículos buggy preparados especialmente para competición 4x4 o de rally.

En la figura 1 se puede apreciar un vehículo biplaza tipo buggy el cual consta de una estructura tubular, vehículo fabricado en industrias Classic Car Studio por mejoras en el rendimiento del sistema de suspensión a diferencia del buggy Volkswagen.

#### Figura 1

*Buggy Ariel Nomad Tactical*



*Nota.* Adaptado de *La táctica de Ariel Nomad buggy*, Friederich, 2019. Tomado de <https://www.maxim.com/rides/2017-ariel>

## **2.4 Sistema de suspensión**

El sistema de suspensión de un automóvil es el conjunto de elementos mecánicos, que tienen la misión de asegurar el contacto de los neumáticos con el terreno, proporcionando estabilidad en la marcha del vehículo, y al mismo tiempo proteger a sus ocupantes y al vehículo de las irregularidades del terreno (Moratalaz, 2015).

“Los vehículos que sean de competencia en general buscan aumentar el rendimiento de cada uno de sus sistemas” (Riera, P. 2010, p. 18), en el caso del sistema de suspensión tiene que ser especialmente dedicada a competición buscando mejorar los desniveles y anomalías que se pueden producir en el vehículo.

### **2.1.1 Funciones del sistema de suspensión**

Los vehículos deben constar de una suspensión adecuada para el trabajo al que estos van a ser sometidos, y de igual manera deben cumplir con ciertas funciones complementarias resumidas a continuación:

- Ayudar a los neumáticos a estar siempre en contacto con el camino permitiendo a la suspensión absorber estas irregularidades disminuyendo la reacción en la carrocería.
- Conservar el funcionamiento adecuado de la dirección manteniendo la geometría al realizar un viraje o pasar por diferentes condiciones de carretera.
- Soportar el peso del vehículo en todo momento.
- Disminuir las cargas que se producen al frenar, acelerar y realizar un viraje estabilizando al vehículo plácidamente.



## **2.5 Partes principales del sistema de suspensión**

Una vez resumidas y analizadas las funciones del sistema de suspensión se debe tomar en cuenta cuando hablamos de los conjuntos de las masas suspendidas y las masas no suspendidas.

### **2.5.2 Masas suspendidas**

En los elementos suspendidos se puede hablar que son los elementos que no tienen contacto con la superficie entre estos encontramos:

- Chasis
- Motor
- Tanque de combustible
- Elementos auxiliares para el confort
- Entre otros

### **2.5.3 Masas no suspendidas**

En las masas no suspendidas encontramos a los elementos que van a tener contacto con la superficie soportando la mayor parte el peso del vehículo entre estos encontramos:

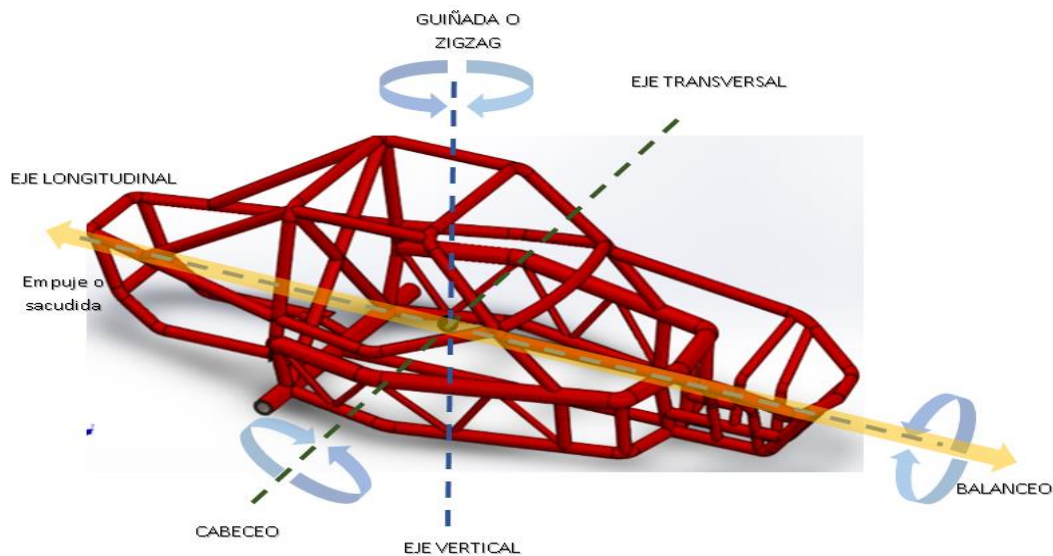
- Frenos (disco, tambor)
- Los ejes de transmisión
- Amortiguadores
- Brazos de suspensión
- Entre otros

## 2.6 Anomalías presentes en el sistema de suspensión

En la figura 2 se puede apreciar los movimientos producidos en la estructura tubular del buggy al estar suspendidos mediante los elementos elásticos al pasar por irregularidades producidas en carretera.

**Figura 2**

*Anomalías producidas en la estructura tubular del buggy*



*Nota.* En colaboración con mis compañeros se logra obtener el centro de gravedad que tiene el chasis del tubular identificando desde su origen las anomalías que se pueden producir.

- **Empuje o sacudida.** - Oscilaciones que se producen en el eje vertical cuando se pasa por terrenos ondulados.
- **Balanceo.** - Oscilaciones que se producen en el eje longitudinal y se producen al pasar por curvas a altas velocidades.
- **Cabeceo.** - Oscilaciones que se producen a lo largo del eje transversal y se producen durante las frenadas y aceleraciones.

- **Zigzag o guiñada.** - Oscilaciones giratorias alrededor del eje vertical
- **Derrape.** - Zigzag con resbalamiento de varios neumáticos sobre la calzada.

## 2.7 Elementos del sistema de suspensión

Los elementos que conforman la suspensión son los que se interponen entre las masas no suspendidas y las masas suspendidas, y este conjunto de elementos son los que absorben las irregularidades del camino dando confort y seguridad en la conducción.

En la figura 3 se puede apreciar la parte delantera de un buggy el cual tiene una suspensión delantera independiente para absorber de mejor manera los golpes producidos por la carretera sistema implementado para mejorar al diseño original del buggy de Volkswagen.

### Figura 3

*Suspensión Buggy Ariel Nomad Tactical*



*Nota.* Adaptado de *La táctica de Ariel Nomad buggy*, Friederich, 2019. Tomado de <https://www.maxim.com/rides/2017-ariel>

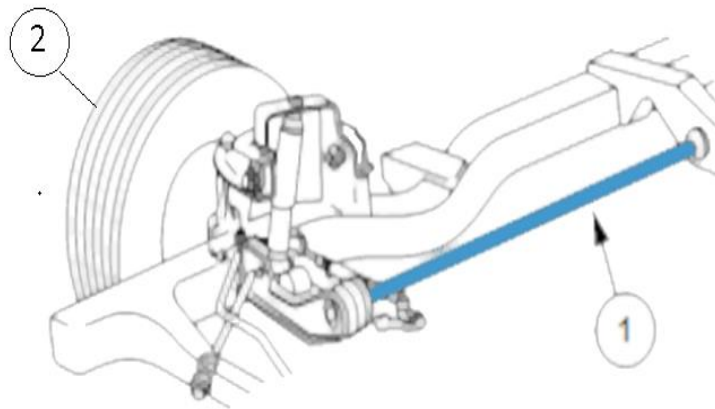
## 2.8 Elementos elásticos de la suspensión

Una de las principales características del sistema de suspensión son sus elementos elásticos los que impiden que las oscilaciones producidas por los caminos irregulares lleguen en forma de golpes hacia la carrocería, y mantengan a los neumáticos siempre en contacto con el suelo mejorando así la estabilidad y dirección del vehículo.

En la figura 4 se puede apreciar los componentes elásticos, esto puede cambiar según la disposición y requerimientos del vehículo.

**Figura 4**

*Elementos elásticos*



*Nota.* adoptado de *La suspensión y sus partes*, Crumex, s.f. Tomado de <https://www.e-auto.com.mx/enev/index.php/85-boletines-tecnicos/3514-la-suspension-y-sus-partes>

### 2.8.2 Neumáticos

El neumático es considerado uno de los elementos más importantes del automóvil, debido a que tiene que soportar el peso del vehículo, las fuerzas de inercia

producidas en las distintas aceleraciones, debe transmitir el par producido por el motor. Todo ello produce grandes esfuerzos tangenciales en la banda de rodadura, y, además, es el encargado de mantener la trayectoria del vehículo en las ruedas directrices.

(Chacón H, 2009, p. 21)

En la figura 5 se puede apreciar el neumático de rally el cual es más habitual para competiciones sobre tierra, tienen una sujeción para utilización de rallys a altas velocidades.

### **Figura 5**

*Neumático Fedima F5 Asimétrico*



*Nota. adaptado de Neumáticos fedima F5 asimétrico Autocross y rallys de tierra.*

FEDIMA F5 , 2017. Tomado de <http://www.fedimacompeticion.com/neumaticos-fedima-f5-asimetrico.html>

### **2.8.3 Barra de torsión**

Este elemento se utiliza casi siempre en sistemas de suspensión independientes y está basado en el principio de que si a una varilla de acero elástico sujeta por uno de

sus extremos se le aplica por el otro un esfuerzo de torsión, esta varilla tenderá a retorcerse, volviendo a su forma primitiva por su elasticidad cuando cesa el esfuerzo de torsión. (Gavilanes, 2016, pp. 30-31)

En la figura 6 se puede apreciar la barra lateral derecha del Volkswagen Brasilia el cual se encuentra de forma transversal al vehículo, unida mediante el ojal de placa de resorte lado donde se aplica la torsión a la barra haciendo que esta se deforme resistiendo toda esta acción por las ranuras que encontramos en los extremos de la barra de torsión.

### **Figura 6**

*Barra de torsión del Volkswagen Brasilia*



*Nota.* En la figura observamos una barra de torsión de la suspensión de Volkswagen Brasilia

## **2.9 Elementos de amortiguación de la suspensión**

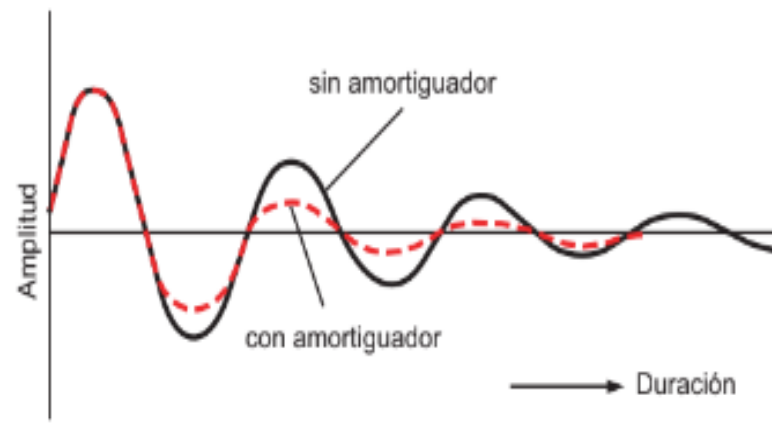
Es indispensable que el sistema de suspensión cuente con elementos de amortiguación para que estos elementos logren frenar las oscilaciones procedentes de los elementos elásticos cuando estos pasan por caminos irregulares. Chacón (2009)

refiere que los elementos elásticos tienen mejores propiedades elásticas pero poca capacidad de absorción de energía mecánica, por lo que es necesario implementar un elemento de amortiguación.

En la figura 7 se puede apreciar mediante una gráfica las oscilaciones que se producen en los muelles en un determinado tiempo de duración, estas oscilaciones pueden llegar a ser muy incómodas en los ocupantes del vehículo, cuando tenemos un amortiguador es para absorber estas oscilaciones que se producen en el muelle disminuyendo de forma controlada para evitar esas molestias.

### Figura 7

*Curva de amortiguamiento*



*Nota.* Adoptado de *Amortiguadores*, Mecanico Automotriz Toyota Motor Corporation, 2003. Tomado de [https://drive.google.com/file/d/0B\\_vOBUOWJUUgN3RQdIZ6RDYtdWc/](https://drive.google.com/file/d/0B_vOBUOWJUUgN3RQdIZ6RDYtdWc/)

### 2.9.2 Los amortiguadores

El amortiguador es uno de los elementos que debemos tomar en cuenta, contiene varias funciones que son de gran importancia para su implementación, Gavilanes (2016) afirma algunos aspectos resumidos a continuación:

- Controlar las oscilaciones, cabeceos en las frenadas y hundimientos en aceleraciones.
- Brindar una conducción y frenado uniforme (estabilidad).
- Mantener las ruedas en contacto con el suelo.
- Ayudar al desgaste uniforme de los neumáticos.
- Disminuir la fatiga del conductor.

El amortiguador es uno de los elementos más importantes para la suspensión, pero además como es uno de los componentes más expuestos y de mantener las ruedas pegadas al suelo para ganar estabilidad al momento de realizar cualquier maniobra segura. El funcionamiento al ser de doble acción y líquido hidráulico (aceite multiviscoso) es capaz de soportar desde bajas temperaturas hasta altas temperaturas en un rango (-40°C y 120°C) por los aditivos que estos aceites presentan para hacer rendir al amortiguador, estos amortiguadores son de tipo bitubo al tener aceite en su interior estos trabajan con un conjunto de válvulas quienes son las encargadas de controlar la presión cuando el pistón está trabajando (Luque, Álvarez, & Vera, 2004, p. 154), al crear esta oposición en las válvulas crea un flujo turbulento haciendo que la presión y por ende la amortiguación irán variando en función de la velocidad a la que el pistón realice su trabajo (viaje).



Una característica que también se debe tomar en cuenta, Chacón (2009) afirma “La resistencia es inversa a la velocidad, cuanto más rápido se mueva la suspensión, más resistencia suministra el amortiguador” (p. 18).

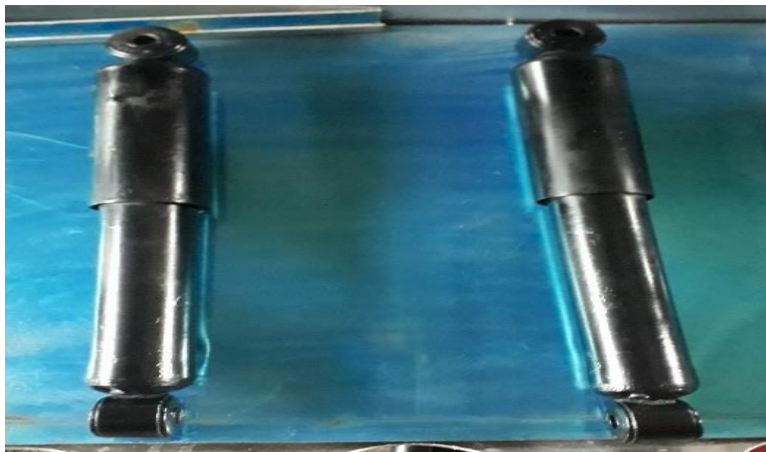
- **Amortiguadores telescópicos.**

Presurizados en aceite. En el interior se encuentra el pistón y el cilindro mayor, el aceite fluye por el cilindro a través del pistón quien manda a la segunda cámara mediante una válvula situada entre ambas.

En la figura 8 se puede apreciar los amortiguadores telescópicos usados en el buggy, los cuales son los mismos amortiguadores que podemos encontrar en el Volkswagen Brasilia en sus cuatro ruedas.

### **Figura 8**

*Amortiguadores telescópicos posteriores del buggy*



*Nota.* En la figura observamos los amortiguadores usados en el proyecto para la parte posterior del buggy

En la tabla N 1 se puede apreciar las especificaciones técnicas del amortiguador consideración que se tomó en cuenta para la implementación en la suspensión del buggy

**Tabla 1**

*Especificaciones Técnicas del amortiguador del Volkswagen Brasilia*

Descripción	Características
Largo de punta a punta	42 mm
Tipo de amortiguador	Hidráulico
Lado de instalación	posterior
Longitud extendida	397 mm
Longitud comprimida	254 mm
Carrera	143 mm

*Nota.* Adoptado de *Ficha Técnica* , Refaccionaria M, 2020. Tomado de <https://refaccionariamario.com/amortiguadores/182-amortiguador-hidraulico-trasero-boge-para-vw-sedan-1500-1600-1600i-safari-brasilvia.htm>

- **Amortiguador muelle- amortiguador.**

Los amortiguadores conjunto muelle amortiguador están considerados para uso en suspensiones que requieran un mejor agarre del neumático al camino, estos amortiguadores son también conocidos por su maniobrabilidad segura (Monroe , s.f). Decisión que influye para adaptar al buggy, como la suspensión del buggy necesita de mayor resistencia a las anomalías que se producen al conducir estos amortiguadores ayudan a mantener los movimientos controlados causando que los ocupantes del buggy no tengan complicación al conducir

La prestación al brindar un muelle en estos amortiguadores es para proporcionar mayor control cuando las condiciones se vuelven más exigentes. En cada amortiguador el diseño del muelle está considerado para no presentar un aumento en la dureza de la suspensión (Monroe , s.f)

En la figura 9 se puede apreciar el conjunto muelle – amortiguador el cual fue utilizado en el proyecto del buggy para la suspensión delantera por altas prestaciones que presentan estos amortiguadores.

### **Figura 9**

*Conjunto muelle – amortiguador*



*Nota.* En la figura se puede apreciar los amortiguadores Monroe que es una de las marcas recomendadas a nivel nacional por sus prestaciones y economía.

En la tabla N 2 se puede apreciar las especificaciones técnicas que se logran encontrar en el catálogo de la marca con el código VIN especificado en los amortiguadores, una de las razones que se consideró para implementar en la suspensión del buggy.

**Tabla 2**

*Especificaciones técnicas conjunto muelle – amortiguador Monroe*

DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS
Longitud Comprimida	12.500" (317.5 mm)
Longitud Extendida	20.375" (517.525 mm)
Material cubre polvo	Metálico
Tipo de montura inferior	5/8" x 1,5/16" (127mm x 38.1 mm )
Tipo de montura superior	5/8" x 1,5/16" (127mm x 38.1 mm )
Viaje	7.875" (200.025 mm)
Peso de carga máxima	450 kg

*Nota.* adoptado de *Monroe Amortiguadores y Struts*, Monroe , s.f. Tomado de <http://www.monroe.com/es-US/e-catalog/58567?fbclid=IwAR0-6JeJmxHsP-u6tyKyTJjTgfSrMtackDnYs9EBA473s2DzazDCozjPzcl>

## **2.10 Elementos constructivos y de guiado de la suspensión**

Los elementos de guiado encargados de absorber los esfuerzos de tracción del grupo moto propulsor y transmitirlos a la carrocería, así como los esfuerzos del eje directriz y los esfuerzos que se producen durante la conducción, entonces este grupo son los únicos componentes que unen los ejes con el bastidor soportando todos los esfuerzos a excepción de la carga. (Chacón, 2009)

### **2.10.2 Silentblocks**

Los "silentblocks" (traducción: bloques silenciosos) son más que componentes de caucho vulcanizados o de materiales elastómeros encargados de proteger y amortiguar

los movimientos producidos por componentes mecánicos en los apoyos de la suspensión, estos componentes hacen de la suspensión sea silenciosa y suave, su montaje es de forma atornillada o a presión.

En la figura 10 se puede apreciar la ubicación una vez adaptada la suspensión para el buggy, elementos que fueron mecanizados en torno por su alta resistencia al desgaste.

### **Figura 10**

*Silentblocks del buggy*



*Nota.* En la figura se puede observar la ubicación específica de estos elementos en la suspensión del buggy

Por ser de un material elastómero estos tienden a desgastarse con mayor dificultad lo cual su mantenimiento es mínimo (cuando estos presenten desgastes o ruidos en la suspensión), al cambiar es necesario realizar de nuevo una alineación de la dirección ya que se debe actuar sobre la suspensión y dirección del vehículo.

### 2.10.3 Brazo de suspensión

Este elemento es un componente de unión, diseñado para soportar esfuerzos en la dirección del propio brazo (tracción o compresión). Chacón (2009) afirma “Estos brazos no son diseñados para esfuerzos laterales (paralelos a los ejes de sus articulaciones), existen diferentes nombres específicos según su ubicación (bieletas, tirantes o palas)” (p. 22).

En la figura 11 se puede apreciar que los brazos de suspensión son una unión entre los elementos suspendidos y los elementos no suspendidos realizando un solo movimiento en este caso de forma vertical.

#### Figura 11

*Brazo de la suspensión*



*Nota.* Adoptado de *Brazo de suspensión*, Chacón, H. 2009. Tomado de [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/10792/Chacon\\_Hernando\\_Victor\\_PFC](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/10792/Chacon_Hernando_Victor_PFC)

#### 2.10.4 Mangueta

Fabricada de acero o aleaciones uniendo los bujes de la rueda a la suspensión, en los bujes de la dirección en su interior se encuentran rodamientos para facilitar el giro de la rueda.

En la figura 12 se puede apreciar las manguetas que fueron usadas en el buggy, estas manguetas del Volkswagen Brasilia permiten que el sistema de suspensión pueda unirse a los elementos no suspendidos del vehículo.

#### Figura 12

*Mangueta del Volkswagen Brasilia*



*Nota.* Adoptado de *Juego de Manguetas de rueda delantera ORIGINAL para Volkswagen*, Refaccionaria, M. 2020. Tomado de <https://refaccionariamario.com/manguetas-de-rueda/8379-juego-de-manguetas-de-disco-de-rueda-delantera-original-para-vw-sedan-1600i.html>

### 2.10.5 Rótulas y topes de goma

. Las rótulas son los puntos de pivote fundamentales en la suspensión instaladas en su parte superior e inferior, habitualmente en el extremo de un brazo de control de la suspensión del vehículo. Los topes son los componentes pequeños, pero de gran importancia en la seguridad con su tamaño el gran poder y esfuerzo que deben realizar ayudando a la unión de la suspensión evitando golpes directos del metal con metal

En la figura 13 se puede apreciar las rótulas que se encuentran en los Volkswagen Brasilia, la ubicación de estas rótulas por lo general en las manguetas en su parte superior e inferior uniendo la ruedas con la suspensión la rótula superior en su mayoría tiene un cubo de forma excéntrica la cual ayuda a regular el camber que se producen en los neumáticos.

#### Figura 13

*Rótulas y topes de goma*



*Nota.* En la figura observamos las rótulas de diferentes dimensiones la cual una de ellas es especialmente para la parte inferior (corta), mientras que la segunda es para la parte superior (larga).



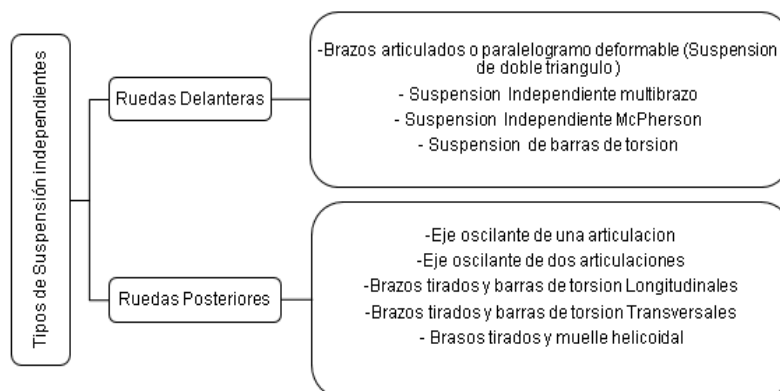
## 2.11 Suspensiones independientes

La suspensión de tipo independiente quiere decir que cada rueda está asociada de manera individual a la carga suspendida por un conjunto de elementos que actúa individualmente a lo que pase en las otras ruedas, este es un sistemas complejo que hoy en día es utilizado para vehículos de producción por que desde un punto de vista es mejor al confort y estabilidad, al reducir de forma independiente las oscilaciones generadas por las irregularidades del camino sin transmitir de una rueda a otra del mismo eje. (Gavilanes, 2016)

En la figura 14 se puede apreciar un mapa conceptual el cual clasifica las suspensiones independientes que se pueden utilizar en el eje delantero como en el eje posterior.

**Figura 14**

### *Suspensión Independiente*



*Nota.* En la figura podemos observar los diferentes tipos de suspensiones independientes según su ubicación.

Las suspensiones independientes en la actualidad son utilizadas en la mayor parte de vehículos livianos, y al momento de implementar en un buggy estas de igual forma deben cumplir ciertas consideraciones redactadas a continuación:

- 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.
- Utilizar un elemento elástico como los muelles helicoidales.
- Implementación de amortiguadores telescópicos.
- Soportar todas las oscilaciones que se producen en el vehículo.

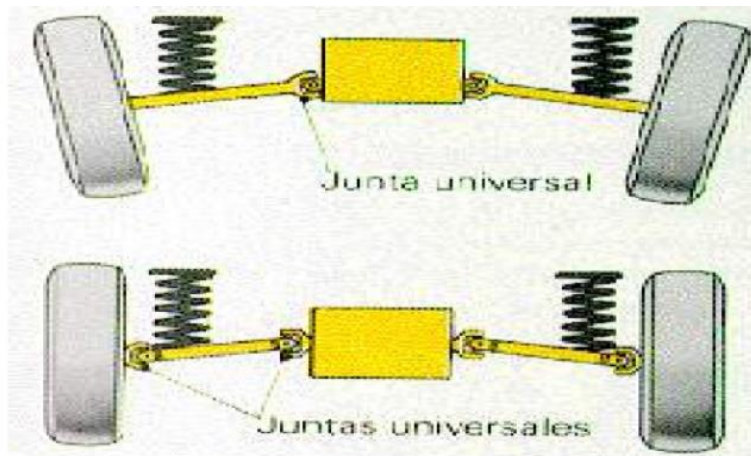
### **2.11.2 De tipo Eje Oscilante**

La peculiaridad de la suspensión mediante eje oscilante se encuentra en que el elemento de rodadura y el semieje son solidarios (salvo el giro de la rueda), de forma que el conjunto oscila alrededor de una articulación próxima al plano medio longitudinal del vehículo. Este tipo de suspensión no se puede usar como eje directriz puesto que en el movimiento oscilatorio de los semiejes altera notablemente la caída de las ruedas en las curvas. (Chacón H, 2009, p. 27)

En la figura 15 se puede apreciar la suspensión de tipo ejes oscilantes muy frecuentes en la marca Volkswagen que implementó este tipo de suspensiones en vehículos como el Escarabajo, Brasília y Safari.

**Figura 15**

*Sistema de suspensión trasera*



Nota. Adaptado de *Sistema de suspensión trasera normal e independiente*, Automotriz, 2020, p. 7. Tomado de <https://www.mecanicoautomotriz.org/1622-manual-sistema-suspension-tipos-componentes-mecanismos>

### 2.11.3 Suspensión delantera de un buggy monoplaza

Una de las suspensiones que se hace referencia es a la de un buggy monoplaza, la cual es una suspensión independiente formado por doble triángulo y un muelle – amortiguador, unido al triángulo inferior sobresaliendo del triángulo superior a un apoyo en el chasis (...).los triángulos giran respecto a un eje en el chasis, mientras que el conjunto muelle – amortiguador al actuar ligeramente inclinado en otro plano, anclado al triángulo inferior y al chasis mediante silentblocks hacen que tenga cierta desalineación. (Enriquez R.& Ferigra C., 2012)

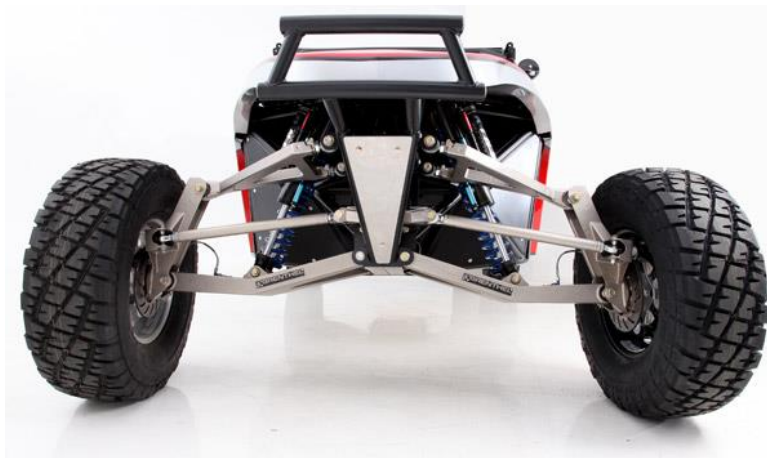
Debido a esta suspensión diseñada para la parte delantera del buggy presenta ciertos criterios positivos tales como:

- Sus triángulos son paralelos tanto el inferior como el superior, presentando una regulación para el ángulo de camber (desgaste uniforme de los neumáticos).
- Presenta estabilidad para la dirección con su principio de volver a su estado original.
- Suspensión adaptable (caídas negativas, nulas) a recorridos de tierra o asfalto con curvas.

En la figura 16 se puede apreciar un buggy de competencias 4x4 donde se puede distinguir el sistema de suspensión de doble triángulo de mejor manera, característica que se toma en cuenta para la adaptación del sistema al buggy.

### **Figura 16**

*Suspensión de doble triángulo*



*Nota* Adaptado de *Buggy de competición 4x4*, Club Aventura 4x4 , s.f . Tomado de [www.4x4guatemala.org](http://www.4x4guatemala.org)

#### 2.11.4 Suspensiones especiales

También encontramos suspensiones para vehículos especialmente para competencias automovilísticas, y destacándose principalmente para esta clase de eventos la suspensión de tipo push – rod y pull – rod. Una de las características que se puede afirmar que siempre van a estar con un conjunto de muelle – amortiguador ocultos y ubicados más cerca del suelo.

Utilizadas por su flexibilidad y adaptabilidad en el diseño y construcción, estos sistemas logran una baja resistencia aerodinámica, al igual que un bajo centro de gravedad, diferenciadas la una de la otra por su barra diagonal trabajando de forma de compresión (push – rod) y de tracción (pull – rod). (Auquilla & Torres , 2016)

Estas suspensiones específicamente para competición es muy usual ver esta clase de suspensiones en vehículos de fórmula 1, Formula student Society of Automotive Engineers (SAE), Fórmula Automovilística Universitaria (FAU) entre otras. Donde participan estudiantes de universidades demostrando sus diseños y construcción por cada estudiante en vehículos monoplace tipo fórmula los cuales tienen como características la baja resistencia aerodinámica, ligereza y bajo centro de gravedad siempre y cuando estos vehículos cumplan con los reglamentos establecidos por estas entidades para que puedan ser partícipes en sus competencias.

- **Push – Rod. -**

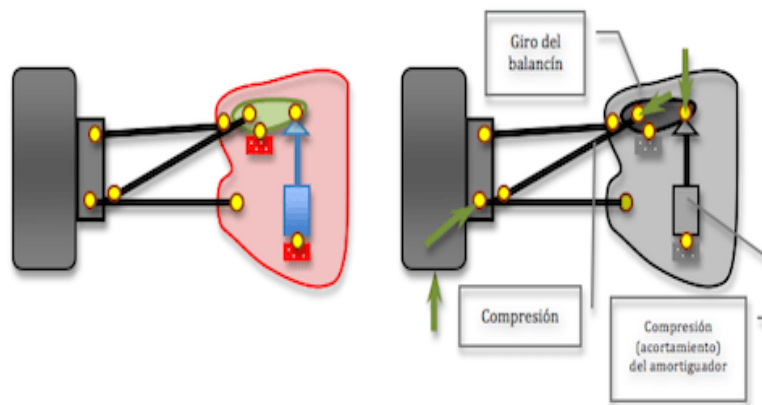
Formado principalmente por dos triángulos de suspensión, consta de una barra diagonal que trabaja a compresión y que empuja a su vez un balancín que accion el conjunto del muelle – amortiguador. (Markchang, 2011) Entonces quiere decir que cuando el vehículo pasa por un desnivel los dos triángulos giran, haciendo mover la

barra diagonal de forma que mueve al balancín que está unido al amortiguador comprimiendo por las fuerzas de impacto de las ruedas.

En la figura 17 se puede apreciar que la disposición de la barra que acciona el conjunto muelle amortiguador es de forma diagonal apuntando hacia arriba de tal manera que empuja al amortiguador cuando pasa por un desnivel efecto producido por los neumáticos

**Figura 17**

*Suspensión Tipo Push Rod*



*Nota.* Adoptado de *Push rod*, Arturcode, 2016. Tomado de

<https://ingenierodesofa.wordpress.com/2016/04/10/aprendizaje-push-rod-y-pull-rod/>

- **Pull – Rod. –**

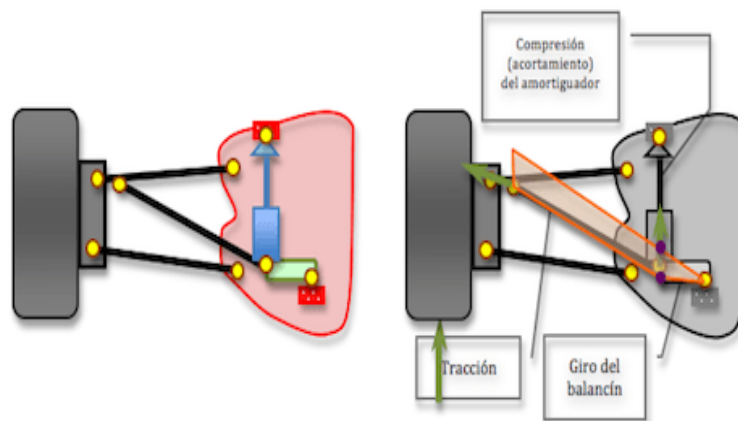
Este sistema a diferencia del anterior sistema es su forma de trabajo (tracción). La barra diagonal colocado al lado contrario como tira del balancín hasta que forman una línea recta, de tal manera que el amortiguador está unido al balancín moviendo este conjunto a tracción en vez de compresión. (Rodríguez, 2014) resumiendo este tipo de

sistema al colocar los amortiguadores en forma más baja reduce el centro de gravedad del vehículo, también al ser el diagonal más fino y frágil en curvas a altas velocidades influye en la aerodinámica del vehículo.

En la figura 18 se puede apreciar que la disposición de la barra que acciona el conjunto muelle amortiguador es de forma diagonal apuntando hacia abajo de tal manera que tira del amortiguador cuando pasa por un desnivel efecto producido por los neumáticos

**Figura 18**

*Suspensión Tipo Pull Rod*



*Nota.* Adoptado de *Pull rod*, Arturcode, 2016. Tomado de

<https://ingenierodesofa.wordpress.com/2016/04/10/aprendizaje-push-rod-y-pull-rod/>

## 2.12 Factores que involucran al sistema de suspensión

En la industria automotriz asociamos el sistema de suspensión al eje delantero y al eje posterior, según sea la disponibilidad del motor en el vehículo las suspensiones en el eje delantero deben estar dispuestas a ciertas variables que definen el

comportamiento de las ruedas directrices interviniendo por lo tanto en la geometría de la suspensión y dirección. Para las circunstancias en su mayoría los vehículos de tipo buggy son de tracción trasera disponiendo del mayor peso del vehículo en el eje posterior.

- **Maniobrabilidad. -**

La maniobrabilidad una característica considerada para el buggy y en especial si este es de competición puesto que son todas las condiciones que el conductor debe controlar, una de estas va dirigida hacia la suspensión, si esta es demasiado blanda el conductor va a tener cierto retraso de control del vehículo causadas por las oscilaciones producidas por las condiciones del camino (también se producen en las aceleraciones, frenados y al pasar por curvas), para que el vehículo sea manejable sin problemas debemos tener una suspensión con un nivel elevado de rigidez de balanceo, con el fin de acortar las oscilaciones o anomalías producidas en el vehículo.

- **Centro de gravedad o baricentro**

Definido por el peso de cada una de las partes del vehículo, según este dato se puede localizar el centro o baricentro del vehículo, la importancia de este punto es que aquí se aplican varias fuerzas de inercia que actúan sobre el vehículo. Cuando el baricentro se encuentra lo más cerca a nivel del suelo las fuerzas de inercia pueden quedar equilibradas gracias a las fuerzas que producen los neumáticos, si otro fuera el caso el baricentro se encontrase lo más alto del suelo podría ser equilibrado con un desplazamiento de las cargas lo más cerca posible del centro o baricentro del vehículo.

- **Transferencia de pesos**

Existen dos casos de transferencia de pesos, el primero cuando el vehículo gira en una curva el peso es transferido de las ruedas interiores de la curva a las exteriores,



y el segundo pasa en el eje delantero al eje posterior al acelerar y del eje posterior al eje delantero al frenar. Se debe aclarar que esto tiene referencia a la altura del centro y a la distancia entre ejes y ruedas en algunos casos estas transferencias de pesos pueden provocar movimientos muy incómodos dando la sensación de volcamiento en curva o de un cabeceo al momento de acelerar o frenar. Todo depende de la buena distribución de pesos.

- **Dirección**

Para implementar el sistema de suspensión delantera hay que conocer el principio de funcionamiento del sistema de dirección. El sistema de dirección como en todo vehículo tienen un sencillo mecanismo de funcionamiento llamado cuadrilátero de Ackerman donde este mecanismo realiza la unión de las ruedas directrices del vehículo. Para que se pueda conseguir el correcto viraje de las ruedas delanteras depende del cuadrilátero cuando las inclinaciones de sus brazos junto a sus prolongaciones coincidan a la mitad del eje posterior. Para conseguir los ángulos de las ruedas primero se efectúa dando un valor (0 a 25°) de ángulo  $\alpha$  de la rueda y según la geometría del cuadrilátero real se determinará el ángulo  $\beta$  de la otra rueda.

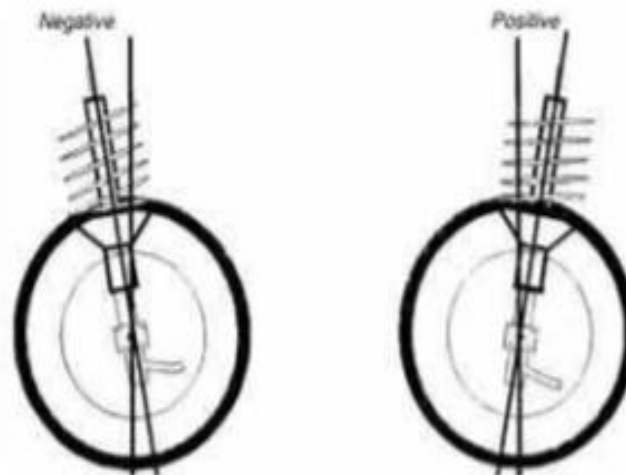
- **Ángulos de las ruedas**

Este es uno de los puntos más importantes porque según el tipo de suspensión que se implemente en las ruedas directrices hay que valorar los ángulos de las ruedas ya que estas no deben ser en su totalidad paralelos ni verticales al eje longitudinal del vehículo. Esto se debe a que hay que tener un ángulo adecuado para que los neumáticos no arrastren al piso cuando va en rectas causando su desgaste y para tener una dirección adecuada (ni muy suave ni muy dura) al momento de realizar el viraje y esta misma pueda retornar con facilidad cumpliendo con el principio de funcionamiento de la dirección.

En la figura 19 se puede apreciar el ángulo que debemos considerar en la geometría de la dirección que no afecte para el buggy, el ángulo de avance es considerado de  $10^\circ$  a  $12^\circ$  para que las ruedas tienden a retornar a su posición original después de girar.

**Figura 19**

*Ángulo de avance*



*Nota.* adoptado de *ángulo de avance*. Riera, 2010, p. 30. Tomado de

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/938/1/65T00008.pdf?fbclid=IwAR0zEI XRT9oG0uYE0gNzOXIb1fuP3ITJlgJ2cRNc2Z-MBBb3vqa0a4ixqn0>

### **2.13 Selección suspensión independiente para el eje delantero**

La suspensión para el vehículo biplaza tipo buggy se considera tanto su movimiento, comportamiento y limitaciones para poder evaluar el tipo de suspensión que sea idóneo para el buggy.

En la tabla 3 se puede apreciar los requerimientos necesarios que el buggy requiere dividiendo el porcentaje según su importancia para el buggy sumando un total de 100%.

**Tabla 3**

*Requerimientos y porcentajes*

<b>REQUERIMIENTOS</b>	<b>ESPECIFICACIÓN</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Implementación para el buggy	-La suspensión tiene que ser especialmente para la parte delantera y de fácil implementación.	10%
Recorrido de la suspensión	-El recorrido es fundamental porque el sistema tiene que tener movilidad sin inconvenientes y sea eficaz en todas las condiciones de terreno	15%
Resistencia	-Debe ser lo más resistente posible ya que va estar expuesto a condiciones de carretera off –road, también va estar en condiciones de soportar grandes cargas como: obstáculos, golpes, entre otros.	25%

REQUERIMIENTOS	ESPECIFICACIÓN	PORCENTAJE
Maniobrabilidad y estabilidad	-.En este sentido la suspensión no debe ser ni muy blanda ni muy rígida, También tiene que ver mucho con los ángulos de convergencia, cáster y cámber.	30%
Peso	-.Su material debe ser el adecuado tomando en cuenta el diseño del buggy	10%
Estética	-. Si el tipo de suspensión va a ser propia de un vehículo ya que podría quedar desproporcionado al diseño del buggy o en otros casos diseñarlos y construirlos ya que este sistema va estar a la vista este sería un factor muy importante para el buggy.	10%

*Nota.* Adaptado de *Selección del tipo de suspensión*, Valdez,J. 2006, p. 84. Tomado de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/819/T-ESPE-014407.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Se debe tomar en cuenta la disponibilidad y el costo de los elementos para su adaptación, después hay que considerar el diseño del buggy parte de la suspensión delantera.

Una de las razones por el cual se realiza la selección de la suspensión delantera es para mejorar el sobre-viraje por tener la mayor parte del peso en su parte posterior compensando en su parte delantera el recorrido y mejorar su estabilidad al tomar una curva a altas velocidades. Además, que esta suspensión este a disposición para soportar competencias de tipo rally.

En la tabla 4 se puede apreciar mediante los datos especificados en la tabla N 3, se puede evaluar según el diseño del buggy y los factores que se requieren para que el buggy no presente problemas para su adaptación y por ende en su funcionamiento.

**Tabla 4**

*Suspensiones independientes eje delantero*

<b>SELECCIÓN DE LA SUSPENSIÓN DELANTERA</b>			
Puntuación de 0 a 10			
Donde 0 es la más baja puntuación y 10 es la puntuación más alta.			
<b>TIPOLOGÍA</b>	<b>BRAZOS TIRADOS CON BARRAS DE TORSIÓN</b>	<b>(DOBLE TRIÁNGULO)</b>	<b>ESPECIALES</b>
<b>REQUERIMIENTOS</b>			
Implementación para buggy (10%)	7	10	8
Recorrido de la suspensión (15%)	6	9	8
Resistencia (25%)	8	8	5
Maniobrabilidad y estabilidad (30%)	5	8	9
Peso (10%)	4	9	8

<b>TIPOLOGÍA</b>	<b>BRAZOS TIRADOS CON BARRAS DE TORSIÓN</b>	<b>(DOBLE TRIÁNGULO)</b>	<b>ESPECIALES</b>
<b>REQUERIMIENTOS</b>			
Estética (10%)	6	8	5
Puntaje total	36	52	45
Porcentaje	61%	84%	75%
<b>Selección</b>	<b>NO</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>

*Nota.* Adaptado de *Tabla de selección del tipo de suspensión*, Valdez, J. 2006, p. 86.

Tomado de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/819/T-ESPE-014407.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

En base a los análisis de investigación que aportan en la selección, sirven de guía para poder realizar la evaluación, llegando a evaluar con un porcentaje de 84%, a la suspensión de (doble triángulo) como la más adecuada para el vehículo tipo buggy.

Los requerimientos y porcentajes se basaron especialmente a la estructura tubular del buggy requiriendo que esta suspensión sea ideal para competencias de tipo rally, seleccionando la suspensión de doble triángulo por su disponibilidad y costo para su construcción e implementación, seguido de las suspensiones especiales, considerando que no se toman en cuenta por que estas suspensiones necesitan tener un centro de gravedad más bajo para mantener estabilidad a altas velocidades y que no son las más ideales para competencia de rally.

Por esta razón el buggy necesita una suspensión resistente para soportar esfuerzos en pistas asfaltadas y fuera de pista (off road) considerando que el espacio para la suspensión sea ideal para su implementación y construcción.

En la tabla 5 se puede apreciar los resultados sobre 100%, apreciando según los resultados la seguridad que ofrecen las suspensiones mencionadas para el vehículo biplaza tipo buggy.

**Tabla 5**

*Niveles de evaluación*

<b>NIVEL</b>	<b>VALORES(%)</b>
Baja	10%- 20%
Media (poco recomendada)	30%-40%
Moderada (recomendada)	50%-70%
Alta (Confiable y factible)	80%-100%

*Nota.* En la tabla se menciona según el porcentaje que tan recomendable es para el buggy

## **2.14 Eventos automovilísticos**

La “Federación Internacional del Automóvil” (FIA) y la federación encargada de controlar estos estándares en el país es la “Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Karting” (FEDAK) que año tras año crean reglamentos técnicos y generales en donde explican los requisitos según sea la categoría del vehículo para que pueda participar en una competencia regida por esta entidad.

El reglamento de la Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Karting (FEDAK), anexo 1. Establece que las únicas modificaciones permitidas en el sistema de

suspensión, las mesas, tijeras, triángulos y entre otros elementos deben ser de material ferroso, el número de amortiguadores por ruedas se limitan a dos, los bujes de suspensión son de libre elección al igual que las rótulas siendo las más recomendadas las de tipo Uniball.

Las competencias para vehículos tipo buggy específicamente en el país no existen debido a la falta de competidores, debido a esta razón los competidores han decidido unirse compitiendo en rallys que se realizan en diferentes provincias del país y participan todo tipos de vehículos, Los buggies están considerados en la categoría buggy participando en estos vehículos con su respectiva numeración que asigna la FEDAK por categoría.

La categoría de vehículos buggy están permitidos un motor atmosférico de cuatro cilindros hasta 2000 cc.

En los estándares que la FEDAK emite que los vehículos admitidos en categorías buggy de chasis tubular son los vehículos de tracción posterior a 2 ruedas. los vehículos deben ser biplaza como mínimo, el acompañante debe ir a lado del piloto, para las estructuras los materiales deben ser de material ferroso con espesor mínimo de 1,5. se prohíben buggys con el motor en la parte delantera. (Mejia E.& Reyes D, 2018)



## CAPÍTULO III

### 3. IMPLEMENTACIÓN Y ADAPTACIÓN DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN INDEPENDIENTE EN LAS CUATRO RUEDAS PARA UN VEHICULO TIPO BUGGY

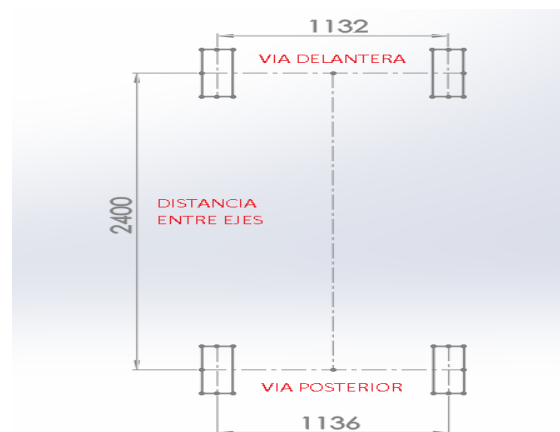
#### 3.3 Desarrollo

El buggy en proporción al diseño original del Volkswagen Brasilia sigue manteniendo las distancias entre ejes (batalla) y la distancia entre ruedas tanto del eje delantero como la del eje posterior la cual es denominada (vía). El peso del vehículo también es un factor en tomar en cuenta debido que está diseñado a soportar un peso de 890 kg.

En la figura 20 se puede identificar la distancia entre ejes que se obtiene desde la mitad de los neumáticos para poder obtener la distancia de los ejes, también encontramos las distancias en las vías delanteras y posteriores que de igual manera se obtiene desde el centro de los neumáticos.

#### Figura 20

*Dimensiones del Buggy*

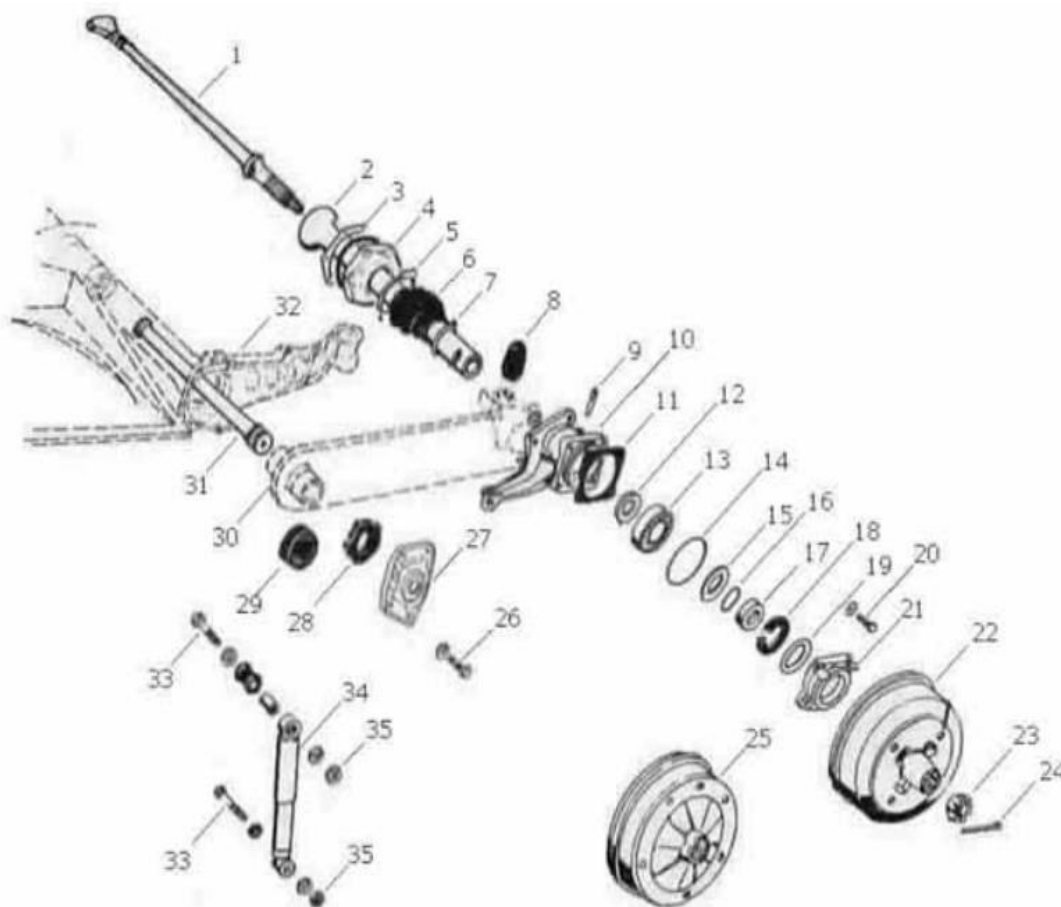




En la figura 22 se puede apreciar la suspensión en vista explosionada los elementos que conforman la suspensión trasera de tipo swing.

**Figura 22**

*Suspensión trasera*



*Nota.* Adoptado de *Swing Axle Suspension Parts* , VWhelp, s.f. Tomado de [http://www.angelfire.com/dc/vicsvw/~suspension\\_rear.sa.htm](http://www.angelfire.com/dc/vicsvw/~suspension_rear.sa.htm)

En la siguiente tabla 6 se puede apreciar el nombre de los componentes según la figura N 22.

**Tabla 6***Partes de la suspensión trasera*

10	Fundición de cojinete del tubo del eje exterior	31	Barra de torsión
26	Perno hexagonal	32	Corte de carcasa de torsión
27	Tapa de placa de resorte	33	Perno de choque
28	Arandelas de placa de resorte	34	Amortiguador trasero
29	Ojal de placa de resorte	35	Tuerca para amortiguador con tuercas autoblocantes
30	Placa de resorte (pluma)		

*Nota.* En esta tabla solo encontramos los elementos que conforman parte de la suspensión trasera

Es importante conocer cada una de los componentes automotrices que conforma el sistema de suspensión trasera antes de implementar en el buggy, debido a que si presenta un problema de funcionamiento se debe acudir al manual del Volkswagen Brasilia.

En la siguiente tabla 7 encontramos las especificaciones obtenidas del manual del Volkswagen suspensión trasera que también se puede encontrar en vehículos como Sedan, Brasilia, Safari y entre otros

**Tabla 7.***Especificaciones modelo Volkswagen Sedan – Suspensión Trasera*

<b>TIPO</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
<b>Suspensión</b>	Suspensión de ejes oscilantes
<b>Tipo de muelle</b>	Una barra de torsión transversal redonda en cada lado

<b>TIPO</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	
<b>Longitud de la barra de torsión</b>	21,7 in (55,118 cm) 24,7 in (62,738 cm) modelos antiguos	
<b>Diámetro de la barra de torsión</b>	0,870 in (2,2098 cm) 0,940 in (2,3896 cm) modelos antiguos	
<b>Extremo interior</b>	40 ranuras	
<b>Extremo exterior</b>	44 ranuras	
<b>Ángulo de la placa de muelle</b>	Modelos antiguos	12°+ - 30'
	Modelos recientes excepto 1500	16°30'+ - 50'
	Modelos 1500	21°
<b>Rodada de las ruedas traseras</b>	50,7 in (131,778 cm)	
<b>Alineación de las ruedas traseras (descarga)</b>	Excepto el modelo 1500	5' + - 15' (ángulo de divergencia)
	Modelos 1500	5' + - 10' (ángulo de divergencia)
<b>Ángulo de inclinación de las ruedas traseras</b>	Excepto modelos 1500	3° + - 30'
	Modelos 1500	1° + - 30'
<b>Tipo de amortiguadores</b>	Telescópicos de doble acción	
<b>Torsión para apretar el perno de la placa del muelle</b>	80 lb/pie (11,064 kgm)	

TIPO	CARACTERÍSTICAS
Torsión para apretar la tuerca del semieje	217 lb/pie (30,0111 kgm)

*Nota.* Adaptado de *Volkswagen Sedan – Suspensión Trasera*, Manual de Mantenimiento del Volkswagen Sedan Vocho, s.f. Tomado de [https://www.virtualnet.com.mx/vocho-suspension-trasera.htm?fbclid=IwAR0TVHhzUY-tiLnvRDhT1f9oIYtbc37lvOFrjy\\_1O4gJAz2DbTikVtCM6yk](https://www.virtualnet.com.mx/vocho-suspension-trasera.htm?fbclid=IwAR0TVHhzUY-tiLnvRDhT1f9oIYtbc37lvOFrjy_1O4gJAz2DbTikVtCM6yk)

### 3.4 Ventajas y Desventajas de la suspensión

Una vez seleccionado el sistema de suspensión también se debe considerar que ventajas puede brindar al conducir y que desventajas nos puede presentar una vez implementada en el buggy, la suspensión de doble triángulo para la parte delantera fue una alternativa para mejorar el rendimiento del vehículo y aumentar la seguridad al conducir a altas velocidades por vías que presenten varias irregularidades.

En la tabla 8 se puede apreciar las ventajas y desventajas que se consideraron si el sistema implementado en el buggy presenta problemas, la suspensión de doble triángulo será adaptada en el eje delantero del buggy y la suspensión tipo Swing axle para el eje posterior.

#### **Tabla 8.**

*Suspensión Delantera ventajas y desventajas*

<b>SISTEMA DE (DOBLE TRIÁNGULO)</b>	
<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
-Utilizados para el tren delantero y trasero	-Sistemas muy costosos
-Permite mayor maniobrabilidad	-Alta complejidad de construcción
-Absorbe gran cantidad de ruidos y vibraciones	-Mantenimiento muy complejo
<b>SISTEMA DE BRAZOS OSCILANTES (SWING AXLE)</b>	
-Tiene mayor resistencia	-Puede llegar a ser inestable provoca cambios de inclinación positivos en ambos lados
-Mayor agarre en carretera	-Pueden presentar fallas
-Facilita estabilidad al vehículo	-Tiene que tener una altura adecuada para evitar el desgaste excesivo de los neumáticos
-Funcionamiento sencillo	-El recorrido vertical es muy limitado

*Nota.* ventajas y desventajas del sistema de suspensión eje delantero y posterior

### **3.5 Implementación del sistema de suspensión**

#### **3.5.2 Implementación suspensión trasera**

La implementación de la suspensión trasera fue un pilar para la estructura según del modelo de la suspensión del Volkswagen Brasilia, al tener un tipo de ejes oscilantes determinamos que los ejes al embancar el vehículo las llantas tendrían a tener un camber positivo exagerado debido a que sus ejes de trasmisión son de una sola articulación esto ayudo a determinar su respectivo funcionamiento ya que sus neumáticos siempre se van a encontrar de forma perpendicular al eje de trasmisión.

En la tabla 9 se puede apreciar el procedimiento que se procedió a realizar una vez obtenido el vehículo el cual fue base y ayuda para realización del proyecto del vehículo biplaza tipo buggy.


Tabla 9

*Procedimiento implementación sistema de suspensión trasera*

COMPONENTES	PROCEDIMIENTO	
Suspensión trasera	<p>-Desarmar la suspensión posterior del vehículo Volkswagen Brasilia. aflojando cada perno entre la carrocería y el piso del vehículo.</p> <p>-Comprobar visualmente que no tenga un golpe o torcedura deben estar correctamente alineados para sujetar en las bases de la estructura.</p>	
	<p>-Apoyar en la base estructural, en la mayor parte la suspensión trasera es la base del diseño estructural, las cuales indican cual es la distancia que deben tener los ejes (batalla),</p>	



COMPONENTE	PROCEDIMIENTO	
Suspensión trasera	<p>-La implementación de la suspensión delantera influye en el diseño del buggy.</p> <p>-Para la construcción se usó el eje delantero del vehículo tanto para dar el diseño de la parte delantera y para el recorrido de las mesas de la suspensión</p>	
	<p>-Al terminar con la construcción de la estructura se prepara la suspensión trasera para acoplar la caja con sus respectivos ejes.</p> <p>-La corrosión en estos materiales es muy frecuente por estar expuestos al medio ambiente por eso fue necesario aplicar pintura sintética automotriz en toda la estructura.</p>	

COMPONENTE	PROCEDIMIENTO	
Suspensión trasera	<p>-La tracción debe ser la misma en este caso es del Volkswagen Brasilia</p> <p>La transmisión comprende entre la caja de velocidades, y los ejes de trasmisión, los cuales van unidos a las plumas que conectan con los brazos de torsión de la suspensión.</p>	

*Nota.* Procedimientos implementación de la suspensión al vehículo tipo buggy

La implementación del sistema de suspensión trasera no tuvo muchos inconvenientes porque el vehículo Volkswagen Brasilia tuvo la mayor parte de sus componentes automotrices en buen estado.

### 3.5.3 Materiales de construcción


En la tabla 10 se puede apreciar los materiales que fueron utilizados para la construcción y adaptación de la suspensión delantera.

#### Tabla 10.

*Materiales usados para la implementación de la suspensión delantera*

APLICACIÓN	MATERIALES	ESPECIFICACIONES	
Triángulos de suspensión	Tubería	<p>-ASTM A53 GRB conducción de fluidos y gases y en general.</p> <p>-Recubrimiento negro</p> <p>- Dimensión 42.2 mm</p> <p>- Tubería sin costura célula 40</p>	
Bases de bujes	Eje de acero	<p>-Eje AISI 4340</p> <p>- Resistente a la tracción, torsión, y a cambios de flexión.</p> <p>-Aplicaciones para brazos de dirección, barras de torsión, cigüeñales, ejes para aviones, entre otros.</p> <p>-Dimensión 56.8 mm</p>	
Bases de suspensión delantera	Platinas	<p>-ASTM A36 (NTC1920)</p> <p>-Soldabilidad alta</p> <p>-Dimensión 2" x 1/4" (50 mm x 6.35 mm)</p>	

APLICACIÓN	MATERIALES	ESPECIFICACIONES	
Silentblocks	Barra de Grilon	<p>-Poliamida PA-6</p> <p>-Soporta temperaturas de 10° a 100°</p> <p>-Buena resistencia mecánica, fatiga y desgaste.</p> <p>Estabilidad dimensional por la absorción de humedad.</p> <p>-Dimensiones diámetro 3" (76 mm)</p>	
Sujeción mesas de la suspensión	Pernos	<p>-Norma ASTM A3534 BD o SAE J429</p> <p>-Pernos hexagonales de grado 8</p> <p>-Aplicaciones para de alta tensión, y sistemas de suspensión automotriz.</p> <p>-Dimensión de diámetro 1/2"</p> <p>-Cada perno con su respectiva tuerca de seguridad.</p>	

APLICACIÓN	MATERIALES	ESPECIFICACIONES	APLICACIÓN
Unión de tubería	Solda	-MIG (METAL INERT GAS), -Eficiencia de soldadura de 80% a 95%. -soldadura desde 0.7 a 6mm sin preparación de bordes. Buen acabado superficial.	

*Nota.* Materiales de uso y construcción

### 3.5.4 Proceso de adaptación y construcción suspensión delantera

En la estructura tubular fue importante mantener la distancia donde se apoyan las rotulas en las manguetas para poder proyectar a la estructura tubular esta distancia también debe tener una ligera inclinación por el movimiento que se produce en la suspensión delantera al pasar por una irregularidad

En la figura 23 se puede apreciar la parte delantera de la estructura del buggy, con una dimensión de 215 mm, diseño al que se debe implementar la suspensión de doble triángulo media referenciada a la mangueta del Volkswagen Brasilia.



**Figura 23**

*Estructura tubular parte delantera vista superior*



*Nota.* Base de la suspensión delantera del buggy estructura tubular

Para las bases de los silentblocks se realizan 8 cortes de 59 mm de largo de la tubería sin costura estas bases sirven de unión entre los brazos y la rótula que conforman una solo triangulo de suspensión, dos bases por cada triangulo (superior e inferior).

Las bases se realizaron con el mismo tubo que sirven para los brazos de los triángulos unidos en forma de boca de pescado para la unión con suelda la distancia entre estas bases fue muy importante considerando la distancia máxima y la distancia mínima para la construcción de los triángulos.

En la figura 24 se puede apreciar el mismo tubo que es usado para los triángulos de la suspensión se usaron para las bases de sujeción a la estructura tubular.

**Figura 24***Bases de los Silentblocks*

*Nota.* Bases de los silentblocks y brazos de los triángulos de suspensión

Los silentblocks como especifica en la tabla 10. Esta barra de grilon de diámetro 76 mm se procede a mecanizar 16 silentblocks (bujes) cada uno de diámetro de 51.50 mm y de largo 30 mm este proceso se lo realizó en torno, desbastando su diámetro exterior de 51.50 x 6 mm, luego del otro restante se disminuye su diámetro exterior a 35.15 mm para que pueda entrar en la base del buje, por último, se hace una perforación de 12.70 mm para poder pasar el perno de sujeción a la base de la suspensión.

En la figura 25 se puede apreciar los silentblocks en su terminación final los cuales van a ser implementados en la suspensión delantera.

**Figura 25***Silentblocks de grilon mecanizados*



*Nota.* Silentblock mecanizados

Luego se procede al corte de 16 platinas las cuales son los apoyos para la suspensión que van junto a la estructura tubular. Cada platina tiene 50 mm de ancho y 72.40 mm de largo cortadas a media luna preparadas para soldar al tubo de la estructura tubular y poder continuar con la construcción de las mesas de suspensión.

En la figura 26 se puede apreciar para poder tener la sujeción de los triángulos al tubular deben ser mediante estas platinas.

### **Figura 26**

*Platinas*



*Nota.* Platinas de sujeción a la estructura tubular



Para poder unir los triángulos a las manguetas se consideró mecanizar 4 bases para cada rótula y estas puedan cumplir con su función sin limitar su movimiento longitudinal. Las bases fueron mecanizadas de un eje especificado tabla N 10. Con un diámetro de 51.50 mm se procedió al corte de 4 con longitud de 41 mm cada uno, una vez cortados se procedió al mecanizado de su diámetro interno primero centrando la base al husillo y luego perforando desde el centro con una broca considerable para traspasar la pieza, este procedimiento se logra hasta tener un diámetro adecuado para poder desbastar con la cuchilla de interiores el primer diámetro interior es de 37 mm y el segundo diámetro interior es de 45.60 mm y longitud de 16.50 mm esta medida es muy importante considerada para que la rótula pueda entrar a presión como en su base original que se encuentra en los brazos de las barras de torsión del eje delantero del vehículo Volkswagen Brasilia. .

En la figura 27 se puede apreciar el proceso que se realizó en torno según las dimensiones de la rótula de la parte inferior y superior.

### **Figura 27**

*Proceso de mecanizado bases de rótulas*



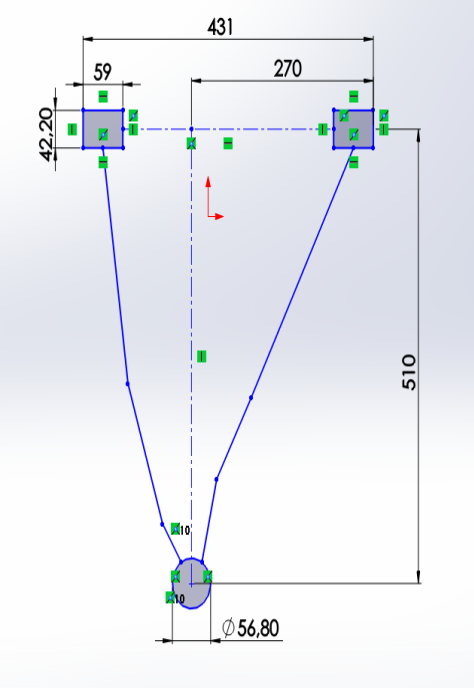
*Nota.* Bases de las rótulas proceso de mecanizado

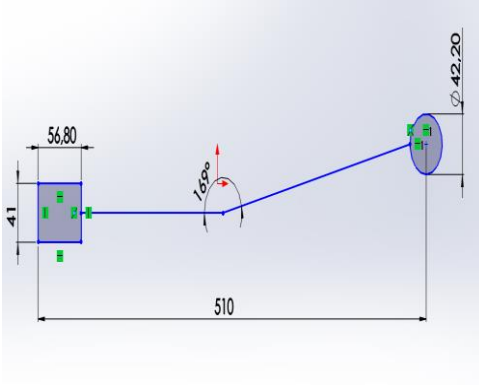

La suspensión delantera al estar conformadas por doble triángulo es necesario seguir una serie de procedimientos necesarios y parámetros que se deben tomar en cuenta al implementar y adaptar al buggy

En la tabla 11 se puede apreciar el procedimiento que se llevaron a cabo en un determinado orden.


**Tabla 11**

*Procedimiento construcción de los triángulos inferiores de la suspensión*

COMPONENTE	PROCEDIMIENTO	VISTA SUPERIOR
<p>Triángulos de suspensión inferiores</p>	<p>-Un banco de trabajo sirve de apoyo para poder trazar el croquis o plano del modelo del triángulo de la suspensión que se requiere implementar.</p> <p>-Los diferentes dobleces que tienen los brazos son debido a los movimientos que debe realizar sin limitar su movimiento al moverse verticalmente por acción de la suspensión o al girar acción por la dirección.</p> <p>-El mismo procedimiento se realiza para ambos lados.</p>	

COMPONENTE	PROCEDIMIENTO	
Triángulos de suspensión inferiores	<p>-Para poder conseguir el movimiento completo de la rótula fue necesario realizar un doble al brazo de igual forma para no limitar el recorrido de la suspensión.</p> <p>-Estos dobleces se realizaron en ambos brazos del mismo triángulo de la suspensión.</p>	<p>VISTA LATERAL</p> 
	<p>-Es necesario proyectar la fijación de la estructura tubular en el banco de trabajo con dos bases de silentblocks para iniciar armando los brazos del triángulo de la suspensión.</p> <p>-Estas bases se les acopla unos topes para que no se puedan mover al momento de ir configurando los brazos según el plano trazado.</p>	

COMPONENTE	PROCEDIMIENTO	
Triángulo de la suspensión inferior	<p>-Para el doblado de los tubos (brazos) se usó una prensa realizando los dobleces adecuados para ir manteniendo las medidas exactas a nuestro plano trazado.</p>	
	<p>-Después de haber doblado los tubos para la unión es importante realizar la unión en forma (boca de pez) para poder facilitar la unión al soldar estas piezas</p> <p>- Mediante vamos armando la estructura del triángulo se va implementando apoyos para no perder las medidas ya especificadas.</p>	

COMPONENTE	PROCEDIMIENTO	
Triángulo de suspensión inferior	<p>-Al terminar los brazos del triángulo se procede a la comprobación junto a la estructura tubular ensamblando cada parte como la mangueta y sus respectivas rótulas para la verificación de su adaptación al buggy.</p> <p>-Es recomendable realizar la adaptación de la suspensión comprobando en cada suelda que no tenga ningún cambio en su dimensión.</p>	

*Nota. Autor*



Los triángulos de suspensión inferiores sirven como referencia para poder conseguir el paralelismo que tienen este tipo de suspensiones, tanto superior como inferior esta es una de las disposiciones que se puede obtener en las suspensiones de doble triángulo.



En la tabla 12 se puede apreciar los factores que se tomarán en cuenta comprobando en su teoría y de forma práctica al adaptar esta suspensión en el buggy.

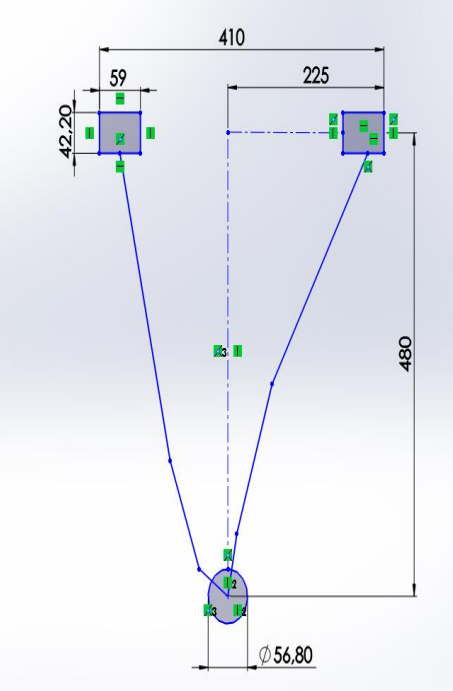
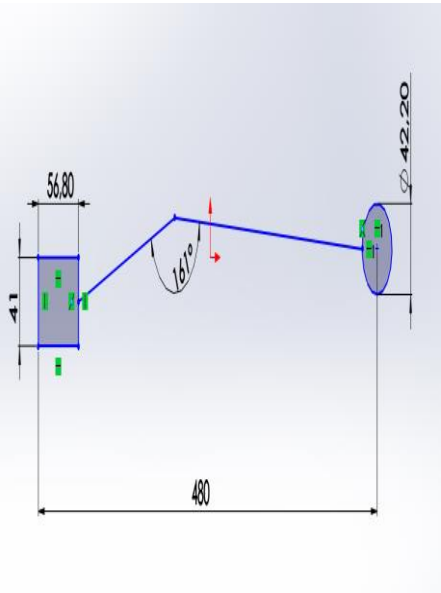
## **Tabla 12**

*Procedimiento construcción de los triángulos superiores de la suspensión*





COMPONENTE	PROCEDIMIENTO	
Triángulo de suspensión superior	<p>-Al ensamblar los triángulos inferiores en ambos lados ubicamos las ruedas para poder establecer el ángulo de avance de la rueda porque una vez construida el triángulo superior no se va a poder modificar o cambiar.</p>	
	<p>-El ángulo de avance positivo es de <math>12^\circ</math> para el mejor rendimiento de la suspensión para amortiguar las vibraciones que se puedan obtener durante el camino.</p> <p>-Como se observa en la figura la varilla es la referencia perpendicular al suelo, mientras que la escuadra muestra el ángulo de avance manteniendo el camber del neumático en su posición 0.</p>	

COMPONENTE	PROCEDIMIENTO	
Triángulo de suspensión superior	<p>-El mismo procedimiento se vuelve a realizar para poder definir el croquis o plano</p> <p>-En este paso se consideró que al tener un camber positivo las rótulas no están alineadas verticalmente lo cual influye mucho en la construcción.</p>	
	<p>-Al construir este tipo de elementos como los triángulos de la suspensión, hay que usar la herramienta adecuada para no tener inconvenientes al momento de tomar medidas para la construcción.</p> <p>-Se usó una escuadra falsa además de otros diferentes cabezales de escuadras como, por ejemplo: la de cabeza de escuadra, goniómetro o cabezal transportador.</p>	

COMPONENTE	PROCEDIMIENTO	
Triángulo de suspensión superior	<p>-Considerando la configuración de la dirección (geometría), se procede al trazado del plano para la guía de construcción de los triángulos superiores.</p>	<p>VISTA SUPERIOR</p> 
	<p>-Para el triángulo superiores los dos brazos deben ser paralelos a las mesas inferiores.</p> <p>-Al mantener el paralelismo uno de los brazos se considera una modificación debido a que el recorrido de los triángulos puede tener inconvenientes en el sistema de dirección.</p>	<p>VISTA LATERAL</p> 



COMPONENTE	PROCEDIMIENTO	
Triángulo de suspensión superior	<p>-Al plasmar el plano en la mesa de apoyo se va armando brazo por brazo para no tener inconvenientes con la mangueta y los terminales de la dirección</p> <p>-Los tubos usados para los triángulos fueron doblados cuidadosamente en la prensa para no perder sus propiedades elásticas.</p>	
	<p>-Una vez implementados los triángulos en la estructura se procede a comprobar los movimientos que se producen en la suspensión y dirección.</p>	

*Nota.* Procedimiento de construcción y adaptación triángulos inferiores

El tipo de esta suspensión al ser de doble triángulo lo que le hace un sistema complejo es porque interviene en la geometría de la dirección la cual tuvo varios cambios al usar los mismos componentes del Volkswagen Brasilia.

### 3.5.5 Proceso de Construcción de las bases de los amortiguadores delanteros



Para culminar con la suspensión delantera el amortiguador debe estar sujeta al triángulo inferior y al chasis determinado ciertos factores que intervienen en la instalación de estos amortiguadores y que criterios de funcionamiento se deben tomar en cuenta para aprovechar el correcto funcionamiento de los amortiguadores sugeridos para la suspensión delantera del buggy, a continuación, se especifica el procedimiento realizado para implementar los amortiguadores.

En la tabla 13 se puede apreciar la implementación del amortiguador elemento que influye en el comportamiento de esta suspensión.

**Tabla 13**

*Implementación de los amortiguadores delanteros*

COMPONENTE	PROCEDIMIENTO	
Estructura tubular	-Para poder implementar los amortiguadores es necesario reforzar la estructura tubular, con el objetivo que los amortiguadores puedan realizar su recorrido.	

COMPONENTE	PROCEDIMIENTO	
Triángulo de suspensión inferior	<p>-La suspensión de doble triángulo tiene como característica que el amortiguador va fijado al triángulo inferior y al chasis.</p> <p>-Se fija un apoyo en los triángulos inferiores de ambos lados según las especificación del amortiguador que se va a implementar</p>	
Estructura tubular	<p>-Para el ultimo soporte que va unido a la estructura se consideraron varios aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El amortiguador debe tener una inclinación para que pueda vencer la fuerza producida al pasar por una irregularidad teniendo un recorrido suave y sin complicaciones.</li> <li>• El recorrido de compresión y expansión a no forzar el amortiguador.</li> </ul>	

*Nota.* Cabe recalcar que el procedimiento realizado es el mismo para ambos lados, la medida de compresión es de 310.5 mm y de expansión es de 510.5 mm

En la figura 28 se puede apreciar la implementación y adaptación de la suspensión delantera a la estructura tubular del buggy.

### **Figura 28**

*Suspensión delantera del buggy*



*Nota.* Suspensión delantera adaptada al buggy

## **3.6 Elementos de la Suspensión**

### **3.4.1 Silentblocks implementados en la suspensión delantera**

Los silentblocks son los elementos que más desgaste sufren en los vehículos por eso por cada ruido extraño que se puede producir en la suspensión de un vehículo se puede deber a estos componentes sus materiales son desde polímeros hasta cauchos prefabricados, en este caso usamos un grilon, este material es uno de los más recomendados para la suspensión delantera del buggy debido a que no sufren mucho

desgaste, son muy resistentes a esfuerzos de fatiga y desgaste y especialmente si es para competiciones automovilísticas de tipo rally.

En la figura 29 se puede apreciar la forma de los bujes que fueron implementados en la suspensión de tal forma que brinden resistencia a todos los movimientos producidos por la suspensión

### **Figura 29**

*Silentblocks de la suspensión*



*Nota.* Adaptación de silentblocks a la suspensión delantera del buggy

Esto se hizo con la finalidad de evitar realizar el mantenimiento frecuente de la suspensión delantera porque al realizar un mantenimiento siempre se interviene con el sistema de dirección en donde esta podría tener un cambio en su alineación y este también debería ser corregida, esto puede ser un trabajo muy complicado de realizar, por esa razón este material ayuda como apoyo para los componentes presentando una mayor resistencia y durabilidad.



En la figura 30 se puede apreciar la suspensión implementada en su totalidad y la ubicación de cada uno de los bujes dimensiones que influyeron para la adaptación de la suspensión.

### Figura 30

*Ubicación de los silentblocks implementados en la suspensión delantera*



*Nota.* Suspensión delantera del buggy lado izquierdo ubicación de los silentblocks

## CAPÍTULO IV

### 4. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL VEHÍCULO BIPLAZA TIPO BUGGY

En el anterior capítulo se la implementación del sistema de suspensión es necesario considerar ciertas características las cuales definen la eficiencia de una suspensión Después de haber terminado la implementación del sistema de suspensión del buggy es necesario ver su comportamiento cuando el vehículo esta estático una de las formas para comprobar si su suspensión está en buen estado.

En la figura 31 se puede apreciar el estado final del proyecto un vehículo biplaza tipo buggy soportando el peso del vehículo el sistema de suspensión.

**Figura 31**

*Vehículo biplaza tipo Buggy*



*Nota.* Proyecto del vehículo biplaza tipo buggy

### 4.3 Prueba 1 Altura del vehículo

La primera prueba consistió en ver cuál es la diferencia de altura cuando el vehículo esta estacionado siendo la primera medición para ver la altura actual del vehículo, la segunda medida es cuando los ocupantes estén dentro del habitáculo del buggy realizando la segunda medición, después hay que comparar los resultados y ver la diferencia que se obtuvo al aplicar peso en el buggy, esta diferencia debe ser mínima verificar el funcionamiento adecuado del sistema de suspensión del buggy.

En la figura 32 se puede apreciar cómo se tomó la medición usando como referencia el asfalto hasta la mitad del tubo de la parte inferior del buggy.

#### Figura 32

*Altura primera medición*



*Nota.* Medición lado izquierdo

En la primera medición con el vehículo estacionado se aplicaron varias oscilaciones haciendo presión en el vehículo por su parte delantera comprobando que



los amortiguadores están trabajando correctamente después de observar la rapidez con la que el vehículo regresa a su posición original definiendo su altura a 279 mm.

En la figura 33 se puede apreciar de igual manera la referencia fue el asfalto hasta la mitad del tubo por la parte inferior del buggy.

### Figura 33

*Altura segunda medición*



*Nota.* Medición lado izquierdo

Para la segunda medición se realiza el mismo procedimiento que realizamos para la primera medición con la única diferencia que ahora debemos comprobar con dos personas que se encuentren dentro del habitáculo definiendo su altura final a 254 mm

La suspensión trasera se comprobó de igual manera, aunque en la parte posterior encontramos barras de torsión las cuales actúan sobre el mismo eje de transmisión para definir si el peso es el adecuada de la parte posterior se logra visualizar en el camber que se producen en los neumáticos posteriores si la suspensión

presentara problemas sus neumáticos llegarían a tener un camber negativo el cual es necesario realizar una regulación en sus barras de torsión.

En la figura 34 se puede apreciar la suspensión trasera del buggy puesto a punto para realizar las pruebas de ruta.

### **Figura 34**

*Suspensión trasera del buggy*



*Nota.* Suspensión trasera del buggy

#### **4.4 Prueba 2 Verificación suspensión delantera**

El recorrido de las mesas de suspensión delanteras no debe tener ninguna dificultad en realizar su recorrido estas suspensiones realizan su recorrido de forma vertical tratando de no crear una oposición si no de romper la inercia del amortiguador para suavizar el golpe y no causar inconvenientes a los ocupantes del buggy.

En la figura 35 se puede apreciar el funcionamiento del sistema de suspensión y dirección referencia a tomar en cuenta antes de realizar la prueba de ruta.

**Figura 35**

*Funcionamiento sistema de suspensión y dirección*



*Nota.* Verificación sistema de suspensión delantera

La dirección junto a la suspensión se comprobó que no se produzcan golpes que fuerzan a la dirección, recreando el recorrido de los triángulos de la suspensión en ambos lados de forma vertical comprimiendo y expandiendo los amortiguadores. Las rótulas de la suspensión también son consideradas para el movimiento de la suspensión estos componentes son los que unen la mangueta a los triángulos por lo cual están expuestos a sufrir las cargas que se producen al pasar por una irregularidad por ende se debe comprobar que estén fijos a los triángulos de suspensión.

En la figura 36 y 37 se puede apreciar las adaptaciones que se realizaron en el triángulo superior de la suspensión sin golpear o forzar a la dirección al girar el neumático en ambas direcciones

**Figura 36**

*Suspensión delantera lado derecho*



*Nota. Giro del neumático lado derecho de la dirección*

**Figura 37**

*Suspensión delantera lado izquierdo*



*Nota. Giro del neumático lado izquierdo de la dirección*

#### 4.5 Prueba 3 RoadBook

En la última prueba se comprobó el desempeño del sistema de suspensión el cual debe cumplir con los objetivos propuestos en este trabajo de investigación. Brindando una conducción segura a los ocupantes del vehículo y dando confort de seguridad al pasar por curvas a altas velocidades también de estar en la capacidad de absorber los golpes producidos por la carretera estabilizando al vehículo de forma rápida y segura.

Para esta prueba fue muy importante realizar una hoja de ruta, la cual se realizó mediante una aplicación, esta hoja de ruta consiste en una descripción del trayecto de la ruta.

En competencias de rally estas hojas de ruta son muy importantes para anticipar la velocidad en curvas, el copiloto es la persona encargada de efectuar esta hoja de ruta en donde va a dirigir al piloto trabajo que se realiza en equipo dependiendo del fracaso o el éxito del equipo.

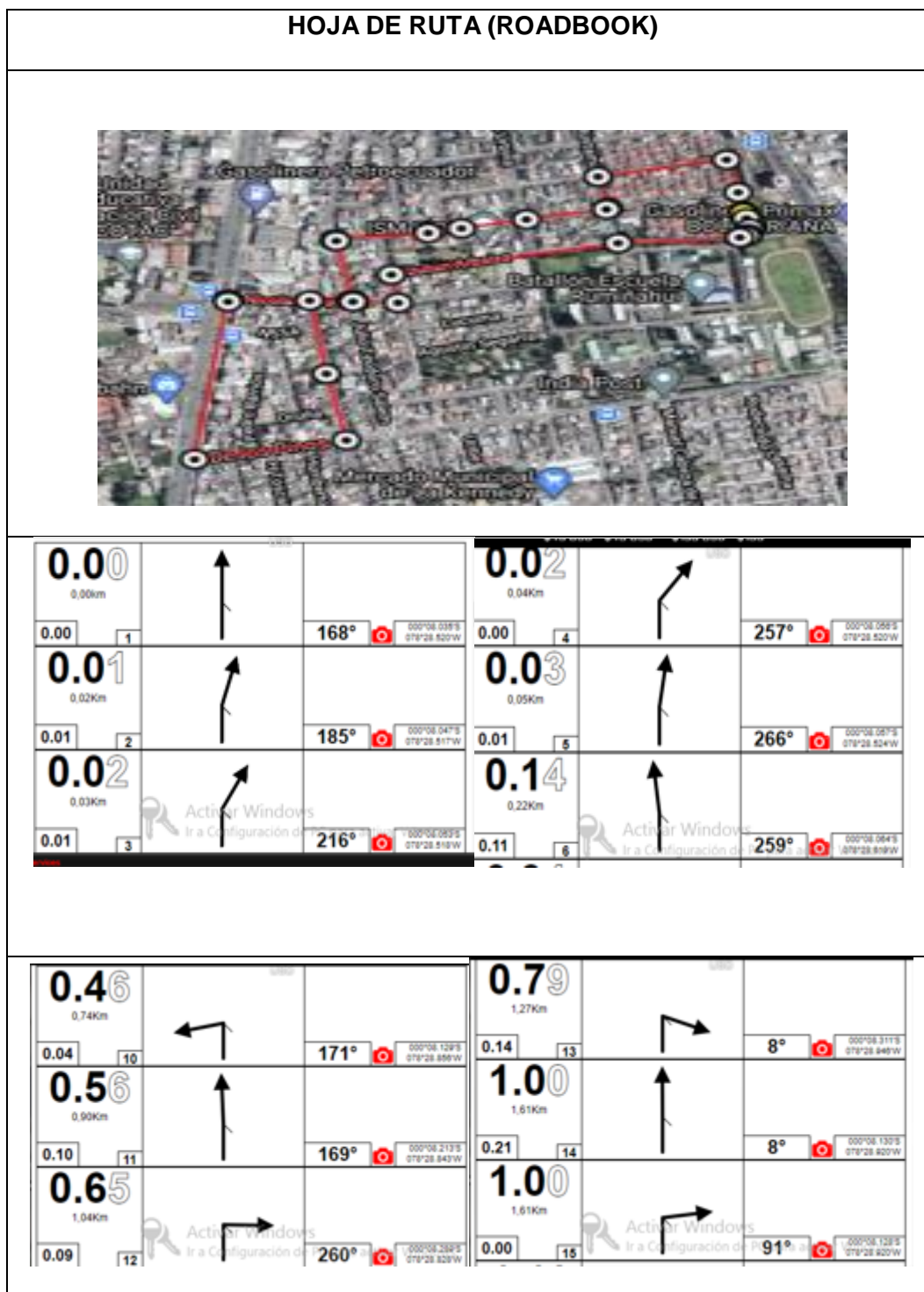
Por esta razón fue necesario para la comprobación del sistema de suspensión al pasar en una curva a altas velocidades o al pasar por cualquier obstáculo que se presente en la ruta en este caso los rompe velocidades que sirvieron de ayuda para verificar su correcto funcionamiento

En la tabla N 14. El trayecto que se realizó para efectuar las pruebas y comprobación del buggy fue en el norte de Quito sector la california alta calle Luis Muriadlo lugar donde es el inicio y fin de la ruta planificada.



Tabla 14

Hoja de ruta



HOJA DE RUTA (ROADBOOK)																																					
<table border="1"> <tr> <td>1.19 1.92Km</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.00 19</td> <td>84°</td> <td>000°08.08'S 078°28.83'W</td> </tr> <tr> <td>1.28 2.06Km</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.09 20</td> <td>78°</td> <td>000°08.05'S 078°28.78'W</td> </tr> <tr> <td>1.31 2.11Km</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.03 21</td> <td>79°</td> <td>000°08.04'S 078°28.73'W</td> </tr> </table>	1.19 1.92Km			0.00 19	84°	000°08.08'S 078°28.83'W	1.28 2.06Km			0.09 20	78°	000°08.05'S 078°28.78'W	1.31 2.11Km			0.03 21	79°	000°08.04'S 078°28.73'W	<table border="1"> <tr> <td>1.37 2.20Km</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.06 22</td> <td>79°</td> <td>000°08.03'S 078°28.80'W</td> </tr> <tr> <td>1.44 2.32Km</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.07 23</td> <td>79°</td> <td>000°08.02'S 078°28.82'W</td> </tr> <tr> <td>1.44 2.32Km</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.00 24</td> <td>348°</td> <td>000°08.02'S 078°28.82'W</td> </tr> </table>	1.37 2.20Km			0.06 22	79°	000°08.03'S 078°28.80'W	1.44 2.32Km			0.07 23	79°	000°08.02'S 078°28.82'W	1.44 2.32Km			0.00 24	348°	000°08.02'S 078°28.82'W
1.19 1.92Km																																					
0.00 19	84°	000°08.08'S 078°28.83'W																																			
1.28 2.06Km																																					
0.09 20	78°	000°08.05'S 078°28.78'W																																			
1.31 2.11Km																																					
0.03 21	79°	000°08.04'S 078°28.73'W																																			
1.37 2.20Km																																					
0.06 22	79°	000°08.03'S 078°28.80'W																																			
1.44 2.32Km																																					
0.07 23	79°	000°08.02'S 078°28.82'W																																			
1.44 2.32Km																																					
0.00 24	348°	000°08.02'S 078°28.82'W																																			
<table border="1"> <tr> <td>1.48 2.39Km</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.04 25</td> <td>79°</td> <td>000°07.98'S 078°28.83'W</td> </tr> <tr> <td>1.60 2.57Km</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.12 26</td> <td>166°</td> <td>000°07.98'S 078°28.83'W</td> </tr> <tr> <td>1.64 2.65Km</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.04 27</td> <td>170°</td> <td>000°08.00'S 078°28.82'W</td> </tr> </table>	1.48 2.39Km			0.04 25	79°	000°07.98'S 078°28.83'W	1.60 2.57Km			0.12 26	166°	000°07.98'S 078°28.83'W	1.64 2.65Km			0.04 27	170°	000°08.00'S 078°28.82'W	<table border="1"> <tr> <td>1.60 2.57Km</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.12 26</td> <td>166°</td> <td>000°07.98'S 078°28.83'W</td> </tr> <tr> <td>1.64 2.65Km</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.04 27</td> <td>170°</td> <td>000°08.00'S 078°28.82'W</td> </tr> <tr> <td>1.67 2.69Km</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.03 28</td> <td>171°</td> <td>000°08.02'S 078°28.82'W</td> </tr> </table>	1.60 2.57Km			0.12 26	166°	000°07.98'S 078°28.83'W	1.64 2.65Km			0.04 27	170°	000°08.00'S 078°28.82'W	1.67 2.69Km			0.03 28	171°	000°08.02'S 078°28.82'W
1.48 2.39Km																																					
0.04 25	79°	000°07.98'S 078°28.83'W																																			
1.60 2.57Km																																					
0.12 26	166°	000°07.98'S 078°28.83'W																																			
1.64 2.65Km																																					
0.04 27	170°	000°08.00'S 078°28.82'W																																			
1.60 2.57Km																																					
0.12 26	166°	000°07.98'S 078°28.83'W																																			
1.64 2.65Km																																					
0.04 27	170°	000°08.00'S 078°28.82'W																																			
1.67 2.69Km																																					
0.03 28	171°	000°08.02'S 078°28.82'W																																			
<table border="1"> <tr> <td>1.60 2.57Km</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.12 26</td> <td>166°</td> <td>000°07.98'S 078°28.83'W</td> </tr> <tr> <td>1.64 2.65Km</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.04 27</td> <td>170°</td> <td>000°08.00'S 078°28.82'W</td> </tr> <tr> <td>1.67 2.69Km</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.03 28</td> <td>171°</td> <td>000°08.02'S 078°28.82'W</td> </tr> </table>		1.60 2.57Km			0.12 26	166°	000°07.98'S 078°28.83'W	1.64 2.65Km			0.04 27	170°	000°08.00'S 078°28.82'W	1.67 2.69Km			0.03 28	171°	000°08.02'S 078°28.82'W																		
1.60 2.57Km																																					
0.12 26	166°	000°07.98'S 078°28.83'W																																			
1.64 2.65Km																																					
0.04 27	170°	000°08.00'S 078°28.82'W																																			
1.67 2.69Km																																					
0.03 28	171°	000°08.02'S 078°28.82'W																																			

Nota. Hoja de ruta verificación de las curvas

En la tabla N 15 se puede apreciar la evaluación que se hizo al sistema al realizar la trayectoria marcando con una X a consideración de como fue el comportamiento del sistema de suspensión del buggy.

**Tabla 15**

*Verificación del sistema de suspensión*

<b>VERIFICACIONES SISTEMA DE SUSPENSIÓN</b>				
<b>ACCIONAMIENTO</b>	<b>MALO</b>	<b>REGULAR</b>	<b>EXCELENTE</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
Cabeceo al Frenar		x		Leve
Anomalías en la carrocería			x	Ninguna
Rebotes del sistema			x	Ninguna
Absorción del sistema			x	Ninguna
Comportamiento del sistema en rompe velocidades			x	Ninguna
Estabilidad a 10 km/h			x	Ninguna
Estabilidad a 30 km/h			x	Ninguna
Viraje a 10 km/h			x	Ninguna
Viraje a 30 km/h			x	Ninguna

*Nota.* Evaluación acerca del funcionamiento del buggy asociado al sistema de suspensión

El vehículo tipo buggy al comprobar sus sistemas automotrices trabajando en conjunto es satisfactoria no haber presentado ningún problema en especial si el vehículo se requiere para competencias de tipo rally.

En la figura 38 se puede apreciar el buggy al pasar por un rompe velocidades en ambos casos el vehículo no tuvo complicaciones de estabilidad llegando a estabilizarse de forma regulada sin problemas ni pérdidas de control del buggy.



**Figura 38**

*Pruebas de ruta sistema de suspensión*



*Nota.* Saltos del vehículo buggy pruebas de ruta

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.3 Conclusiones

Al analizar los sistemas de suspensión que existen para los vehículos buggy y prototipos son similares pero cada suspensión era adaptada a las condiciones que a estructura tubular presenta y en la mayor parte de vehículos prototipos llegan a modificar sus suspensiones al grado de construir sus propias piezas para tener un buen rendimiento según las características y requerimientos del prototipo.

El procedimiento para adaptar un sistema de suspensión diferente es de que hay que tomar en cuenta el diseño del buggy y al eje al que va ser implementada, para el eje delantero existen ciertas características de funcionamiento ideal en las ruedas directrices para evitar problemas en una competencia de rally.

Al implementar las bases del amortiguador, las características del amortiguador coincidían con el recorrido al momento de comprimirse y expandirse, de igual manera la ubicación del amortiguador fue muy importante para que estos mantengan a las llantas firmes al suelo y pueda vencer la fuerza de impacto fácilmente al pasar por un obstáculo evitando inconvenientes a sus ocupantes.

En las pruebas realizada en el buggy al momento de pasar por varios obstáculos como rompe velocidades a alta velocidades el vehículo siempre se mantuvo estabilizado su rendimiento fue muy eficaz en donde se pudo observar con claridad como es el funcionamiento del sistema de suspensión delantera y trasera del vehículo biplaza tipo buggy.

#### **5.4 Recomendaciones**

El buggy al ser un vehículo de construcción artesanal son vehículos en donde se puede apreciar de mejor manera los sistemas automotrices implementados en el vehículo, de tal manera que se llegan a usar materiales resistentes dedicados especialmente para competencia de rally.

Si el vehículo tipo buggy cuenta con la mayoría de componentes en especial de vehículos Volkswagen es recomendable seguir las recomendaciones que el manual ofrece realizando su debido mantenimiento y cambios en sus repuestos automotrices.

La suspensión trasera fue implementada del Volkswagen Brasilia, fue importante revisar que cada elemento esté en buen estado y que no presenten roturas o torceduras que limiten su rendimiento al conducir por vías asfaltadas o fuera de pista.

La suspensión delantera no debe ser muy rígida porque al momento de pasar por una curva las ruedas no responderían al movimiento de la dirección lo cual podría causar un accidente deben ser sutilmente blanda para poder tener un leve cabeceo el cual haría que los neumáticos respondan al movimiento de la dirección haciendo que este movimiento sea suave para el conductor.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arcos, E. X. (Marzo de 2017). *Implementación del sistema de suspensión y frenos un auto prototipo de competencias bajo reglamento de la FEDAK*. Obtenido de: [http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/16530/1/68854\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/16530/1/68854_1.pdf)
- Arroyo Teran , E., & Ayala Rivadeneira, R. (2013). *Diseño y Construcción del bastidor y sistema de suspensión de un Car- Cross monoplaza para servicio turístico*. Obtenido de: <file:///C:/Users/hp/Desktop/tesis%20de%20apoyo/T-ESPEL-MAI-0438.pdf>
- Arturcode. (10 de Abril de 2016). *Ingeniero de sofa* . Obtenido de: <https://ingenierodesofa.wordpress.com/2016/04/10/aprendizaje-push-rod-y-pull-rod/>
- Auquilla , J., & Torres , C. (Mayo de 2016). *Diseño del Sistema de Suspensión de un Vehículo Monoplaza Eléctrico Formula SAE*. Obtenido de: : <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12131/1/UPS-CT006052.pdf>
- Autofácil*. (11 de Noviembre de 2019). *Fórmula todo terreno* Obtenido de: <https://www.autofácil.es/todoterreno/tecnica/2019/11/02/neumaticos-elegir-utv-o-buggy/53126.html>
- Ayala Erazo , A., & Guevara Tituaña , D. (2015). *Diseño y Construcción de la carrocería de un vehículo tipo Arenero*. Obtenido de: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/4715/1/05%20FECYT%202286%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Castillo , M., & Cachón , A. (s.f). *Modelado de un Sistema de Suspensión Derecha para un Vehículo Arenero*. Obtenido de: [https://tesis.i\\*pn.mx/bitstream/handle/123456789/7116/1576%202009.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR26WumhTw4pSVEHCdbyP1koZH2VSmNbySUSkp8dMhe22PSk9QhgzQUQ0tw](https://tesis.i*pn.mx/bitstream/handle/123456789/7116/1576%202009.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR26WumhTw4pSVEHCdbyP1koZH2VSmNbySUSkp8dMhe22PSk9QhgzQUQ0tw)
- Central de repuestos* . (s.f). *Sistema de Suspension* Obtenido de: <http://centralderepuestostr.com/sistema-de-suspension-ii/>
- Chacón Hernando, V. (2009). *Diseño de una suspensión para un vehículo automóvil basado en amortiguadores magnetoreológicos*. Obtenido de: [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/10792/Chacon\\_Hernando\\_Victor\\_PFC\\_Adaptacion%20suspension%20MR%20turismo.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR1xhxV8dlrDdao5m1SQNyjj0WYziYOjokr7PLZEm2yoejvwNH\\_RXgFWCq0](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/10792/Chacon_Hernando_Victor_PFC_Adaptacion%20suspension%20MR%20turismo.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR1xhxV8dlrDdao5m1SQNyjj0WYziYOjokr7PLZEm2yoejvwNH_RXgFWCq0)
- Club Aventura 4x4* . (s.f) . Obtenido de: [www.4x4guatemala.org](http://www.4x4guatemala.org)
- Comp, V. (s.f). *Swing axle suspension parts*. Obtenido de: [http://www.angelfire.com/dc/vicsvw/~suspension\\_rear.sa.htm](http://www.angelfire.com/dc/vicsvw/~suspension_rear.sa.htm)
- De la Cruz , A., & Inga, R. (Septiembre de 2014). *Diseño y Construcción de los sistemas de Dirección, Suspensión, Frenos y plegado en un vehículo eléctrico Biplaza*

*Plegable* . Obtenido de: <https://docplayer.es/97602246-Departamento-de-ciencias-de-la-energia-y-mecanica-carrera-de-ingenieria-automotriz.html>

Domínguez, R. O. (s.f). *Suspensiones Vehiculares* . Obtenido de: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut73/anx1tut73.pdf?fbclid=IwAR0KUI3rVSPDS3FEfwVxLZk6kppKewmR-VRO3EZIglOXqQsZmuzz4eqv1cA>

Enriquez Ruales, R., & Ferigra Montalvo, C. (2012). *Instalar los sistemas de suspensión*. Obtenido de: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1546/1/FECYT%201480%20TE SIS.pdf>

*FEDIMA F5* . (2017). Obtenido de: <http://www.fedimacompeticion.com/neumaticos-fedima-f5-asimetrico.html>

Francisco, E. V. (Junio de 2016). *Análisis dinámico e implementación de un sistema de suspensión para un vehículo de competencia en circuito* . Obtenido de: [http://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/14196/67031\\_1.E stevez.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/14196/67031_1.E stevez.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Friederich, B. (02 de Abril de 2019). Obtenido de: <https://www.maxim.com/rides/2017-ariel>

Gavilanes, C. (09 de 12 de 2016). *Análisis e Importancia de sistemas de Suspensión de vehículos livianos mediante Modelo Digital*. Obtenido de: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/5996/1/129359.pdf>

Huerta, A. M. (2016). *Análisis de la suspensión y la estructura de un vehiculo UTV mediante FEM*. Obtenido de: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/10635/Tesis.pdf?sequence=1>

Luque, P., Álvarez, D., & Vera, C. (2004). *Ingeniería del Automovil, Sistemas y Comportamiento Dinámico* . España: Thomson.

*Manual de Mantenimiento del Volkswagen Sedan Vocho*. (s.f.). Obtenido de [https://www.virtualnet.com.mx/vocho-suspension-trasera.htm?fbclid=IwAR0TVHhzUY-tiLnvRDhT1f9oIYtbc37lvOFrjy\\_1O4gJAz2DbTlkVtCM6yk](https://www.virtualnet.com.mx/vocho-suspension-trasera.htm?fbclid=IwAR0TVHhzUY-tiLnvRDhT1f9oIYtbc37lvOFrjy_1O4gJAz2DbTlkVtCM6yk)

Markchang. (31 de Marzo de 2011). *Suspensiones en F1*. Obtenido de: <https://tertuliasdef1.wordpress.com/2011/03/31/suspensiones-en-f1-objetivo-y-partes-push-rod-vs-pull-rod/>

Mejía Mayorga , E., & Reyes Pérez , D. (2018). *Diseño y seleccion 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-%20Mej%c3%ada%20Mayorga%20Est%c3%a9ban%20David%20y%20Reyes%20P%c3%a9rez%20Diego%20Fernando.pdf>

Minga Espinosa, A., & Morocho Yauripoma, C. (2018). *Diseño y construcción de un sistema de suspensión posterior mediante software CAD/CAE para un prototipo*

*híbrido biplaza 4x4 de la carrera de Ingeniería Automotriz.* Obtenido de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/9830/1/65T00280.pdf>

Monroe . (s.f). *Amortiguadores y Struts* Obtenido de: <http://www.monroe.com/es-US/e-catalog/58567?fbclid=IwAR0-6JeJmxHsP-u6tyKyTJjTgfSrMtackDnYs9EBA473s2DzazDCozjPzcl>

Moratalaz, E. (31 de mayo de 2015). *Mecánica Automotriz.* Obtenido de: [www.mecanicoautomotriz.org/977-manual-sistemas-suspension-elementos-tipos-control](http://www.mecanicoautomotriz.org/977-manual-sistemas-suspension-elementos-tipos-control)

*Refaccionaria Mario.* (23 de febrero de 2020). Obtenido de <https://refaccionariamario.com/amortiguadores/182-amortiguador-hidraulico-trasero-boge-para-vw-sedan-1500-1600-1600i-safari-brasilia.html>

Riera Espinoza , P. (2010). *Trucaje y adaptación de un sistema de suspensión y dirección para un vehículo tipo buggy de la fórmula automovilística universitaria FAU.* Obtenido de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/938/1/65T00008.pdf?fbclid=IwAR0zEIXRT9oG0uYE0gNzOXIb1fuP3ITJlgJ2cRNc2Z-MBBb3vqa0a4ixqn0>

Rodríguez, A. (09 de Febrero de 2014). *Análisis técnico push rod - pull rod.* Obtenido de: <https://albrodpulf1.wordpress.com/2014/02/09/analisis-push-rod-pull-rod/>

Rodriguez , H. (s.f). *Sistema de Suspensión en los Vehículo.* Obtenido de Ingemecanica.com: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn73.html>

*SandRail Colombia.* (s.f.). Obtenido de <http://sandrailcol.blogspot.com/2005/12/hola-estoy-construyendo-un-sandrail-o.html>

Valdez Gavilanes , J. (Mayo de 2006). *Diseño y Construcción de un sistema de suspensión delantera independiente para un vehículo tubular tipo "Buggy" para uso todo terreno.* Obtenido de: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/819/T-ESPE-014407.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Villareal, D. (7 de FEBRERO de 2012). *Presente y futuro de los neumáticos estado tecnología del automóvil.* Obtenido de: <https://www.diariomotor.com/tecmovia/2012/02/07/presente-y-futuro-de-los-neumaticos-estado-de-la-tecnologia-del-automovil/>

# ANEXOS