



UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE DIRECCIÓN PARA UN VEHÍCULO BIPLAZA
TIPO BUGGY PARA LA CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECÁNICA
AUTOMOTRÍZ DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS ESPE”**

AGUIRRE PONLUISA, EDISON JAVIER

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

**MONOGRAFÍA, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN
MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

ING. ARIAS PÉREZ, ÁNGEL XAVIER

02 DE SEPTIEMBRE DEL 2020



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

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, **“Implementación de un Sistema de Dirección 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 **Aguirre Ponluisa, Edison Javier**, 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, septiembre de 2020

.....
Ing. Arias Pérez, Ángel Xavier

C.C.: 0503454811

URKUND ANALISIS RESULT

**Analysed Document: Tesis Aguirre Edison.pdf
(D78829949)**

**Submitted: 9/9/2020
1:52:00PM
Submitted By: ejaguirre2@espe.edu.ec
Significance: 8 %**

Sources included in the report:

Proyecto titulación Cayambe Lara-1.pdf (D46841695)
[https://es.wikipedia.org/wiki/Direcci%C3%B3n_\(autom%C3%B3vil\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Direcci%C3%B3n_(autom%C3%B3vil))
<https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/104-funcionamiento-de-direcciones-electricas/>
http://www.revistaautopartes.co/no-se-lo-pierda/ver/?tx_ttnews%25Btt_news%255D=91&cHash=c36a8b725975284b79748430f94b7973
<https://es.slideshare.net/efrain1-9/sistema-de-direccion-14009412>
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/938/1/65T00008.pdf>
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/11509/EG-1598-Condori%20Cute%20%20Oscar%20Felipe.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
<https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/197/1/T-UIDE-0179.pdf>
<https://docplayer.es/26842645-Escuela-superior-politecnica-de-chimborazo-facultad-de-mecanica-escuela-de-ingenieria-automotriz.html>

Instances where selected sources appear:

25



.....
Ing. Arias Pérez, Ángel Xavier

C.C.: 0503454811



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

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Aguirre Ponluisa, Edison Javier**, con cédula de ciudadanía n° 180503625-6, declaro/declaramos que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **“Implementación de un Sistema de Dirección 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.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga, septiembre de 2020

Aguirre Ponluisa, Edison Javier

C.C.: 180503625-6



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

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **Aguirre Ponluisa, Edison Javier** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **“Implementación de un Sistema de Dirección 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, septiembre de 2020

A handwritten signature in blue ink, enclosed in a blue oval. The signature appears to be 'Edison J. Aguirre P.'. Below the signature is a horizontal dotted line.

Aguirre Ponluisa, Edison Javier

C.C.: 180503625-6

DEDICATORIA

A mi madre Inés Ponluisa por ser el pilar fundamental en mi familia por ser una persona dedicada y con ejemplo de superación ante las adversidades por su apoyo incondicional por ser la mejor madre del mundo.

A mi padre Luis Aguirre por ser la persona que guía mis pasos y decisiones en cada momento importante en mi vida, por ser ejemplo de una persona humilde y trabajadora, además de motivarme a emprender en todas las metas que me he propuesto en mi vida.

A mis hermanos por siempre apoyarme y aconsejarme cuando me sentía de mal ánimo, por su amor cariño y al resto de mi familia que cumple un gran rol fundamental en mi vida.

Aguirre P. Edison Javier

AGRADECIMIENTO

Agradezco de todo corazón a mis padres porque sin ayuda de ellos no podría cumplir una de las primeras metas y por apoyarme en las decisiones que tome ya que con su apoyo incondicional podré cumplir mis sueños y así ser un Señor que apoyará a la sociedad con nuevas ideas.

A Dios por la sabiduría y la valentía y en especial a toda mi familia que fue la base y el apoyo incondicional para nunca desistir de la lucha ante las adversidades de la vida diaria como estudiante, a todos mis amigos, en especial a mi amiga Erika Toapanta, compañeros y personas que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

Aguirre P. Edison Javier

ÍNDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA.....	1
CERTIFICACIÓN.....	2
URKUND ANALISIS RESULT	3
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA.....	4
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	5
DEDICATORIA	6
AGRADECIMIENTO	7
ÍNDICE DE CONTENIDO	8
ÍNDICE DE TABLAS	12
ÍNDICE DE FIGURAS.....	13
RESUMEN	15
ABSTRACT	16
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.1. Antecedentes	17
1.2. Planteamiento del Problema.....	18
1.3. Justificación	19
1.4. Objetivos	20
1.4.1. Objetivo General	20
1.4.2. Objetivos Específicos.....	20
1.5. Alcance	21
MARCO TEÓRICO.....	22
2.1. Sistema de dirección.....	22

2.1.1. Clasificación del sistema de dirección	23
2.2. Dirección mecánica.....	23
2.2.1. Dirección mecánica por piñón y cremallera	23
2.2.2. Dirección mecánica por sin fin y rodillo.....	24
2.2.3. Dirección mecánica por sin fin y tuerca con hilera de bolas	25
2.3. Dirección asistida.....	26
2.3.1. Dirección asistida hidráulicamente	27
2.3.2. Dirección asistida hidráulicamente tipo coaxial	28
2.3.3. Dirección hidráulica de asistencia en la caja de dirección.....	29
2.4. Dirección de asistencia electrónica.....	30
2.4.1. Características del sistema.....	31
2.4.2. Funcionamiento general del sistema	32
2.4.3. Funcionamiento específico del sistema	33
2.5. Estructura de la dirección	34
2.5.1. El volante de la dirección	35
2.5.2. Columna de la dirección	35
2.5.3. Cajetín o mecanismo de dirección.....	36
2.5.4. Tirantería de dirección	36
2.6. Ángulos de giro de los neumáticos	37
2.7. Esfuerzo sobre el mando de dirección.....	38
2.8. Convergencia.....	40
2.9. Ángulo de convergencia	41
DESARROLLO DEL TEMA	43

3.1.	Selección de alternativas	43
3.2.	Análisis técnico del sistema de dirección del Volkswagen Brasilia.....	46
3.3.	Análisis de los requerimientos para la adaptación de los elementos	47
3.3.1.	Barras de acoplamiento	47
3.3.2.	Caja de dirección	48
3.3.3.	Herramientas y materiales a utilizar.....	49
3.4.	Ensamblaje de los componentes en el sistema de dirección	50
3.5.	Manual de Taller	55
3.5.1.	Manual de operación de sistema de dirección.....	56
a.	En el arranque	57
b.	En cada instante de conducción	57
3.6.	Mantenimiento preventivo	57
3.6.1.	Tirantería de dirección	57
3.6.2.	Timon o Volante	57
3.6.3.	Columna de la dirección	58
3.6.4.	Amortiguadores de la dirección	58
3.6.5.	Rótulas de la dirección.....	58
3.7.	Mantenimiento correctivo	59
3.7.1.	Reparaciones y sustitución	59
3.7.2.	Tirantería de la dirección	59
3.7.3.	Volante de la dirección.....	59
3.7.4.	Eje de la columna de la dirección	59
3.7.5.	Amortiguadores de la dirección	60

3.7.6. Rótulas.....	60
3.8. Alineación	60
3.9. Prueba de Funcionamiento del Sistema	63
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	67
4.1 Conclusiones	67
4.2 Recomendaciones	68
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
ANEXOS.....	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Clasificación del sistema de dirección.</i>	23
Tabla 2. <i>Ventajas y desventajas de los sistemas de dirección.</i>	44
Tabla 3. <i>Clasificación de los sistemas de dirección.</i>	45
Tabla 4. <i>Lista de herramientas y materiales.</i>	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Sistema de dirección por piñón y cremallera.</i>	24
Figura 2 <i>Sistema de dirección por tornillo sin fin y rodillo.</i>	25
Figura 3 <i>Sistema de dirección por tornillo sin fin y tuerca con hilera de bolas.</i>	26
Figura 4 <i>Sistema de dirección asistida hidráulicamente.</i>	28
Figura 5 <i>Sistema de dirección asistida hidráulicamente tipo coaxial.</i>	29
Figura 6 <i>Sistema de dirección hidráulica con asistencia en la caja de dirección.</i>	30
Figura 7 <i>Dirección de asistencia electrónica.</i>	31
Figura 8 <i>Esquema de funcionamiento de un sistema de dirección electrónico.</i>	32
Figura 9 <i>Funcionamiento específico de la dirección electrónica.</i>	34
Figura 10 <i>Árbol de dirección.</i>	35
Figura 11 <i>Columna de la dirección.</i>	36
Figura 12 <i>Tirantería de dirección.</i>	37
Figura 13 <i>Geometría de Ackerman.</i>	38
Figura 14 <i>Relación de esfuerzos a transmitir.</i>	39
Figura 15 <i>Convergencia positiva, convergencia 0 y divergencia.</i>	40
Figura 16 <i>Convergencia.</i>	41
Figura 17 <i>Ángulos de giro de las ruedas delanteras.</i>	42
Figura 18 <i>Barra de acoplamiento.</i>	48
Figura 19 <i>Caja de dirección.</i>	49
Figura 20 <i>Desmontaje de las piezas del Volkswagen Brasília.</i>	50
Figura 21 <i>Estructura de automóvil biplaza tipo buggy.</i>	51
Figura 22 <i>Rótulas y brazo pitman oxidados.</i>	51
Figura 23 <i>Fijamiento de la caja de dirección en el buggy.</i>	52
Figura 24 <i>Dimensión de las barras de dirección.</i>	52
Figura 25 <i>Modificación de la rótula.</i>	53
Figura 26 <i>Ángulo del cáster.</i>	53

Figura 27 <i>Pintura y soldadura de las partes de las manguetas.</i>	54
Figura 28 <i>Implementación y montaje del sistema de dirección.</i>	54
Figura 29 <i>Inspección visual de los componentes de dirección.</i>	61
Figura 30 <i>Inspección visual del neumático.</i>	62
Figura 31 <i>Vista de neumático en giro máximo.</i>	62
Figura 32 <i>Vista de trayecto de la hoja de ruta.</i>	64
Figura 33 <i>Vista de paso del vehículo por un rompe velocidad.</i>	64
Figura 34 <i>Hoja de ruta de pruebas de funcionamiento del buggy.</i>	65

RESUMEN

La monografía se basa en el diseño, selección e implementación de un sistema de dirección para un vehículo biplaza tipo buggy para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE. El proyecto es importante para la carrera ya que ayuda a desenvolver nuevas tecnologías que sirven como base para futuras investigaciones afines. Para el desarrollo del proyecto, se implementó un sistema que ofrece seguridad, suavidad y maniobrabilidad al conductor, se realizó un marco teórico que mejora la comprensión del sistema de dirección. Al implementar la dirección en el automóvil tipo buggy se realizaron varias modificaciones al sistema original de un vehículo Volkswagen Brasilia ya que para sujetar y centrar la caja de dirección se utilizó la barra de tren del escarabajo original para así asegurarla y la otra barra se adecuo al espacio, al igual que las barras que salen desde el brazo pitman hasta la mangueta de la dirección se las igualo con una distancia de 550mm ya que originalmente la barra izquierda era de menor longitud que la derecha, para que tenga un buen agarre en las curvas se eligió el ángulo de caster de 12° esto hace que las llantas delanteras se inclinen y así el efecto de retorno de la dirección sea eficiente y seguro, se invirtió el sentido de las rotulas para que así no se choquen las barras con las mesas y los tubos de la suspensión, se pulió y pinto todo el sistema.

PALABRAS CLAVE:

- **SISTEMA DE DIRECCIÓN**
- **CAJA DE DIRECCIÓN**
- **RÓTULAS**
- **MANGUETA DE DIRECCIÓN**

ABSTRACT

The monograph is based on the design, selection and implementation of a steering system for a two-seater buggy-type vehicle approved for the Superior Technology in Automotive Mechanics race of the ESPE Technology Management Unit. The project is important for the race as it leads to the development of new technologies that serve as a basis for future related research. To fulfill the project, a system was implemented that provides safety, smoothness and maneuverability to the driver, a theoretical framework was developed that helps to understand the steering system. When implementing the steering system in a buggy type car, several modifications were made to the original system of a Volkswagen Brasilia vehicle, since the original Beetle train bar was used to secure and center the steering box, and the other bar was adapted to the space, as well as the bars that come out from the pitman arm to the steering shaft, which were equalized with a distance of 550mm, since originally the left bar was longer than the right one, To have a good grip on the curves was chosen the caster angle of 12° this makes the front wheels are tilted and thus the return effect of the direction is efficient and safe, reversed the direction of the kneecaps so that the bars do not collide with the tables and suspension tubes, polished and painted the whole system.

KEYWORDS:

- **STEERING SYSTEM**
- **STEERING BOX**
- **YOU CAN SEE**
- **STEERING SLEEVE**

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

”Implementación de un Sistema de Dirección para un Vehículo Biplaza tipo Buggy para la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE”

1.1. Antecedentes

Desde los inicios de los vehículos autopropulsados existieron métodos los cuales permitían a los ocupantes permitir maniobrarlos en la dirección que deseaban; al principio se lo realizaba mediante una palanca o manubrio, además se hizo necesario darle firmeza al sistema logrando cierta irreversibilidad, sobre todo cuando las ruedas chocaban contra un objeto sólido o ante las irregularidades del camino, que repercutían con violencia sobre el timón, haciéndole perder el rumbo al vehículo con gran facilidad, con los peligros consiguientes. (Avila Ramírez & Arias Aillon, 2010)

El sistema de dirección es sin duda uno de los más importantes del vehículo; de la dirección depende en gran parte la seguridad en carretera que presente el vehículo, por ello debe reunir una serie de cualidades que proporcionen al conductor, durante la marcha del vehículo, la comodidad y seguridad necesaria en la conducción; estas cualidades son las siguientes: Reversibilidad controlada, Suavidad, Precisión y Estabilidad (Riera Espinoza, 2010)

El conductor ejerce de forma general, su acción de control sobre un volante de dirección que está unido por medio de acoplamientos, denominados en conjunto columna de dirección, a los mecanismos de actuación sobre las ruedas. Para la unión entre la columna de dirección y el varillaje de la dirección se han empleado diferentes y variadas configuraciones. (Cruz Castro & Mesias Izurieta, 2013)

La razón principal de implementar un sistema de dirección además de dar dirección, es la maniobrabilidad y estabilidad del vehículo, el saber qué tipo de sistema se usará depende en gran parte del tipo de terreno que vamos a recorrer con nuestro vehículo.

El motivo de esta investigación recae en la manera en que es implementado el sistema de dirección en un vehículo buggy biplaza; generar una implementación correcta obteniendo de manera positiva cambios que reduzcan el riesgo de accidentes por causa de falla en el sistema de dirección.

1.2. Planteamiento del Problema

Actualmente los vehículos tipo buggy conllevan falencias al conducirlos en las competencias, debido a su particular fabricación y uso de los vehículos tipo buggy; por así decirlo el sistema de dirección del vehículo es uno de los principales sistemas en el cual debemos intervenir con una correcta investigación previo a la implementación en el vehículo biplaza tipo buggy.

Se ha detectado un alto índice de inseguridad en vehículos fabricados artesanalmente para competencias en nuestro país especialmente al no realizar una correcta implementación de los sistemas de dirección apropiados que brinden mayor seguridad y estabilidad al momento de conducir por terrenos irregulares

Según la Agencia Nacional de Transito en enero del 2019 se registró un total de 9 fallecidos por fallas mecánicas; las cuales repercuten en total falencia del sistema de dirección de los vehículos, lo que equivale a un 0,5% según las estadísticas de la ANT. (ANT, 2019)

Estas cifras se actualizan cada mes y año en la Agencia Nacional de Transito, debido a las competencias que se registran durante ese tiempo, además de la elaboración de los

vehículos tipo buggy que en su mayoría son artesanalmente contruidos y sin mucha investigación.

Es esencial entonces resolver este problema mediante una investigación previa de los diferentes tipos de sistemas dirección que podemos implementar en un vehículo tipo buggy previo a su implementación; además de que este proyecto sea una guía para los aficionados y técnicos automotrices en la investigación e implementación de un sistema de dirección en un vehículo biplaza tipo buggy.

1.3. Justificación

La importancia de este proyecto está dada para el mejoramiento de la seguridad mediante una la investigación e implementación del sistema de dirección en vehículos de competencia tipo buggy biplaza contruidos artesanalmente, vehículos tipo buggy capaces de reducir siniestros mediante fallas mecánicas del sistema de dirección.

Los sistemas de dirección actuales ayudan a reducir la posibilidad de accidentes en carretera y terrenos irregulares, en vehículos tipo buggy fabricados artesanalmente que son usados en terrenos irregulares al realizar una correcta investigación del sistema de dirección a implementar en el vehículo reduciríamos notablemente las estadísticas de accidentes.

Es necesario de igual manera tener un control notable en cuanto a mantenimiento del sistema de dirección por parte de los técnicos automotrices, quienes deben dominar de gran manera el funcionamiento de los sistemas de dirección.

Este proyecto se va a desarrollar con el propósito de mejorar el rendimiento del sistema de dirección, realizando un referente automotriz que beneficiaría a la comunidad automotriz y aficionados a los vehículos tipo buggy, realizando mejoras en sus vehículos y basándose

en este proyecto mediante sustentación teórica y práctica para la correcta implementación del sistema de dirección en el vehículo.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Implementar un sistema de dirección para un vehículo biplaza tipo buggy para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Seleccionar el sistema de dirección con las mejores características, tanto en rendimiento, eficiencia y costo para implementar en el vehículo biplaza tipo buggy.
- Modificar el mecanismo de dirección previo a implementar en el vehículo biplaza tipo buggy, para lograr una adaptación idónea y evitar que interfiera con el funcionamiento del sistema de suspensión.
- Implementar el sistema de dirección seleccionado en el vehículo biplaza tipo buggy realizando adaptaciones en la estructura del sistema de dirección para su correcto funcionamiento en manejo.
- Verificar que el sistema de dirección, en base a implementación y adaptaciones realizadas, obtenga un funcionamiento óptimo en todos sus componentes.

1.5. Alcance

El presente proyecto tiene como finalidad la correcta investigación de la conformación de partes y funcionalidad del sistema de dirección a utilizar en el vehículo, realizar un mantenimiento preventivo y/o correctivo (en caso de ser necesario) del sistema a implementar en el vehículo tipo buggy. Durante la implementación efectuar pequeñas correcciones, como puede ser cableado u otros objetos que puedan interferir en la implementación o funcionamiento del sistema de dirección.

Una vez implementado el sistema de dirección realizar comprobaciones básicas como por ejemplo de convergencia y Angulo de giro de las ruedas para su respectivo uso en los terrenos irregulares del vehículo tipo buggy.

Lograr obtener un vehículo biplaza tipo buggy con el sistema de dirección funcionando correctamente realizando comprobaciones básicas, lograr mantener la estabilidad, maniobrabilidad y seguridad en el vehículo biplaza tipo buggy; realizando pruebas de funcionamiento y en la movilidad.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Sistema de dirección

El sistema de dirección es la unión de piezas que tienen como fin colocar las ruedas frontales (o directrices) esto ayuda a que el conductor, sin realizar tanto trabajo pueda maniobrar el automóvil, del sistema depende mucho la seguridad del automóvil como la de los conductores es por ello que siempre debe cumplir los siguientes requisitos (Mecánica, 2017):

- **Seguridad:** Depende de la calidad de los elementos, como de la fiabilidad del mecanismo y el buen uso del guía. (Mecánica, 2017)
- **Suavidad:** Evita que sea difícil su operación ya que si se tiene un sistema de dirección muy duro es incómodo y duro de manipular. Al estar bien recubierto y montado con precisión se evita la rigidez del sistema. (Mecánica, 2017)
- **Precisión:** Se puede malgastar la precisión de la trayectoria a causa de un mal funcionamiento entre los distintos mecanismos de dirección, un deterioro o que los neumáticos estén inflados de forma desigual, chasis deformado. (Mecánica, 2017)
- **Irreversibilidad:** Cuando el timón o volante, transmite al sistema un giro, las oscilaciones correctas de las incidencias o irregularidades del terreno no deben ceder de vuelta al volante, para que no falten en un cambio de ruta.(Mecánica, 2017)

2.1.1. Clasificación del sistema de dirección

Los sistemas de dirección se pueden clasificar de la siguiente manera:

Tabla 1

Clasificación del sistema de dirección.

• DIRECCIÓN MECÁNICA	• DIRECCIÓN ASISTIDA
Dirección mecánica por piñón y cremallera	Dirección asistida hidráulicamente
Dirección mecánica por sin fin y rodillo	Dirección asistida hidráulicamente tipo coaxial
Dirección mecánica por sin fin y tuerca con hilera de bolas	Dirección hidráulica de asistencia en la caja de dirección
	Dirección de asistencia electrónica

Nota: Tipos de sistemas de dirección usualmente conocidos.

2.2. Dirección mecánica

Fue el primer sistema de dirección manipulado para los vehículos. Esta dirección trabajaba con la fuerza que utilizaba el conductor al momento de manipular el volante. Al hacerlo un sistema de piñones (ruedas de metal dentadas) giraban únicamente por el esfuerzo generado por el guía. Son comunes en los vehículos cuyo peso sobre el eje directriz es bastante bajo, de tal manera que el par de accionamiento en el timón sea elevado.

2.2.1. Dirección mecánica por piñón y cremallera

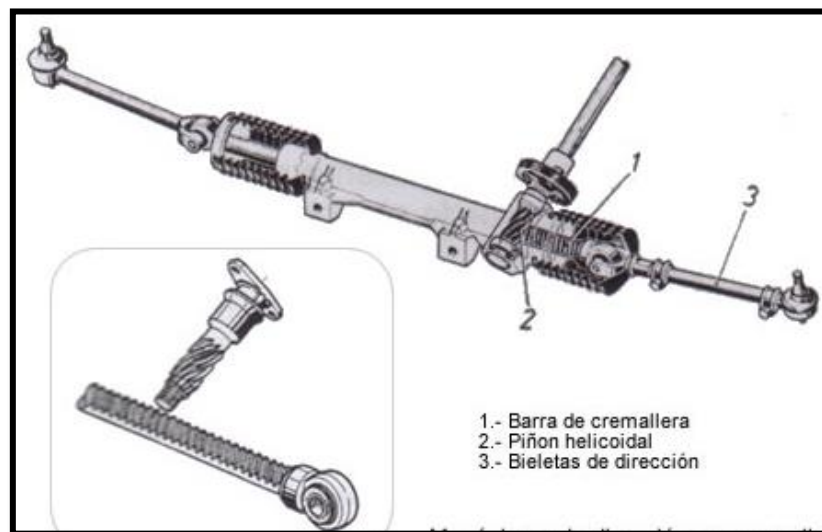
Esta dirección se determina por la simplicidad de su mecanismo desmultiplicado y su simplicidad de montaje, al excluir gran parte de la tirantearía direccional. Va ensamblada

directamente sobre los brazos de acoplamiento de las ruedas y obteniendo un gran rendimiento mecánico.

Debido a su exactitud en el desplazamiento angular de las ruedas se utiliza mucho en vehículos de turismo, sobre todo en los de motor y tracción delantera, ya que reduce notablemente los esfuerzos en el volante. Suministra gran suavidad en los giros y tiene rapidez de recuperación, generando una dirección muy estable y segura para el conductor. El mecanismo está compuesto por una barra (1) tallada en cremallera que la permite desplazarse lateralmente en el interior del cárter. Esta barra es accionada por un piñón helicoidal (2) montado en el árbol del volante y que gira engranado a la cremallera. (Dani Meganeboy, 2014)

Figura 1

Sistema de dirección por piñón y cremallera.



Nota: Partes de dirección por piñón y cremallera. Tomado de: (Dani Meganeboy, 2014)

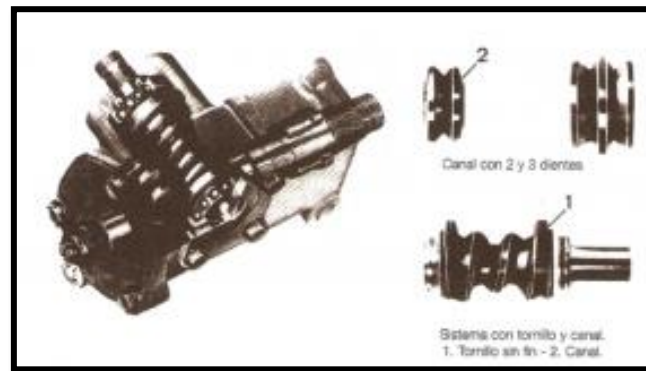
2.2.2. Dirección mecánica por sin fin y rodillo

Este mecanismo de dirección tiene un tornillo sin fin y rodillo en vez del segmento dentado. El tornillo sin fin no es cilíndrico, sino apretado en su parte central (tornillo sin fin globoide). De esta forma, el rodillo de dirección accionado por el tornillo sin fin, puede generar un movimiento sobre su punto medio al girar el volante, voltear el eje del brazo

de mando y rigurosamente, en movimiento basculantes de hasta 90 grados. Las ventajas de este sistema son el reducido deterioro, la suavidad de funcionamiento y el reducido espacio necesario. Puede reacomodar la holgura de la dirección y no presenta juego alguno en marcha en línea recta.(Central de repuestos, 2017)

Figura 2

Sistema de dirección por tornillo sin fin y rodillo.



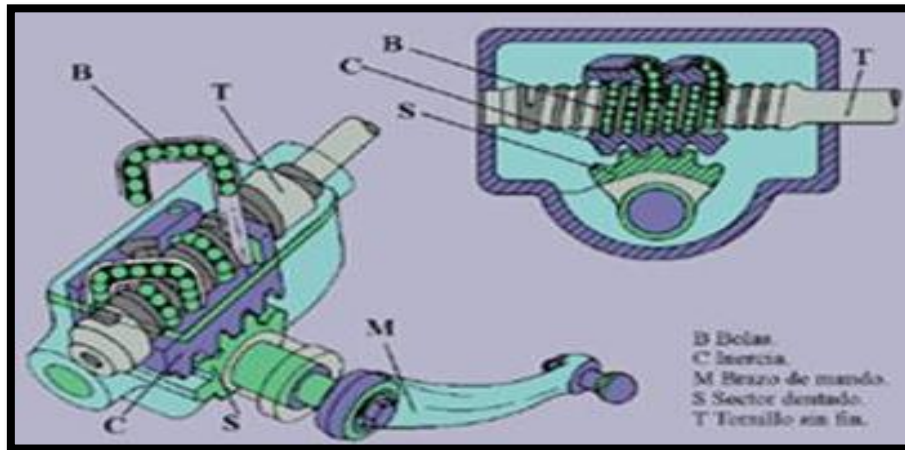
Nota: Partes de dirección por tornillo sin fin y rodillo. Tomado de: (Central de repuestos, 2017)

2.2.3. Dirección mecánica por sin fin y tuerca con hilera de bolas

Se designa también de circulación de bolas. Sobre el tornillo sin fin (T) (fig. 3) lleva una tuerca (C), entre ésta y el tornillo sin fin una hilera de bolas (B) que recorren la hélice del tallado interior del tornillo y de la tuerca. La tuerca lleva grabada una cremallera transfiriendo su movimiento a un sector (S) dentado unido al brazo de mando (M).(Indiobatet, 2013)

Figura 3

Sistema de dirección por tornillo sin fin y tuerca con hilera de bolas.



Nota: Ejemplo de sistema por tornillo sin fin y tuerca con hilera de bolas. Tomado de: (Indiobatet, 2013)

2.3. Dirección asistida

Las direcciones asistidas se designan así ya que ayudan al conductor a oprimir el esfuerzo que aplica girar el volante. Esto se logra mediante mecanismos hidráulicos, de ahí que se le nombren direcciones hidráulicas. Aunque en este momento están brotando los sistemas de asistencia electrónica o EPS y los sistemas SBW con el cual se desvanece la unión física entre las ruedas (el sistema manipula cables y sensores para coordinar y efectuar el giro de las ruedas). Las ventajas de utilizar algún sistema con asistencia son:

1. Disminuye el esfuerzo del conductor ya que reduce la resistencia de la dirección, principalmente en las maniobras para estacionar el vehículo, en las cuales se muestra mayor resistencia al movimiento de giro de ruedas.
2. Reduce el número de vueltas desde un punto muerto hasta el otro en el volante. En general son aproximadamente tres vueltas en total.
3. Mejora la seguridad por una mejor reacción y resistencia a un repentino giro o cambio de dirección.

4. Permite una mayor carga sobre las ruedas, lo que permite a su vez, un mayor espacio de carga o de pasajeros.
5. Disminuye la transmisión, en el volante, de las sacudidas provocadas por las condiciones del camino, las cuales, en una dirección manual, si se transmiten.

2.3.1. Dirección asistida hidráulicamente

La dirección asistida hidráulicamente o naturalmente dirección hidráulica, conserva la base de la dirección mecánica tradicional y se le añaden otros dispositivos para formar fuerza adicional, estos equipos extras son (Autodaewoospark, 2020):

Bomba de dirección: Forma presión hidráulica.

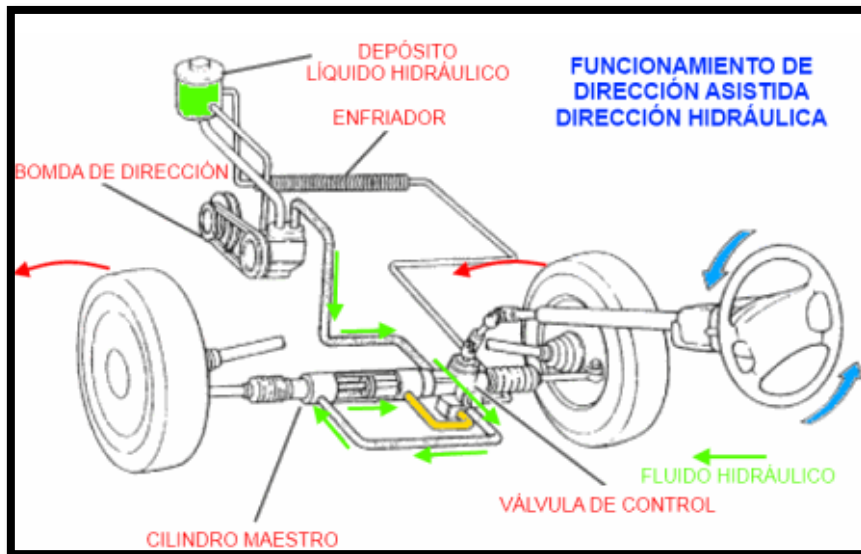
Válvula de control: Controla el paso de fluido de dirección en uno u otro sentido acatado a la dirección de rotación de la rueda del volante. (Autodaewoospark, 2020)

Cilindro de potencia o cilindro maestro: Mueve un pistón a derecha o izquierda con fuerza formada hidráulicamente, de esta manera, ayuda a la operación de dirección del timón.(Autodaewoospark, 2020)

Los mecanismos de dirección asistida o dirección hidráulica se exponen en el siguiente esquema, y también sirve para deducir fácilmente el funcionamiento de la dirección asistida o dirección hidráulica (Autodaewoospark, 2020):

Figura 4

Sistema de dirección asistida hidráulicamente.



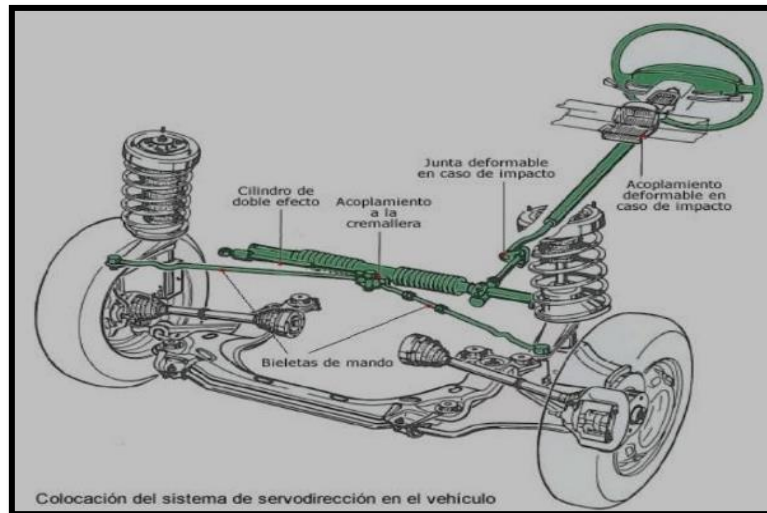
Nota: Funcionamiento de dirección asistida hidráulicamente. Tomado de: (Autodaewoospark, 2020)

2.3.2. Dirección asistida hidráulicamente tipo coaxial

Esta dirección se determina por llevar el sistema de accionamiento hidráulico (cilindro de doble efecto) independiente del mecanismo del multiplicador, empleando el esfuerzo de servo asistencia coaxialmente, es decir, en paralelo con el sistema mecánico. Puede ser aprovechada cualquier tipo de dirección comercial, ya sea del tipo sinfín o de cremallera. El circuito hidráulico está desarrollado por un depósito y una bomba que proporcionan aceite a presión a la válvula distribuidora de mando. Esta válvula conectada a la dirección, es ejecutada al mover el volante y tiene como misión dar paso al aceite a una u otra cara del embolo del cilindro de doble efecto. El cilindro puede ir acoplado en el cuerpo de válvulas o acoplado claramente al sistema direccional de las ruedas (bioletas) como ocurre en las direcciones de cremallera.

Figura 5

Sistema de dirección asistida hidráulicamente tipo coaxial.



Nota: Ubicación del sistema de servodirección en el vehículo. Tomado de: (Efrain, 2012)

2.3.3. Dirección hidráulica de asistencia en la caja de dirección

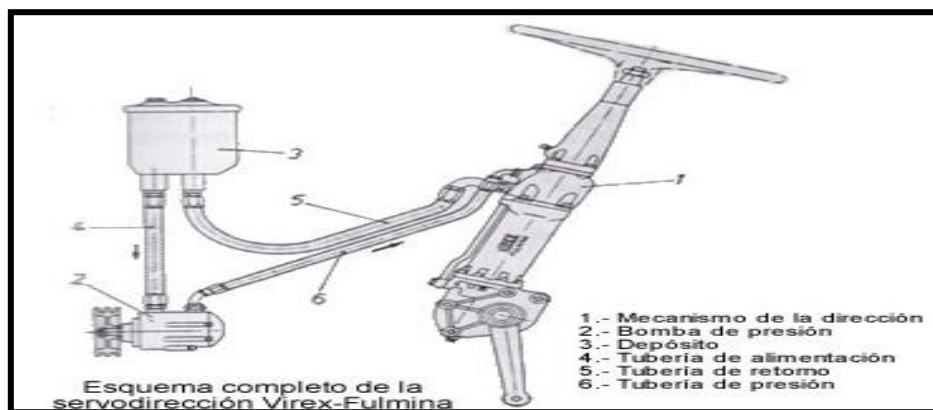
El circuito hidráulico está formado (figura inferior) por una bomba de presión (2) maniobrada por el motor del vehículo y cuya misión es enviar aceite a presión al dispositivo de mando o mecanismo integral (1) de la servodirección. El aceite es aspirado de un depósito (3) que lleva unido un filtro para la depuración del aceite. La conducción del aceite a presión entre los tres elementos se realiza a través de las tuberías flexibles (4, 5 y 6) del tipo de alta presión. (Dani Meganeboy, 2014)

El émbolo del dispositivo hidráulico (figura inferior), albergado en el interior del mecanismo de la dirección, funciona al mismo tiempo como amortiguador de las oscilaciones que se pudieran transferir desde las ruedas a la dirección. Por ejemplo, en caso de un reventón en una de las ruedas, la válvula de distribución reacciona automáticamente en sentido inverso al provocado por el reventón; esto accede al conductor conservar el control del vehículo hasta lograr parar con solo conservar sujeto el volante.

Existe, además, un dispositivo hidráulico de reacción de esfuerzos sobre el volante, correspondiente al esfuerzo realizado por la dirección, que cede al conductor conocer las reacciones del vehículo en todo momento, creando la dirección sensible al mando. (Dani Meganeboy, 2014)

Figura 6

Sistema de dirección hidráulica con asistencia en la caja de dirección.



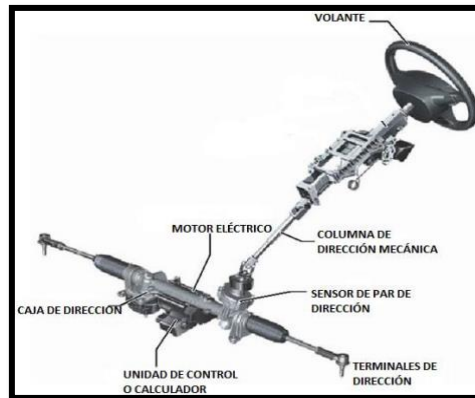
Nota: Esquema de servodirección Virex-Fulmina. Tomado de: (Dani Meganeboy, 2014)

2.4. Dirección de asistencia electrónica

Las direcciones eléctricas o EPS (Electrical Powered Steering) son un tipo de dirección asistida más nueva. Se llaman así porque manipulan un motor eléctrico para formar la asistencia en la dirección. Su principal ventaja frente a las hidráulicas y electro-hidráulicas es que, al no manipular energía hidráulica son más ligeras y simples, pues no requieren de bomba hidráulica. La divergencia con la dirección hidráulica, es que los vehículos equipados con dirección asistida electromecánica se contribuyen de tener un menor consumo de combustible y de nuevas situaciones de seguridad y confort. (Autopartes, 2020)

Figura 7

Dirección de asistencia electrónica.



Nota: Partes de dirección de asistencia electrónica. Tomado de: (Autopartes, 2020)

2.4.1. Características del sistema

- De acuerdo al lugar donde se emplea la asistencia, las direcciones eléctricas se dividen:
 - **Column drive:** Esta en la asistencia en la columna de dirección.
 - **Pinion drive:** Esta en la asistencia en el piñón de la dirección.
 - **Rack drive:** Esta en la asistencia en la cremallera de la dirección.
- Se excluyen los dispositivos hidráulicos como la bomba de aceite para servo asistencia, depósitos de aceite y filtros.
- El líquido hidráulico se extermina.
- Menor ruido.
- Reduce el agotamiento de energía, pues únicamente acabe energía cuando se mueve la dirección.
- En el caso de esta dirección, la bomba se maniobra por un motor eléctrico en el cual el movimiento se adapta al nivel de dirección asistida requerido.
- Cuando el vehículo circula a bajas La dirección eléctrica cuenta con un indicador que se instala claramente en el tablero; si éste se enciende en color amarillo está

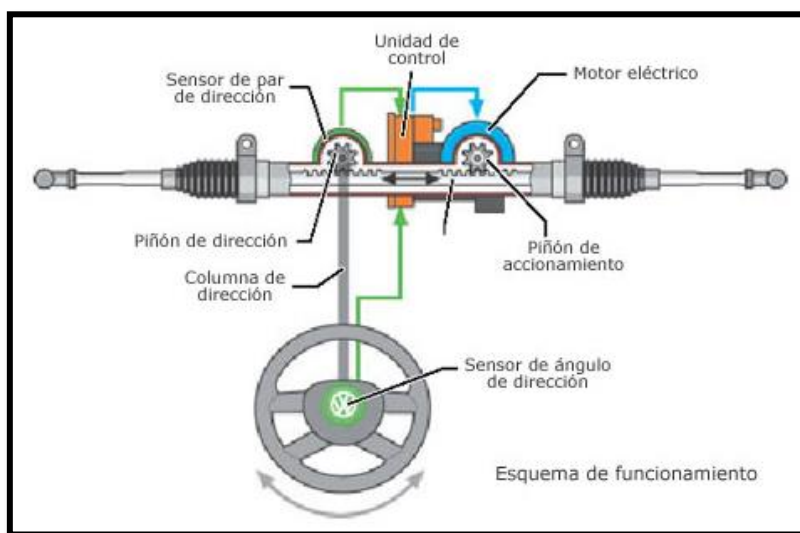
formando un aviso de menor importancia, pero si llega a encenderse en color rojo es necesario acudir seguidamente a un centro especializado.

2.4.2. Funcionamiento general del sistema

Un motor eléctrico promueve un par de asistencia mediante el giro realizado sobre el volante. Este movimiento es usado en las ruedas a través de la cremallera y es rectificado constantemente por las leyes de control, para dominar el esfuerzo de giro del conductor. Las leyes de control de una dirección asistida eléctrica, aguantan además de la asistencia principal, un retorno activo del volante, una compensación de la carga del peso sobre la columna de dirección, nombrada también compensación de inercia y una amortiguación semejante a la de una dirección con asistencia hidráulica. (Auto Avance, 2012).

Figura 8

Esquema de funcionamiento de un sistema de dirección electrónico.



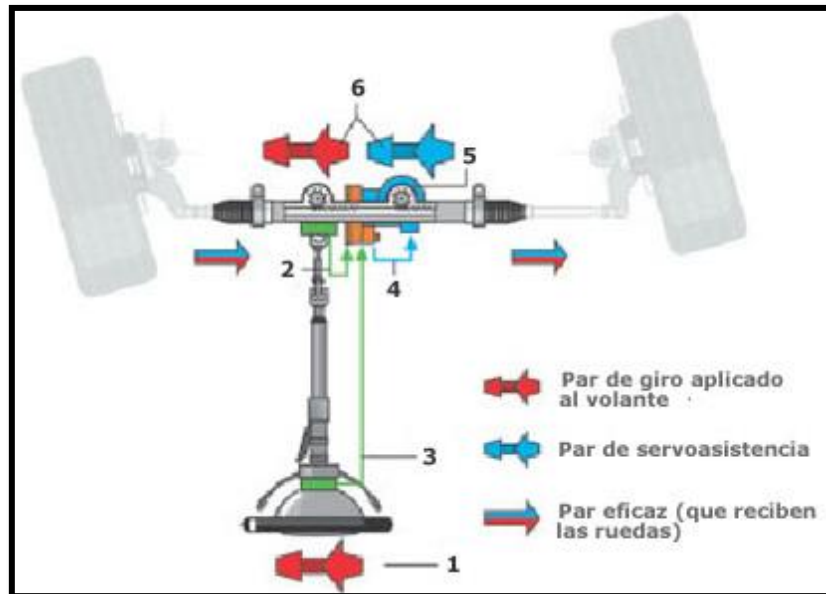
Nota: Funcionamiento del sistema de dirección de asistencia electrónica y sus partes. Tomado de: (Dani Meganeboy, 2015)

2.4.3. Funcionamiento específico del sistema

- a. El ciclo de servo asistencia de dirección aborda al momento en que el chofer mueva el volante.
- b. Como réplica al par de giro del volante se tuerce una barra de torsión en la caja de dirección. El sensor de par de dirección (situado en la caja de dirección) capta la dimensión de la torsión e informa sobre el par de dirección detectado a la unidad de control de dirección asistida.
- c. El sensor de ángulo de dirección, anuncia sobre el ángulo momentáneo y el sensor de régimen del rotor del motor eléctrico informa sobre la velocidad actual con que se mueve el volante.
- d. En función del par de dirección, la velocidad de marcha del vehículo, el régimen del motor de combustión, el ángulo de dirección, la velocidad de mando de la dirección y las curvas características efectuadas en la unidad de control, ésta calcula el par de servo asistencia ineludible para el caso concreto y excita respectivamente el motor eléctrico.
- e. La servo asistencia a la dirección se efectúa a través de un segundo piñón que actúa paralelamente sobre la cremallera. Este piñón es maniobrado por un motor eléctrico. El motor ataca hacia la cremallera a través de un engranaje de sin fin y un piñón de accionamiento y transfiere así la fuerza de asistencia para la dirección.
- f. La suma combinada por el par de giro aplicado al volante y el par de servo asistencia compone el par eficaz en la caja de dirección para el movimiento de la cremallera.

Figura 9

Funcionamiento específico de la dirección electrónica.



Nota: Descripción grafica de funcionamiento de dirección asistida electrónicamente. Tomado de: (Dani Meganeboy, 2015)

2.5. Estructura de la dirección

Para la transmisión el movimiento a las ruedas a través del giro del volante es imprescindible diferentes elementos los cuales pueden variar acatando el diseño del automóvil.

Los dispositivos más comunes son:

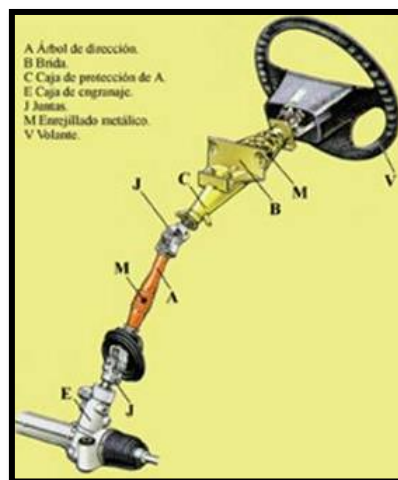
- Volante de dirección
- Columna de la dirección
- Cajetín o mecanismo de dirección
- Tirantería de dirección

2.5.1. El volante de la dirección

El volante de la dirección es el elemento que permite al conductor orientar las ruedas. Este planteado de forma ergonómica, en forma circular con dos radios o más para preparar el manejo y la comodidad. Su misión es oprimir el esfuerzo que el conductor aplica a las ruedas. El volante indica una parte central ancha y unos radios también anchos para intercambiar la carga del impacto por todo el pecho del conductor, en caso de accidente. El árbol de dirección (A), está oculto por una caja C fijada por un extremo (el inferior) en la caja (E) de engranaje de la dirección, y por el centro o su parte superior, en una brida (B) o soporte que lo sujete al tablero o a la carrocería del vehículo. Su extremo superior se une al volante (V). El conjunto árbol y caja componen la columna de dirección.(Indiobatet, 2013)

Figura 10

Árbol de dirección.



Nota: Partes que conforman el árbol de dirección. Tomado de: (Indiobatet, 2013)

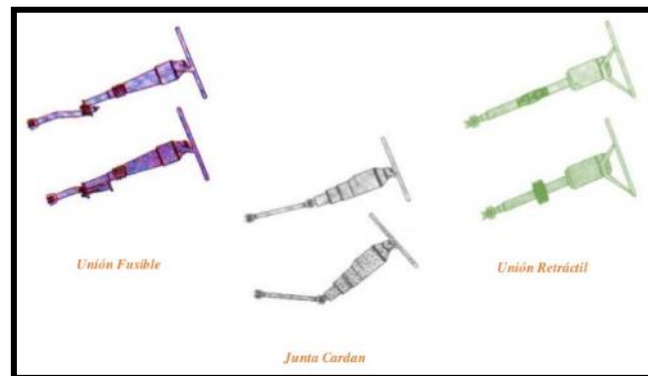
2.5.2. Columna de la dirección

Traspasa el movimiento del volante a la caja de dirección. La columna de dirección tiene una gran influencia en la seguridad pasiva. Todos los autos están equipados con una columna de dirección retráctil, formada por dos o tres tramos con el fin de colapsarse y no producir daños al conductor en caso de colisión. Estos trayectos están

unidos a través de juntas cardan y elásticas diseñadas para tal fin. Reconoce la regulación del volante en altura y en algunos casos también en profundidad, para facilitar la conducción. (Indiobatet, 2013)

Figura 11

Columna de la dirección.



Nota: Tipos de uniones en columnas de dirección. Tomado de: (Nicolás Colado, 2019)

2.5.3. Cajetín o mecanismo de dirección

El movimiento giratorio del volante se transfiere a través del árbol y llega a la caja de dirección que transforma el movimiento giratorio en otro rectilíneo transversal al vehículo. A través de barras articuladas con rotulas, el mecanismo de dirección albergado en la caja comunica el movimiento transversal a las bieletas o brazos de acoplamiento que hacen girar las ruedas en torno al eje del pivote. (Indiobatet, 2013)

2.5.4. Tirantería de dirección

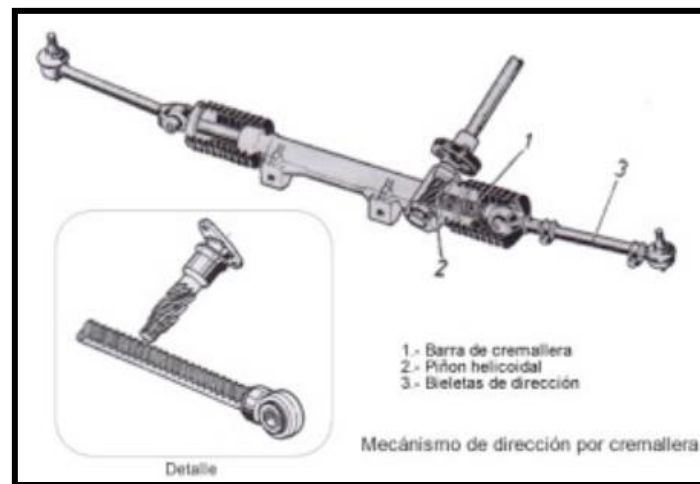
Está compuesta por un conjunto de dispositivos que transmite el movimiento desde el mecanismo de dirección a las ruedas (Sergio, 2018).

1. Biela o palanca de mando.
2. Barra de mando.
3. Brazos o palancas de acoplamiento.

4. Barra de acoplamiento.
5. Manguetas de dirección.
6. Rótulas de dirección.
7. Abrazaderas.

Figura 12

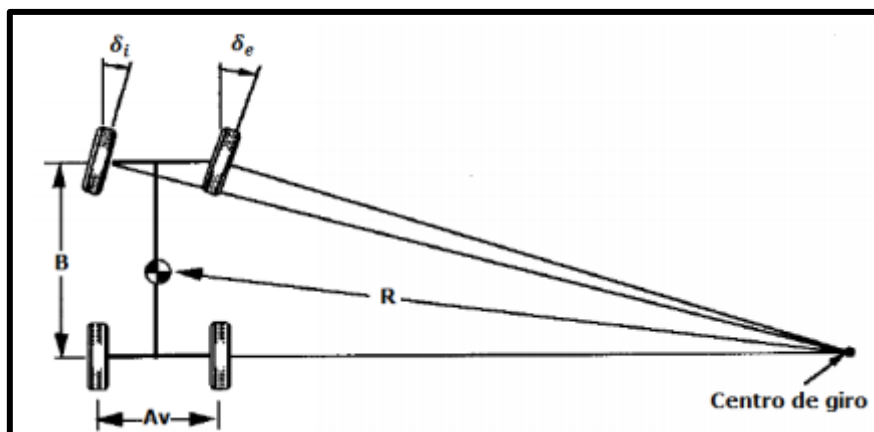
Tirantería de dirección.



Nota: Partes de la tirantería de la dirección por piñón y cremallera. Tomado de: (Sergio, 2018)

2.6. Ángulos de giro de los neumáticos

Se calculan a través del manejo de la teoría de Ackerman y se consiguen los ángulos de giro tanto interior como exterior, de acuerdo a los valores de ancho de vía, batalla B y radio de giro del vehículo R. (Gallardo, 2018)

Figura 13*Geometría de Ackerman.*

Nota: Bases de geometría del ángulo de Ackerman. Tomado de: (Gallardo, 2018)

Los ángulos de giro de las ruedas están dados por las siguientes ecuaciones:

Ángulo de giro interno

$$\delta_i = \tan^{-1} \frac{B}{\left(R + \frac{Av}{2}\right)}$$

Ángulo de giro externo

$$\delta_e = \tan^{-1} \frac{B}{\left(R + \frac{Av}{2}\right)}$$

Dónde:

R= Radio de giro [m].

B= Batalla o distancia entre ejes [m].

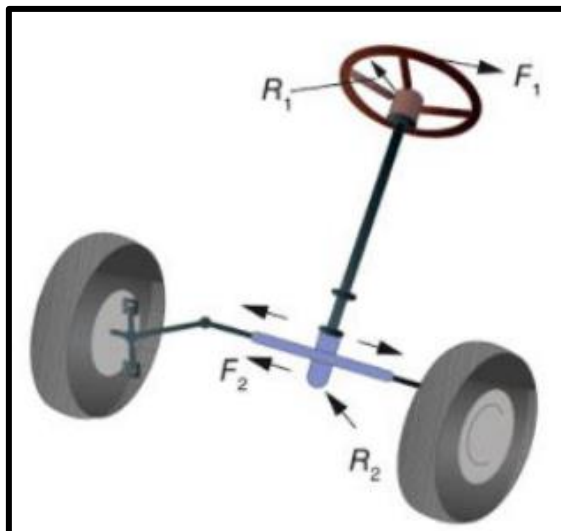
Av= Ancho de vía [m].

2.7. Esfuerzo sobre el mando de dirección

Fuerza realizada sobre el mando de dirección para direccionar las ruedas del auto

Figura 14

Relación de esfuerzos a transmitir.



Nota: Esquema de esfuerzos transmitidos desde el volante hacia las ruedas. Tomado de: (Gallardo, 2018)

Las fuerzas aplicadas y obtenidas son inversamente proporcionales a los radios de giro, ya que el tiempo de esfuerzo en el volante es igual al momento involucrado en la caja de dirección, entonces:

$$F_1 * r_1 = F_2 * r_2$$

Y que el par de giro es igual al producto de la fuerza por la distancia.

$$T = F_1 * r_1$$

Entonces:

$$F_1 = \frac{T}{r_1}$$

Dónde:

T = Torque [N.m].

r1 = Radio del volante de dirección [m].

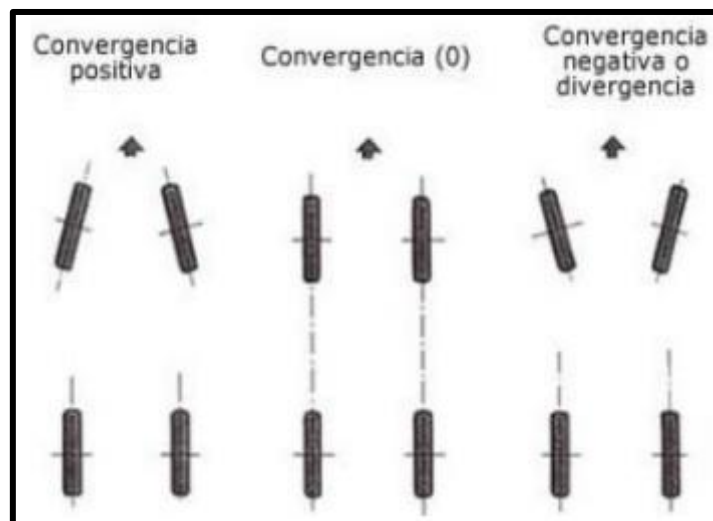
F1 = Fuerza necesaria para girar el volante de dirección [N].

2.8. Convergencia

La convergencia es la divergencia que existe en la distancia entre los planos interiores y posteriores de la rueda frontal. Se dice que hay convergencia positiva cuando los planos medios de la rueda tienden a cerrarse en la parte delantera y convergencia negativa (divergencia), cuando los planos medios de las ruedas tienden a cerrarse en la parte posterior de la rueda, como se observa en la **figura 15**. Lo ideal es que el auto presente convergencia positiva para que el sistema de dirección se mantenga en tensión y se reduzca las vibraciones. Este valor de convergencia está comprendido entre 0-4 (mm). (Gallardo, 2018)

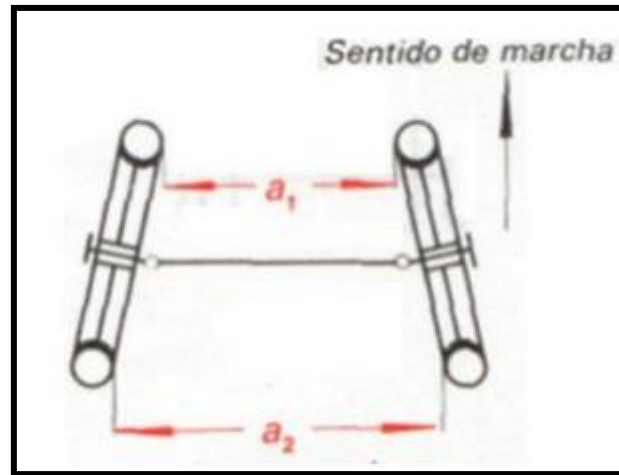
Figura 15

Convergencia positiva, convergencia 0 y divergencia.



Nota: Tipos de convergencia en ruedas delanteras del auto. Tomado de: (Gallardo, 2018)

Fórmula para el cálculo de convergencia

Figura 16*Convergencia.*

Nota: Bases de cálculo de Convergencia de las ruedas. Tomado de: (Gallardo, 2018)

$$C = a_2 - a_1$$

Dónde:

C = Convergencia [mm].

a_2 = Distancia entre las llantas por detrás a media altura de las ruedas [mm].

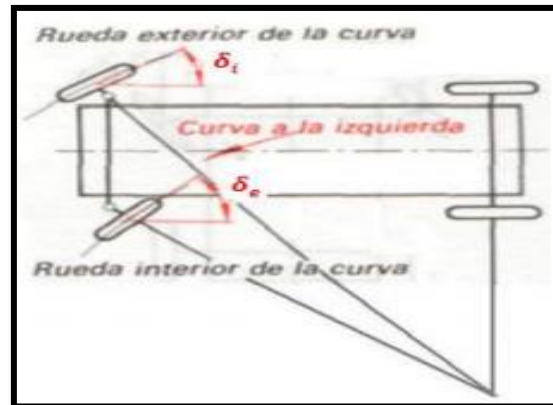
a_1 = Distancia entre las llantas por delante a media altura de las ruedas [mm].

2.9. Ángulo de convergencia

Es la divergencia entre los ángulos de giro externo e interno, debido a que la rueda interior gira un poco más que la rueda exterior en una curva.

Figura 17

Ángulos de giro de las ruedas delanteras.



Nota: Esquema de ángulo de giro de las ruedas delanteras. Tomado de: (Gallardo, 2018)

$$\gamma = \delta e - \delta i$$

Dónde:

γ = Ángulo de convergencia [°].

δe = Ángulo de giro externo de la rueda interior [°].

δi = Ángulo de giro interno de la rueda interior [°].

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1. Selección de alternativas

En este capítulo se detalla la descripción física y de funcionamiento que forma parte del sistema de dirección, el análisis y selección de los componentes del proyecto desarrollado, para esto se realizó la adquisición de un automóvil Volkswagen Brasilia, el sistema de dirección de este auto es el que se acopló al vehículo biplaza tipo buggy el cual fue fabricado de manera artesanal.

En este proyecto técnico se explica paso a paso las alineaciones necesarias para la implementación del sistema de dirección, esto se realiza en un vehículo biplaza tipo buggy homologado, el cual ayuda al desarrollo de la práctica y el mantenimiento del sistema de dirección, además se describe de manera detallada todo el sistema, también se puntualiza como se identifica las partes del sistema, el proyecto es ejecutado para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de las Fuerzas Armadas ESPE-L Extensión Latacunga. A continuación, realizo una evaluación de los sistemas de dirección comúnmente utilizados en los vehículos y cuál es el mejor sistema para utilización en vehículos biplaza tipo buggy:

Tabla 2*Ventajas y desventajas de los sistemas de dirección.*

Dirección Electro Asistida	Dirección Hidráulica	Dirección por Tornillo sin Fin
<p>Ventajas</p> <p>Suavidad de manejo. Regula la fuerza en el volante.</p>	<p>Ventajas</p> <p>Suavidad de manejo. Comodidad y retroalimentación.</p>	<p>Ventajas</p> <p>Simplicidad del sistema. Sistema preciso y rápido. No necesita fuente de energía. Fácil adaptación. Espacio Reducido.</p>
<p>Desventajas</p> <p>Sistema complejo. Costo elevado en mantenimiento y adquisición.</p>	<p>Desventajas</p> <p>Mantenimiento y costo de adquisición. Instalación compleja. Adaptaciones a motor</p>	<p>Desventajas</p> <p>Sin suavidad de manejo.</p>

Nota: Cuadro comparativo de elección de sistema de dirección para vehículo biplaza.

En conclusión, opte por el sistema mecánico de tornillo sin fin debido a su simplicidad, al ser la base de un sistema de dirección, con gran precisión en su maniobrabilidad, bajo costo de mantenimiento y adquisición; son los más recomendados y utilizados por vehículos de competencia, al no contener muchos mecanismos lo convierten en un sistema seguro en el manejo.

3.1.1. Clasificación de los sistemas de dirección

En la siguiente figura se representa la clasificación de los tipos de sistemas de dirección existentes y que son de uso común en la actualidad, esto se lo realiza con el fin de conocer cuál es la alternativa más eficiente a implementarse.

Tabla 3

Clasificación de los sistemas de dirección.

CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE DIRECCIÓN	
<p>Por el tipo de mecanismo</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Por tornillo sinfín</i> ○ <i>Por cremallera</i> 	<p>Por su accionamiento</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Servo-asistidas</i> • <i>Asistencia Eléctrica</i> En la columna de dirección En la cremallera de dirección • <i>Asistencia Hidráulica</i> Con bomba eléctrica Con Bomba mecánica • <i>Asistencia Electrónica</i> Mediante Joystick

Nota: Clasificación de los diferentes tipos de sistemas de dirección.

3.1.2. Criterios de selección

Para la correcta selección del sistema de dirección idóneo, se evalúa las mejores opciones que cumplan las expectativas del macro proyecto utilizando los siguientes criterios:

- Costo de accesibilidad y adquisición
- Tamaño del sistema
- Peso
- Fuente de energía
- Estabilidad
- Seguridad
- Mantenimiento

Costo: El sistema de dirección a emplearse debe tener un costo accesible y de fácil adquisición además de brindar buena calidad.

Tamaño del sistema: De acuerdo a las necesidades del vehículo el sistema debe tener un espacio restringido o modificado a las dimensiones del vehículo biplaza.

Peso: Debe tener un peso que permita conllevar al vehículo biplaza la autonomía esperada en su funcionamiento.

Fuente de energía: Una parte importante y determinante es la eliminación de componentes adicionales para accionar el sistema de dirección en el vehículo biplaza, ya que incrementan peso, volumen y consumo de energía.

Estabilidad: Tener una disposición adecuada de sus elementos, ya sea en curva o en línea recta brindar una trayectoria determinada.

Seguridad: Para evitar fatiga en los componentes y minimizar el riesgo de peligro en su funcionamiento, el sistema debe estar sobredimensionado de manera eficiente.

Mantenimiento: Para un fácil mantenimiento los componentes deben tener una disposición adecuada para acoplarse y desacoplarse de manera sencilla.

3.2. Análisis del estado técnico actual del sistema de dirección del vehículo Volkswagen Brasilia

El sistema de dirección actual del Volkswagen Brasilia tiene un accionamiento mecánico, proporcionado originalmente por el vehículo base que es un Volkswagen Brasilia para la implementación en el vehículo biplaza tipo buggy, consta de los diferentes elementos como:

- Volante
- Columna de dirección
- Caja de la dirección
- Brazo de mando
- Terminales de dirección
- Manguetas

El estado, la funcionalidad y las aplicaciones de cada uno de los elementos del sistema de dirección del vehículo está en óptimas condiciones, esto se determinó a través de un análisis previo a la adquisición del vehículo ya que el mismo sistema de dirección del auto es utilizado y empleado en el automotor biplaza tipo buggy, adicional se realizó el respectivo mantenimiento del sistema de dirección previo a su implementación en el vehículo biplaza tipo buggy.

3.3. Análisis de los requerimientos para la adaptación de los elementos y componentes del sistema de dirección

Se deben tener en cuenta las prestaciones, las resistencias y el trabajo de cada uno de los elementos que tienen que estar sujetas al automotor biplaza tipo buggy, como por ejemplo el peso del mismo, con o sin carga, las distancias aceptables a las que debe detenerse de acuerdo a la velocidad que circule el ángulo de giro dado en las prestaciones pertinentes del vehículo.

Estos y más parámetros se deben tener en cuenta al momento del realizar la implementación de este sistema de dirección mecánica. Por ello se ha escogido los siguientes componentes:

3.3.1. Barras de acoplamiento

De forma original las barras tienen diferentes medidas de longitud, la modificación realizada permite tenerla misma distancia de longitud de las barras de acoplamiento y poder adaptarlas de forma eficaz y consigo evitar el roce con otros componentes del vehículo.

Figura 18

Barra de acoplamiento.



Nota: Barra de acoplamiento implementada en el vehículo biplaza.

3.3.2. Caja de dirección

La caja de la dirección que ha sido adaptada al sistema, consta de características similares a todos los sistemas de dirección automotrices ya que estos utilizan una caja de engranajes (también conocida como “caja o cajetín de dirección”) según el diseño de este sistema se puede clasificar como: tipo “piñón y cremallera” y “tipo integral” (también llamado “tornillo sin fin” entre muchos otros nombres). Ambos sistemas de dirección son sumamente eficientes de acuerdo con su aplicación, el primero es recomendado para vehículos livianos por sus características de precisión, poco peso y diseño de fácil ubicación en compartimientos de motor con poco espacio; el segundo es más recomendado para vehículos pesados, así como camiones ya que su construcción es más robusta. Como se puede mostrar las necesidades de la implementación de estos nuevos componentes ha sido de mucha importancia debido a las especificaciones técnicas a cumplir cada uno de estos elementos.

Figura 19*Caja de dirección.*

Nota: Caja de dirección acoplada en el vehículo biplaza.

3.3.3. Herramientas y materiales a utilizar

Las herramientas y materiales que se necesitarán tanto para el desmontaje del sistema de dirección del Volkswagen como para su implementación en el vehículo tipo buggy se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 4*Lista de herramientas y materiales.*

Herramientas	Materiales
Juego de copas y dados	Líquidos
Juego de llaves(mixtas)	Grasa
Destornilladores	Gasolina
Martillos	Calibrador
Pistola neumática	Lija
Playas y alicates	
Soldadora	Electrodos

Nota: Listado de herramientas utilizadas en la implementación del sistema de dirección.

3.4. Ensamblaje de los componentes en el sistema de dirección

Para acoplar el sistema de dirección del Volkswagen Brasilia en el vehículo tipo buggy se tuvo que adaptar el sentido de los brazos de dirección para que al momento de adecuarlo en la estructura del automóvil no tenga inconvenientes para realizar giros y no se friccionen y producto de ello se rompan, procedimiento que se detallará a continuación:

- Se realizó el desmontaje de toda la parte interna del Volkswagen, para retirar la antigua carrocería y todo el interior para ser utilizados en la nueva estructura de acuerdo a las características del nuevo automotor se modificarán o utilizarán las mismas piezas.

Figura 20

Desmontaje de las piezas del Volkswagen Brasilia.



Nota: Desmontaje de piezas de vehículo adquirido para base del proyecto.

- En este caso el sistema de dirección se desmontó de la carrocería del automóvil original, para su implementación en la nueva estructura del automotor tipo buggy, para esto se realizó la estructura del buggy para así dimensionar toda su parte interna.

Figura 21

Estructura de automóvil biplaza tipo buggy.



Nota: Estructura terminada previo a implementación de sistemas del vehículo biplaza.

- El sistema de dirección del automóvil Volkswagen Brasilia tenía partes que por las condiciones ambientales y sus propias características que son propensas a la corrosión estaban en esos entornos por lo cual se procede a limpiar, lijar y pulir cada una de las partes afectadas.

Figura 22

Rótulas y brazo pitman oxidados.



Nota: Rotula y brazo pitman previo a limpieza de oxidación.

- Para que la caja de la dirección se estabilice se utiliza el tubo original del tren delantero del escarabajo para que se sujete y no permita que se desprenda al momento de que el auto se movilice, se agarra con los terminales que se unen al brazo pitman al cual se le retiro el cacho de la dirección este sirve para los topes de la dirección que por la ubicación actual se limita por si sola.

En la figura se observa que el tren original es el de la flecha verde el cual tiene una dimensión de 180 mm y el de color naranja es el tubo modificado para que cumplan el objetivo de sostener a la caja y no se mueva o desestabilice por ningún motivo.

Figura 23

Fijamiento de la caja de dirección en el buggy.



Nota: Caja de dirección implementada en estructura del vehículo.

- Al estar en el centro la caja de dirección las barras que se encuentran desde el brazo pitman hasta la mangueta de la dirección y las dos barras tendrán la misma dimensión que es de 550 mm, ya que originalmente la barra izquierda era más corta que la derecha y en el brazo pitman se invirtió los terminales para que ingre por la parte inferior y así evitar cualquier rose con las mesas.

Figura 24

Dimensión de las barras de dirección.



Nota: Dimensión de barra de dirección implementada en vehículo biplaza.

- La rótula original normalmente esta sujeta por la parte superior, pero al momento de su implementación se invirtió la posición de los cachos de la dirección ya que

esto evita el choque entre la barra de la dirección con el brazo de suspensión superior y para tener una altura precisa para que al momento que la suspensión suba o baje y no exista un roce, se realiza un corte que le deje estabilizada.

Figura 25

Modificación de la rótula.

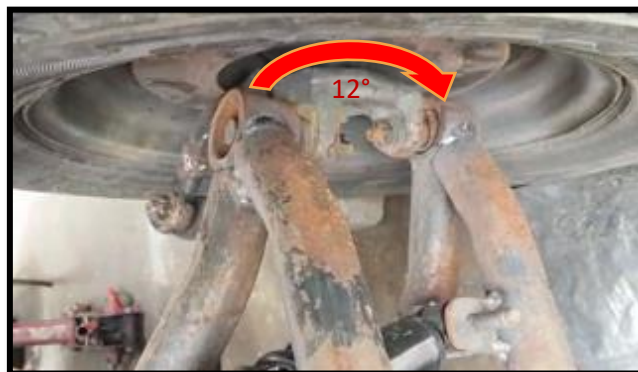


Nota: Rotula modificada e implementada en el vehículo.

- En cuanto a las manguetas la inclinación de cáster es de 12° para tener una mejor adherencia en las curvas ya que la parte delantera es liviana, y así las llantas delanteras se inclinan ligeramente, el ataque, el agarre y el efecto de retorno de la dirección al momento de salir de la curva sean más óptimos, mientras más ángulo más rapidez y como efecto se endurece la dirección.

Figura 26

Ángulo del cáster.



Nota: Angulo de Caster implementado en el vehículo.

- Al realizar las modificaciones necesarias para la implementación del sistema de dirección en la estructura del automóvil tipo buggy se procede a soldar mediante

soldadura SMAW eléctrica con electrodo 316L-16 debido a su gran cantidad de penetración y fundiciones netamente de aleaciones; y seguidamente lijar, pulir y pintar las partes del sistema para una buena estética y se eviten más corrosiones en estas.

Figura 27

Pintura y soldadura de las partes de las manguetas.



Nota: Descripción grafica de proceso de pintura y soldadura de componentes del sistema de dirección a implementarse en el vehículo.

- Ya listas las piezas para la implementación del sistema de dirección en el buggy se procede a instalarlas correctamente en el vehículo biplaza.

Figura 28

Implementación y montaje del sistema de dirección.



Nota: Barra de acoplamiento implementada en el vehículo.

Terminada la implementación de todos los componentes en el vehículo biplaza se procede a colocar las ruedas del vehículo, estas al ser un vehículo de competencia

desempeñan un papel importante en el sistema de dirección al requerir agarre del sistema de dirección en las curvas y los diferentes tramos del terreno por el cual conducimos el vehículo.

De manera necesaria se colocó el tanque de combustible en la parte delantera del vehículo biplaza para no correr el riesgo de tener poco agarre por falta de peso y conseguir mejor estabilidad del sistema de dirección.

3.5. Manual de Taller

Este manual de mantenimiento será elaborado con todo lo aprendido durante los años transcurridos en las distintas aulas y talleres de la institución se recomiendan seguir al pie de la letra todos los ítems que se los designa a continuación. Y en base al decreto 2400 que trata sobre la regulación del área de trabajo, higiene y seguridad reglamentada en esta resolución, también podemos resaltar que las instalaciones, máquinas, aparatos, equipos, servicios de agua potable, desagüe, gas industrial tuberías de flujo, electricidad, ventilación, calefacción, refrigeración, deberán reunir los requisitos exigidos por las reglamentaciones vigentes, o que al efecto se dicten. Por tal motivo en este proyecto de tesis se hace énfasis en el tratamiento de residuos que se desecharán al momento de la reingeniería o al momento de hacer el mantenimiento respectivo, tal es el caso de los lubricantes que se van a usar como el de la dirección y el líquido de frenos de existir, a estos materiales se les debe dar un trato especial, almacenarlos en lugares indicados y no mezclarlos con el agua. De igual forma con el resto de líquidos que se usaran en esta tesis, como es el líquido de frenos que siempre se le debe dar trato aparte. Por tal motivo también se recomienda siempre tener el espacio indicado para cada trabajo como lo de esta resolución, que para trabajos industriales o del área automotriz exige que nuestra área de trabajo para cualquier cambio o mantenimiento se deba tener un área que conste con las siguientes medidas: Altura de 3m o más, ancho mínimo de 2m, paredes debidamente terminadas, distancias considerables entre máquinas.

Advertencias y medidas de seguridad

Para realizar cualquiera de los trabajos que impliquen algún tipo de peligro al operario de acuerdo a la manipulación de equipos y herramientas automotrices, se necesita sobre guardar todas las medidas de seguridad adecuadas para de esta manera proteger su bienestar y evitar daños y lesiones.

- Sistemas de ventilación eficientes y dispositivos de extracción localizada de contaminantes químicos.
- Modifique, desarme y arregle lo que realmente es causante del daño.
- Siempre para cualquier trabajo usar un EPP (equipo de protección personal), que en este caso será: overol, zapatos adecuados.
- Analizar el problema que sea causante de las fallas en el sistema de dirección, revisar cuidadosamente y luego realizar las acciones necesarias.
- Siempre revisar el correcto ajuste de todos los componentes manipulados.
- Ser cuidadosos al momento de entregar sea cual sea el trabajo, ya que ante cualquier actividad que se realice, probar el buen funcionamiento del mismo.

Es muy importante puntualizar que el trabajo antes mencionado se lo debe hacer con personal capacitado con conocimientos en el área automotriz para que de esta manera se pueda efectuarlo sin ningún riesgo y se pueda evitar cualquier tipo de accidente.

3.5.1. Manual de operación de sistema de dirección

En cuanto a seguridad se trata siempre debemos basarnos en algo o guiarnos de alguna ley o mandato para saber a qué tenemos en caso que nosotros incumplamos con las 80 normas de seguridad y en caso que llegara a suceder accidente podamos apelar sobre las garantías que nosotros debemos contar.

Advertencia. Siempre antes de dar uso a cualquier vehículo siempre revisar el funcionamiento exhaustivo de la dirección entre estos el líquido hidráulico contaminado es la primera causa de daño o de problemas en la misma.

a. En el arranque

El sistema de dirección anterior al instante del encender el vehículo se verificara y realizará una inspección de rutina por los diferentes componentes del sistema de dirección, al ser un vehículo artesanal y de uso en terrenos irregulares, los componentes pueden sufrir golpes o desgaste por fricción.

b. En cada instante de conducción

Como se sabe más de los conocimientos adquiridos anteriormente el uso de direcciones asistidas es para mejorar la maniobrabilidad del conductor ya sea al momento de reacción violenta para evitar cualquier tipo de accidentes ya que existen neumáticos de baja presión y problemas de adherencia a la superficie de contacto.

3.6. Mantenimiento preventivo

De acuerdo con la implementación de los nuevos componentes del sistema, vamos a tener en cuenta que requieren tratamientos y a tiempo para evitar daños en los mismos.

3.6.1. Tirantería de dirección

Se debe realizar pruebas de desenvolvimiento de los órganos de mando para constatar cuantas revoluciones hay para su ángulo de giro de las ruedas. Se deber tener la precaución al momento de realizar esta prueba, ya que dependiendo de la superficie va a variar la fuerza necesaria para girar el volante.

3.6.2. Timón o Volante

Como el volante es el órgano centrar de mando y manipulación de la dirección debemos observar que se encuentre con una fricción correspondiente a los requerimientos totales de las manos del conductor para que de esta manera no se haga difícil el desenvolvimiento al momento de su utilización.

3.6.3. Columna de la dirección

Como este elemento es el encargado de transmitir las vibraciones de las ruedas y de los órganos de mando de los debe tener muy en cuenta todo lo que se refiere a la transferencia de las vibraciones para así absorberlas ya que en caso de algún accidente frontal este representa un serio peligro para el conductor.

3.6.4. Amortiguadores

Los amortiguadores son los encargados de controlar los movimientos de pivote de las ruedas para evitar cualquier tipo del derrape y otros volantasos por lo que se debe hacer:

- Llevarlo al límite al vehículo para que de esta manera poder diagnosticar a través de vibraciones en qué estado se encuentra este elemento
- El agarre del vehículo se deteriorará
- Se debe sentirlo directamente las vibraciones al volante si este se encuentra ya en condiciones para el mantenimiento respectivo.

Lo que luego se lo debe hacer es pulverizar los pernos que hay que desenroscar, una vez que se encuentre ya afuera este elemento se los debe hacer las pruebas pertinentes de compresión para ver cuánto suspende y según esto darle valor de un control de calidad.

3.6.5. Rótulas de la dirección

Cuando en el taller mecánico se observa que la rótula presenta juego se la debe cambiar, este tipo de mantenimiento es muy importante ya que si carece de grasa su desgaste es mucho mayor, y de esta manera evitamos que se zafe la cuenca y se desplome la llanta.

3.7. Mantenimiento correctivo

3.7.1. Reparaciones y sustitución

Advertencia. Cuando deba realizarse cualquier trabajo de reparación o sustitución, siempre hay que tener muy en cuenta que las partes o accesorios a cambiar cumplan con las medidas y características técnicas que las que van a ser reemplazadas. Esto ayudara a que el sistema no varié su funcionamiento ni sus propiedades de trabajo y el acoplamiento al mismo.

3.7.2. Tirantería de la dirección

- Luego de haber transcurrido 3 años o más cambiar la tirantearía de la dirección.
- Verificar cuando hay un golpe frontal y directo se pierde direccionalidad no se puede reparar hay que reemplazar.

3.7.3. Volante de la dirección

Técnicamente sabemos que el volante es el órgano de mando de la dirección con este elemento sabemos dar el giro correcto para direccionar el vehículo, pero también tenemos el conocimiento que este mecanismo es estético ya que se lo debe reemplazar cuando no exista ya un límite de fricción elegido por el conductor.

Al mantener el mismo volante del vehículo Volkswagen Brasilia aseguramos un correcto acoplamiento del sistema original en el vehículo biplaza, el cuidado y mantenimiento debe ser bien ejecutado y de manera técnica, con eso garantizamos un correcto funcionamiento y prolongar vida útil al volante.

3.7.4. Eje de la columna de la dirección

- Luego de haber transcurrido 3 años o más cambiar los elementos del eje de la columna de la dirección.

- Este elemento a parte de sus años de vida útil se lo debe reemplazar cuando el conductor aprecie de una manera agresiva las vibraciones de la calzada hacia el volante ya que esto significa que ya se encuentra en mal estado todos sus componentes.

3.7.5. Amortiguadores de la dirección

Son elementos fundamentales de la dirección que se los debe cambiar cada 2 años o 150000 km, ya que de esto depende evitar los derrapes y la estabilidad del vehículo.

Además de ello siempre debemos realizar una inspección visual en cada uso del vehículo, en caso de encontrar anomalías o desgaste mientras tengamos uso del vehículo biplaza.

3.7.6. Rótulas de la dirección

Estos elementos de la dirección están en constante flexión ya que por este motivo necesitan una inspección frecuente de lubricación con grasa y si existe algún tipo de juego donde va ensamblado es necesario reemplazarla ya que con esto evitamos que la rueda se deshabilite y correr el peligro de que se salga. El lubricante reduce el rozamiento y el desgaste, prolonga la vida útil y protege contra la corrosión. En el dimensionado de la rótula hay que tener en cuenta que el punto de apoyo esté suficientemente alimentado de lubricante.

3.8. Alineación

Terminada la construcción y mantenimiento necesario en el sistema de dirección se procede a alinear las ruedas delanteras para procurar que mantengan un desgaste uniforme durante el uso de estas y por lo tanto alargar su vida útil.

La alineación se la realiza en un centro especializado, brindando un correcto proceso y dejando en óptimo funcionamiento el sistema de dirección.

Al iniciar el proceso de alineación en el vehículo empezamos con la inspección visual de todos los componentes del sistema de dirección, siendo los bujes, manguetas, rotulas, frenos y holguras de dirección.

En este caso el vehículo está completamente pintado y con componentes nuevos, así que no hubo problema al momento de la inspección.

Figura 29

Inspección visual de los componentes de dirección.



Nota: Visualización de componentes del sistema de dirección.

Realizamos una inspección visual de los neumáticos del vehículo para comprobar si tienen algún desgaste uniforme y disperejo en la rueda, al tener desgaste profundo o que no tenga la holgura necesaria para transitar se procede al cambio del neumático de ser necesario, caso contrario lo podemos cambiar de posición en el vehículo para que el desgaste no continúe en esa zona del neumático y poder utilizar el neumático en un próximo uso.

Figura 30

Inspección visual del neumático.



Nota: Visualización de estado de neumáticos del vehículo.

Bloqueamos el volante para mediante el uso del equipo de alineación, saber los ángulo de caster y máximo ángulo de giro, que es lo más importante el vehículo biplaza; dando como resultado 12° de caster, añadiendo que al ser un vehículo modificado el máximo ángulo de giro se da de manera independiente debido a su construcción, básicamente el vehículo obtiene el máximo giro del volante por sí solo.

Figura 31

Vista de neumático en giro máximo.



Nota: Visualización de giro máximo de las ruedas.

Continuamos con el proceso de alineación en el vehículo con los procesos necesarios.

No obstante, el vehículo al ser tipo buggy rodara por terrenos irregulares y a grandes velocidades, por lo tanto, siempre se debe realizar una inspección y mantenimiento debido antes y después de cada uso en el vehículo biplaza.

3.9. Prueba de Funcionamiento del Sistema

Culminado el proceso de implementación del sistema de dirección en el vehículo biplaza tipo buggy se procede a verificar que todo el sistema funcione de manera correcta y no existan problemas de funcionamiento.

La prueba está trazada en una ruta que contiene diferentes tipos de vías, además de existir rectas, curvas, obstáculos pequeños como baches, para poder observar y especialmente sentir el funcionamiento del sistema en diversos obstáculos, comprobando la eficiencia del sistema de dirección en diferentes tramos de vía.

Se elaboró una Hoja de Ruta en forma de Road Book para mejor ubicación del tramo de vía a recorrer, iniciando en el sector California Alta en el Norte de Quito, a la altura de la calle Luis Murialdo y terminando en el mismo lugar.

Al empezar el trayecto se pudo constatar que el sistema funcionaba correctamente, se pudo iniciar la ruta en una vía asfaltada con pequeños tramos en arreglo, al pasar por ellos el sistema no presento falta de vibraciones ni el chofer pudo sentir inseguridad al manejarlo.

Figura 32

Vista de trayecto de la hoja de ruta.



Nota: Vista de trayecto dentro del habitáculo del vehículo.

Se constató al pasar por un bache que el sistema de igual manera trabaja de forma excelente, no existe sonidos extraños y de igual manera el volante no genera volantasos en terrenos irregulares, el volante al tener un diseño ergonómico original del vehículo Volkswagen Brasília permite una comodidad al manejo en curvas y terrenos irregulares antes, durante y después de pasar por los obstáculos.

Figura 33

Vista de paso del vehículo por un rompe velocidad.



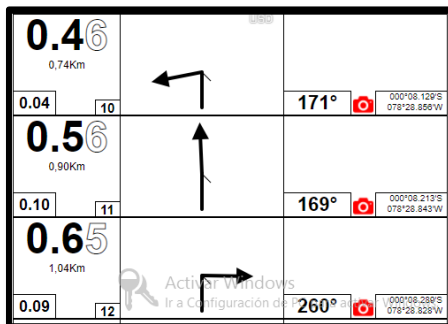
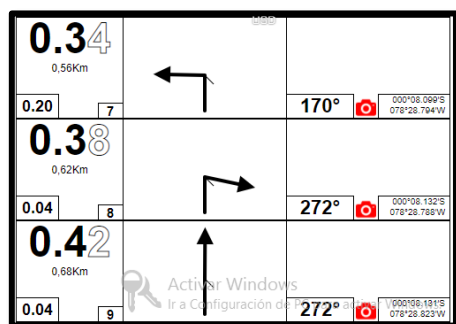
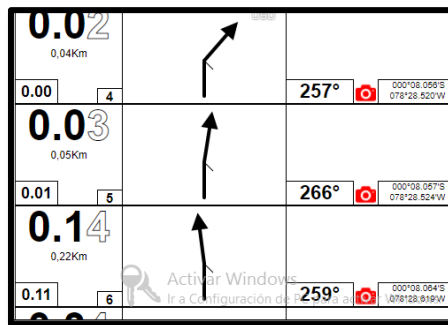
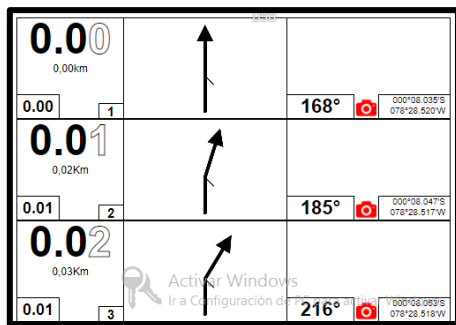
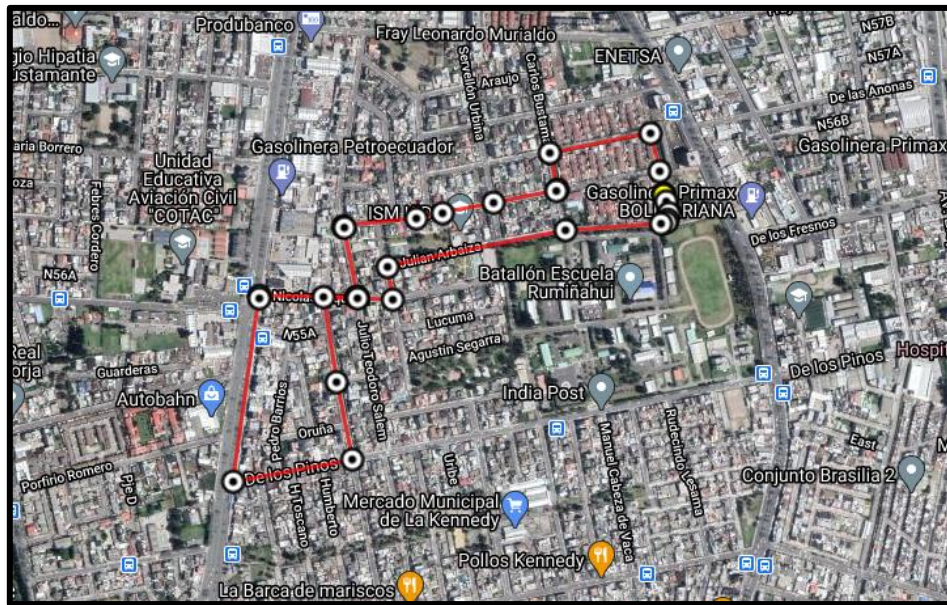
Nota: Visualización de vehículo pasando por un bache.

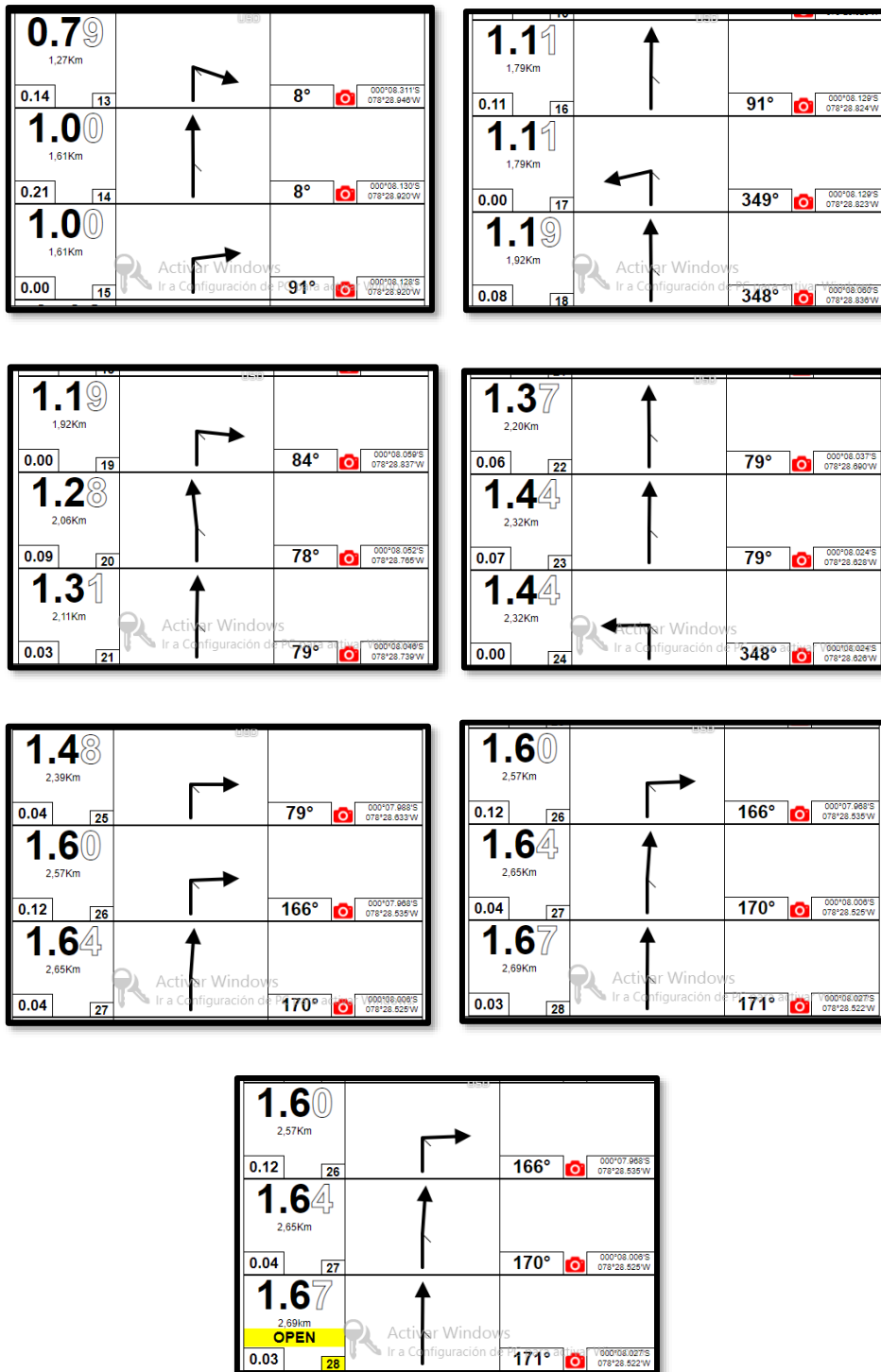
Terminada la Prueba de Ruta se constató que la eficiencia del sistema de dirección es excelente, el manejo en curvas y baches demuestra que el sistema no presenta vibraciones elevadas, además de presentar seguridad al momento de iniciar y terminar una

curva, la precisión del giro del volante con las ruedas del vehículo es muy efectiva y la respuesta de los componentes del sistema funcionan mejor de lo esperado.

Figura 34

Hoja de ruta de pruebas de funcionamiento del buggy.





Nota: Esquema grafico de la hoja de ruta que se realizo el recorrido.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Mediante los criterios de selección, como mejor opción se encontró el sistema mecánico por tornillo sin fin, ya que este tiene un mecanismo sencillo de fácil acceso y mantenimiento, además de ser muy seguro y estable en funcionamiento y el más importante no necesita de una fuente de energía para su funcionamiento evitando adicionar más componentes y peso al vehículo.
- Para la implementación de todo el sistema de dirección se realizaron varias modificaciones tanto en las barras de dirección las cuales se igualaron a 550mm ya que la caja de dirección está en el centro por lo tanto las barras deben ser iguales tanto en el lado derecho como en el izquierdo.
- Se modificó el brazo pitman ya que los terminales normalmente van arriba y se invirtió el brazo para que ingrese por la parte inferior y así no se choquen las barras con las mesas y de igual forma los tubos de la dirección.
- El sistema una vez adaptado e implementado en el Vehículo Biplaza presenta un funcionamiento y rendimiento excelente durante su conducción.

4.2 RECOMENDACIONES

- Es necesario trabajar con la grasa y lubricante adecuado en las piezas móviles con el fin de evitar complicaciones futuras en el sistema de dirección mecánica.
- Al momento de implementar el sistema tener las medidas necesarias para así evitar fallas o complicaciones para su montaje en el vehículo biplaza tipo buggy.
- Al seleccionar el ángulo de inclinación de caster se debe tener en cuenta que a mayor ángulo mayor rapidez, pero se va a endurar la dirección como efecto primario.
- Tomar todas las medidas de seguridad al momento de trabajar con sueldas al igual que tratar de mejor manera todos los líquidos que sean de desperdicio y así evitar la contaminación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANT. (Enero de 2019). Agencia Nacional de Transito.
- Auto Avance. (2012). Funcionamiento de Direcciones Eléctricas—Blog Técnico Automotriz. Recuperado el 05 de 10 de 2019, Curso Automotriz - Curso Virtual Automotriz - Capacitación Automotriz. <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/104-funcionamiento-de-direcciones-electricas/>
- Autodaewoospark. (2020). Recuperado el 22 de 11 de 2019, Dirección asistida: Dirección hidráulica. <https://www.autodaewoospark.com/direccion-asistida-hidraulica.php>
- Autopartes. (2020). Recuperado el 25 de 11 de 2019, CONOZCA LOS TIPOS DE DIRECCIÓN QUE EXISTEN. http://www.revistaautopartes.co/no-se-lo-pierda/ver/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=91&cHash=c36a8b725975284b79748430f94b7973
- Avila Ramírez, D. X., & Arias Aillon, P. D. (2010). Repositorio UIDE. Recuperado el 17 de 10 de 2019, Obtenido de Propuesta de mejora del sensor de giro de un sistema de direccion electroasistida comandado por un simulador de modulo electrico montado sobre un tablero didactico: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/197/1/T-UIDE-0179.pdf>
- Central de repuestos. (2017). Cajas de Dirección Mecánicas Recuperado el 05 de 12 de 2019,—Tipos de Tornillo Sin Fin. Central de Repuestos TR. <http://centralderepuestostr.com/cajas-direccion-mecanica-tornillo-sin-fin/>
- CEPE. (2008). EUR-Lex—42008X0527(01)—EN - EUR-Lex. Recuperado el 19 de 12 de 2019, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A42008X0527%2801%29#>
- Cruz Castro, G. A., & Mesias Izurieta, D. F. (Febrero de 2013). Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Recuperado el 15 de 10 de 2019, Obtenido de Diseño, construcción e implementación de sistemas de suspensión,

- dirección y frenos del vehículo de competencia fórmula SAE 2012.:
<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/6121>
- Dani Meganeboy. (2014a). Direccion asistida. Recuperado el 05 de 01 de 2020,
<http://www.aficionadosalamecanica.net/direccion-asistida-hidra.htm>
- Dani Meganeboy. (2014b). Sistema de Direccion en el automovil. Recuperado el 15 de 01
de 2019, <http://www.aficionadosalamecanica.net/direccion.htm>
- Dani Meganeboy. (2015). Direccion asistida electrica. Recuperado el 15 de 12 de 2019,
<http://www.aficionadosalamecanica.net/direccion-asistida-electr.htm>
- Efrain Tonato (2012). Sistema de direccion. Recuperado el 17 de 11 de 2019,
<https://es.slideshare.net/efrain1-9/sistema-de-direccion-14009412>
- Gallardo, W. (2018). Repositorio UTA. Recuperado el 15 de 10 de 2019, de
<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/27929/1/Tesis%20I.%20M.%20461%20-%20Gallardo%20Tonato%20Wilmer%20Omar.pdf>
- Indiobatet. (2013). El sistema de dirección del automóvil. Recuperado el 05 de 01 de 2020,
motordriverwheels. <https://motordriverwheels.wordpress.com/2013/05/24/el-sistema-de-direccion-del-automovil/>
- Mecánica. (2017). SISTEMA DE DIRECCIÓN DEL VEHÍCULO. Recuperado el 25 de 10 de
2019, tuteurica.com. <https://www.tuteurica.com/material-complementario/mecanica-del-vehiculo/sistema-de-direccion>
- Nicolás Colado. (2019). 09 la direccion [Education]. Recuperado el 18 de 12 de 2019,
<https://www.slideshare.net/nicolascolado/09-la-direccion-136326773>
- Riera Espinoza, P. f. (02 de Diciembre de 2010). Repositorio Institucional de la Escuela
Superior Politecnica del Chimborazo. Recuperado el 19 de 01 de 2020, Obtenido de
Trucaje y Adaptación de un Sistema de Suspensión y Dirección para un Vehículo
Tipo Buggy de la Fórmula Automovilísticas Universitaria FAU.:
<http://dspace.espe.edu.ec/bitstream/123456789/938/1/65T00008.pdf>
- Sergio, Castro (2018). 1.4> Tirantería de dirección—Direccion1311sofiansergio.
Recuperado el 01 de 12 de 2019,

<https://sites.google.com/site/direccion1113sofiansergio/1-la-direccion/1-4-tiraneria-de-comandamiento>

Velasco, Oliva, Sánchez. (2016). Vehículos Sistema de dirección. Recuperado el 20 de 12 de 2019, de <http://umh1796.edu.umh.es/wp-content/uploads/sites/272/2013/02/sistema-de-direccion-texto1.pdf>

ANEXOS