



Implementación del sistema de suspensión delantera de tipo Mc Pherson y posterior de tipo eje de torsión en la carrocería de un vehículo Volkswagen Fox para la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE

Lomas Morales, Raúl Abraham

Cristian Iván, Carpio Vega

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

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

Arias Pérez, Ángel Xavier

25 de febrero de 2022

Latacunga



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

Certifico que la monografía, **“Implementación del sistema de suspensión delantera de tipo Mc Pherson y posterior de tipo eje de torsión en la carrocería de un vehículo Volkswagen Fox para la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE”** fue realizado por el señor **Lomas Morales, Raúl Abraham** y el señor **Cristian Iván, Carpio Vega**, la cual ha sido revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 25 de febrero de 2022

Ing. Arias Pérez, Ángel Xavier

C.C.: 0503454811

Reporte de verificación de contenido



Monografía Raúl Lomas_ Cristian Carpio.pdf
Scanned on: 11:37 February 18, 2022 UTC



Identical Words	471
Words with Minor Changes	111
Paraphrased Words	275
Omitted Words	0



Ing. Arias Pérez, Ángel Xavier

C.C 0503454811



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

Yo, **Lomas Morales, Raúl Abraham**, con cédula de ciudadanía N° 1719282517; y Yo **Cristian Iván, Carpio Vega** con cédula de ciudadanía N° 1722538327; declaramos que este trabajo de titulación “**Implementación del sistema de suspensión delantera de tipo Mc Pherson y posterior de tipo eje de torsión en la carrocería de un vehículo Volkswagen Fox para la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE**” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, febrero del 2021

Lomas Morales, Raúl Abraham

C.C.: 1719282517

Cristian Iván, Carpio Vega

C.C.: 1722538327



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **Lomas Morales, Raúl Abraham** y, Yo, **Cristian Iván, Carpio Vega**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“Implementación del sistema de suspensión delantera de tipo Mc Pherson y posterior de tipo eje de torsión en la carrocería de un vehículo Volkswagen Fox para la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Lomas Morales, Raúl Abraham

C.C.: 1719282517

Cristian Iván, Carpio Vega

C.C.: 1722538327

Dedicatoria

Este trabajo de monografía va dedicado con todo mi amor a mi familia, ya que mi madre y hermanos han sido el apoyo incondicional que necesité para no rendirme y seguir esforzándome en cada paso en cuanto a mi crecimiento, tanto profesional como personal. Sin ellos como pilar de inspiración no lo hubiera logrado, sus consejos, sus valores y en fin, su motivación constante, al ser parte de mis proyectos y metas, con enseñanzas que me sirven día a día, para seguir mejorando.

Lomas Morales, Raúl Abraham

El presente trabajo de monografía es fruto de mi total esfuerzo y constancia y es especialmente dedicado para mis padres, que se han esforzado mucho por haber formado a un ser humano responsable y con objetivos claros, para no desviar mi camino, gracias a ello hoy puedo decir que soy un ser humano lleno de valores, y seré un profesional lleno de ética, para representar mis conocimientos adquiridos, con mucho orgullo.

Cristian Iván, Carpio Vega

Agradecimiento

A mi madre Norma Morales, hermanos Adrián y Giovanna, compañera y amiga Yadira , compañeros que al final terminando siendo grandes amigos, les doy mis más sinceros agradecimientos, pues han ido evolucionando conmigo, y su aporte me ha formado como una persona de bien, pues de cada día me han demostrado que no estoy solo, y me dan ánimos para seguir luchando por mis sueños, objetivos y metas, recordándome que soy capaz de tener grandes éxitos, por que creyeron en mí y en mi potencial, tengo mucho por que agradecerles.

Lomas Morales, Raúl Abraham

Mis más sinceros agradecimientos, a mis padres, que siempre me supieron hacer notar, que soy capaz de lograr todo lo que me propongo, haciéndome siempre recordar que hay valores que no debo dejar de lado nunca, para poder ser un ser humano y profesional, exitoso, y responsable. A mis compañeros, que siempre supieron darme una mano cuando más lo necesité, y mis profesores que, en un aula llena de risas y preocupaciones, fueron un gran apoyo para seguir estudiando y adquirir conocimientos de gran aporte a mi carrera.

Cristian Iván, Carpio Vega

Tabla de contenidos

Carátula.....	1
Certificación.....	2
Reporte de verificación de contenido	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento	7
Tabla de contenidos.....	8
Índice de figuras.....	11
Índice de tablas	15
Resumen	16
Abstract.....	17
Planteamiento del problema.....	18
Antecedentes.....	18
Planteamiento del problema.....	21
Justificación	22
Objetivos.....	23
<i>Objetivo general</i>	23
<i>Objetivos específicos</i>.....	23
Alcance.....	23

Marco teórico.....	25
Sistemas de suspensión.....	25
<i>Evolución del sistema de suspensión</i>	<i>26</i>
Tipos de sistemas de suspensión.	29
<i>Suspensión rígida:</i>	<i>30</i>
<i>Suspensión semirrígida:.....</i>	<i>43</i>
<i>Suspensión independiente:.....</i>	<i>45</i>
Desarrollo del proyecto.....	62
Selección de componentes de la suspensión delantera y posterior	62
Implementación de los componentes de la suspensión delantera y posterior.....	64
<i>Instalación del amortiguador.....</i>	<i>64</i>
<i>Instalación de brazos de apoyo.....</i>	<i>66</i>
<i>Instalación de la guía de articulación</i>	<i>69</i>
<i>Montaje el cojinete soporte de goma y brazo transversal.....</i>	<i>70</i>
<i>Montaje de la columna de la suspensión</i>	<i>71</i>
<i>Instalación de la barra estabilizadora</i>	<i>73</i>
<i>Instalación de resorte</i>	<i>74</i>
<i>Instalación del cojinete de metal.....</i>	<i>75</i>
Desmontaje de componentes de la suspensión delantera y posterior..	77
<i>Desmontaje de guía de articulación y rodamientos.....</i>	<i>77</i>
<i>Desmontaje de brazos de apoyo.....</i>	<i>82</i>
<i>Desmontaje del cojinete soporte de goma</i>	<i>85</i>
<i>Desmontaje de amortiguador</i>	<i>86</i>

	10
<i>Desmontada del eje trasero</i>	88
<i>Desmontaje de puntas de eje para los cojinetes de la rueda.</i>	90
<i>Desmontar el conjunto de cojinete de la rueda</i>	91
Pruebas de funcionamiento	93
Funcionamiento del sistema de suspensión	93
<i>Verificación de estado de la guía de articulación</i>	93
Prueba de funcionamiento en ruta.	95
<i>Prueba de trayecto accidentado</i>	96
<i>Prueba al tocar fondo</i>	97
<i>Prueba sobre baches</i>	98
<i>Prueba de viraje accidentado</i>	99
<i>Pruebas de sobreviraje y subviraje</i>	100
<i>Alineación</i>	101
Marco administrativo	103
Recursos materiales	103
Conclusiones y recomendaciones	104
Conclusiones	104
Recomendaciones	105
Bibliografía	106
Anexos	109

Índice de figuras

Figura 1 <i>Suspensión de ballestas y muelles</i>	27
Figura 2 <i>Vehículo con suspensión con eje de torsión</i>	28
Figura 3 <i>Citroën con amortiguadores suspensivos hidráulicos</i>	29
Figura 4 <i>Suspensión rígida en vehículos todo terreno</i>	30
Figura 5 <i>Suspensión rígida</i>	31
Figura 6 <i>Ballestas</i>	32
Figura 7 <i>Muelle helicoidal</i>	33
Figura 8 <i>Barra de torsión de un sistema de suspensión rígido</i>	34
Figura 9 <i>Barra estabilizadora</i>	37
Figura 10 <i>Rótulas</i>	38
Figura 11 <i>Manguetas y bujes</i>	39
Figura 12 <i>Tijeras, brazos de suspensión o trapecios</i>	40
Figura 13 <i>Silentblocks</i>	41
Figura 14 <i>Amortiguadores</i>	42
Figura 15 <i>Suspensión semirrígida</i>	44
Figura 16 <i>Suspensión independiente</i>	46
Figura 17 <i>Suspensión Independiente por brazos oscilantes</i>	48
Figura 18 <i>Suspensión independiente con brazos tirados</i>	50
Figura 19 <i>Suspensión McPherson</i>	51
Figura 20 <i>Partes del sistema de suspensión McPherson:</i>	52
Figura 21 <i>Alineación de neumáticos</i>	54

Figura 22 <i>Caída positiva y negativa del neumático</i>	55
Figura 23 <i>Avance de Pivote</i>	56
Figura 24 <i>Convergencia y divergencia</i>	57
Figura 25 <i>Subviraje</i>	58
Figura 26 <i>Sobreviraje</i>	59
Figura 27 <i>Valores de Alineación</i>	61
Figura 28 <i>Montaje de amortiguación</i>	64
Figura 29 <i>Ángulo de montaje de eje trasero</i>	65
Figura 30 <i>Ajuste de tornillos de fijación</i>	67
Figura 31 <i>Ubicación de orificios</i>	67
Figura 32 <i>Guía de articulación izquierda</i>	69
Figura 33 <i>Guía de articulación derecha</i>	69
Figura 34 <i>Montaje el cojinete soporte de goma y brazo transversal</i>	70
Figura 35 <i>Montaje de la columna de suspensión</i>	71
Figura 36 <i>Instalación de la barra estabilizadora</i>	73
Figura 37 <i>Instalación de resorte</i>	75
Figura 38 <i>Instalación del cojinete de metal</i>	76
Figura 39 <i>Identificación de pernos de guía de articulación</i>	78
Figura 40 <i>Desmontaje de pernos</i>	78
Figura 41 <i>Extracción de varilla de acoplamiento</i>	79
Figura 42 <i>Uso de extractor</i>	80
Figura 43 <i>Soporte en la columna de la suspensión</i>	81
Figura 44 <i>Desmontaje de guía de articulación</i>	81

Figura 45 <i>Separación del terminal de dirección</i>	82
Figura 46 <i>Posición de montaje de tornillos</i>	83
Figura 47 <i>Extracción de la columna de suspensión</i>	84
Figura 48 <i>Desmontaje del brazo de apoyo</i>	84
Figura 49 <i>Desmontaje del cojinete soporte de goma</i>	85
Figura 50 <i>Desmontaje de tornillos de amortiguador</i>	86
Figura 51 <i>Tornillos inferiores de amortiguador</i>	87
Figura 52 <i>Tornillos de la suspensión desmontados</i>	87
Figura 53 <i>Sujeciones seguras del vehículo</i>	89
Figura 54 <i>Componentes a desmontar</i>	90
Figura 55 <i>Desmontaje de puntas de eje para los cojinetes de la rueda</i>	91
Figura 56 <i>Desmontaje del tambor de freno</i>	92
Figura 57 <i>Retiro de protección antipolvo</i>	92
Figura 58 <i>Verificación de holgura axial</i>	93
Figura 59 <i>Verificación de la holgura radial</i>	94
Figura 60 <i>Prueba de ruta</i>	95
Figura 61 <i>Vehículo antes de realizar las pruebas de ruta</i>	96
Figura 62 <i>Terreno Adoquinado</i>	97
Figura 63 <i>Terreno de piedras</i>	98
Figura 64 <i>Terreno con baches</i>	99
Figura 65 <i>Terreno pavimentado</i>	100
Figura 66 <i>Curvas en un terreno irregular</i>	101
Figura 67 <i>Ruta sin irregularidades</i>	102

Figura 68 *Final de la prueba de ruta*..... 102

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Ventajas y desventajas de la suspensión rígida</i>	42
Tabla 2 <i>Ventajas y desventajas de la suspensión semirrígida</i>	44
Tabla 3 <i>Ventajas y desventajas de la suspensión independiente</i>	45
Tabla 4 <i>Ventajas y desventajas de la suspensión independiente con eje oscilante</i>	47
Tabla 5 <i>Ventajas y desventajas de la suspensión independiente con brazos tirados</i>	49
Tabla 6 <i>Suspensión independiente McPherson</i>	53
Tabla 7 <i>Componentes de la suspensión delantera</i>	62
Tabla 8 <i>Componentes de la suspensión posterior</i>	63
Tabla 9 <i>Pares de apriete de la amortiguación</i>	65
Tabla 10 <i>Par de apriete de brazos de apoyo</i>	68
Tabla 11 <i>Pares de apriete de instalación de la barra estabilizadora</i>	74
Tabla 12 <i>Pares de apriete del cojinete</i>	76
Tabla 15 <i>Recursos Materiales</i>	103

Resumen

Para la elaboración del presente trabajo de monografía, se implementó el sistema de suspensión delantera de tipo Mc Pherson y posterior de tipo eje de torsión en la carrocería de un vehículo Volkswagen Fox para la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, mediante la recopilación de datos de manuales técnicos, que facilitaron su montaje, pues es importante considerar que existen valores de apriete que influyen mucho en el buen funcionamiento de la suspensión, y se los puede identificar en los próximos capítulos, también fue muy importante la información que se fue recopilando en el transcurso de la investigación, ya que se puede analizar los tipos de suspensión que se encuentran disponibles en la industria automotriz, las ventajas y desventajas que presenta cada una, y finalmente se los componentes y la función que cumple cada uno, para poder determinar así que son capaces de trabajar conjuntamente, para ayudar a que los pasajeros, tanto el conductor como sus acompañantes puedan realizar viajes en los que independientemente de su duración, puedan asegurar confort y seguridad, es decir los ocupantes no deben presentar daños a su salud, como por ejemplo, mareos, o golpes, daños a la columna, dolores de cabeza, irritabilidad, etc.

Palabras Clave:

- **SUSPENSIÓN AUTOMOTRIZ**
- **CONFORT DEL AUTOMOVIL**
- **SUSPENSIÓN MC PHERSON**
- **TORCIÓN**

Abstract

For the elaboration of the present monograph work, the Mc Pherson type front suspension system and the rear torsion axis type were implemented in the bodywork of a Volkswagen Fox vehicle for the Higher Technology Career in Automotive Mechanics of the University of the Forces. Armadas - ESPE, by collecting data from technical manuals, which facilitated its assembly, since it is important to consider that there are tightening values that greatly influence the proper functioning of the suspension, and they can be identified in the next chapters, it was also The information that was collected in the course of the investigation is very important, since it is possible to analyze the types of suspension that are available in the automotive industry, the advantages and disadvantages that each one presents, and finally the components and the function that each one fulfills, to be able to determine so that they are able to work together, to help passengers, Both the driver and his companions can make trips in which, regardless of their duration, they can ensure comfort and safety, that is, the occupants must not present damage to their health, such as dizziness, or blows, damage to the spine, pain headache, irritability, etc.

KEY WORDS:

- **SUSPENSION AUTOMOTRIZ**
- **CONFORT DEL AUTOMÓVIL**
- **SUSPENSIÓN MC PHERSON**
- **TORSIÓN**

Capítulo I

1. Planteamiento del problema

“IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN DELANTERA DE TIPO MCPHERSON Y POSTERIOR DE TIPO EJE DE TORSIÓN EN LA CARROCERÍA DE UN VEHÍCULO VOLKSWAGEN FOX PARA LA CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECANICA AUTOMOTRIZ DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE”

1.1. Antecedentes

En las primeras construcciones de automóviles, se consideraban más rústicas ya que no tenían la misión de suspender cada rueda independientemente del chasis del vehículo, lo que si podían hacer era suspenderlas de 2 en 2, esta técnica constaba de 2 ejes rígidos que se encontraban unidos al chasis por ballestas longitudinales y transversales, dicho rozamiento entre sí brindaba un cierto amortiguamiento, a pesar de ello se requería el uso de lo que hoy se conoce como amortiguadores.

La suspensión tiene como principal objetivo evitar que la carrocería reciba los golpes de un terreno irregular, por lo tanto, para garantizar el confort, seguridad de los pasajeros y estabilidad, entre las ruedas y el bastidor se coloca un medio elástico que los une y se deformará debido al peso del mismo vehículo, gracias a su inercia podrá ascender o descender según el estado en el que se encuentre la superficie de contacto con los neumáticos, por lo que se ha considerado la suspensión McPherson para la parte delantera del vehículo y tipo eje de torsión para la parte posterior en la carrocería de un vehículo Volkswagen Fox.

En 1951 se dio la invención de suspensión tipo McPherson, principalmente para modelos Ford Consul y Zephyr, encargada de transmitir directamente el movimiento del asfalto al chasis, sistema que está compuesto por un brazo oscilante unido por un extremo al bastidor mediante cojinetes elásticos y por su otro extremo se une a una rótula que se sujeta a la mangueta en donde se encuentra el amortiguador, el espiral, y finalmente la base de la suspensión para poder ser anclada a la carrocería, según lo explicado por (Reyes & Mejía, 2018), con su proyecto de “Diseño y selección del sistema de suspensión de un prototipo de auto eléctrico”

Según (Martinez, 2005) en su proyecto de “Implementación de un banco didáctico del sistema de suspensión McPherson con plan de mantenimiento correctivo para la Escuela de Ingeniería Automotriz” la suspensión McPherson es utilizada en suspensiones delanteras de vehículos generalmente pequeños y medianos, son de una construcción simple y no muy pesados, poseen un bajo coste de fabricación, mejoran el

apoyo de la rueda en el suelo y actúan como eje de giro en caso de que la dirección del vehículo se mueva.

Sin embargo, su diseño hace que no se pueda mover de forma completamente vertical, pues solo puede moverse describiendo un arco, ya que, al estar anclada al extremo contrario del brazo, cambia su inclinación en función del punto del arco en el que se encuentre y también hace que se transmitan directamente las vibraciones del coche al chasis, provocando un mayor ruido en el habitáculo, problema que se puede solucionar al añadir aislantes necesarios. (López, 2020)

Por otro lado para la suspensión tipo eje de torsión según (Falchenko, 2020) es la más utilizada en los vehículos modernos, pues es una viga de torsión de acero, como elemento elástico que funciona bajo la acción de la torsión en una sola dirección, esta barra está unida por un extremo a la rueda y por el otro extremo a la carrocería; mediante el uso de cojinetes y juntas de separación, le dan movilidad a los extremos de la barra, con la finalidad de compensar los cambios bruscos causados cuando la rueda móvil tiene contacto con irregularidades, ya que actúa como un resorte, asegura la estabilidad de los neumáticos y ajusta el ángulo de rotación al girar, haciendo que la comodidad al conducir sea garantizada.

El tipo de suspensión que se va a implementar es totalmente garantizado, para mejorar la confortabilidad de los ocupantes, ya que son totalmente diseñados por el

fabricante para poder absorber y disminuir los golpes, movimientos bruscos o vibraciones que se presentan al tener contacto el neumático con superficies de suelo

irregulares, los beneficios que presenta son su bajo coste, menor peso, aseguran estabilidad a los neumáticos y son fáciles de instalar.

1.2. Planteamiento del Problema

Desde que se pudo crear el primer vehículo, se han generado ciertos inconvenientes en cuanto al diseño de los mismos en cuanto a la parte de los sistemas de suspensión, a lo largo del tiempo se han podido implementar nuevos diseños, con diferentes necesidades para cada modelo, como lo ha sido la suspensión Hidroneumática, que ofrecía la posibilidad de variar la altura del vehículo, según el gusto de los conductores, pero ese no ha sido el único problema presentado en distinguidas marcas como lo es en el Volkswagen Fox, ya que durante el manejo de los automóviles, se puede notar que existen golpes, movimientos bruscos o vibraciones que se propagan directamente al habitáculo, generando molestias a los conductores y demás pasajeros, para ello se puede implementar Sistema de Suspensión McPherson para la parte delantera y de tipo eje rígido para la parte posterior.

La implementación de la suspensión mediante la generación del manual técnico sirve para contrarrestar todas las molestias presentadas y generar la estabilidad que requiere dicho modelo Volkswagen Fox, por este motivo se requiere de un análisis de las suspensiones que se requieren ya que para poder montarlas y los inconvenientes

que se pueden presentar y como solucionarlos, de no solucionarse el inconveniente, se pueden generar daños a las personas que se encuentran dentro del vehículo, al someterse a movimientos muy bruscos, que afecten a su salud, como lo es daños a su columna, o malestares como vómito, mareos; incluso, la muerte al no presentar estabilidad al vehículo provocando que se vuelque.

Debido a la falta de información técnica disponible para el despiece de la suspensión de la marca Volkswagen, se ha visto la necesidad de crear un manual técnico de montaje y desmontaje de una suspensión de Suspensión McPherson para la parte delantera y de tipo eje rígido para la parte posterior.

1.3. Justificación

Es importante la realización del proyecto porque al realizar el desmontaje y montaje del sistema de suspensión delantero y posterior del vehículo Volkswagen fox mediante el uso de un manual técnico, trae grandes beneficios, pues ayudaría a disminuir el tiempo de trabajo en cuanto a mano de obra para la reparación del sistema, evitaría por ejemplo los daños ocasionados en los componentes por un mal apriete, o mala utilización de las llaves, así como también daños al personal de trabajo por realizar una obra empíricamente, en fin estos problemas se trataría de resolver con la ayuda del presente manual que se quiere ir elaborando paso a paso. Pues la calidad de trabajo sería superior al enviar el sistema en buenas condiciones de uso, evitando consecuentemente daños a sus ocupantes.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Implementar un sistema de suspensión delantera de tipo Mc Pherson y posterior de tipo eje de torsión en la carrocería de un vehículo Volkswagen Fox

1.4.2. Objetivos Específicos

- Investigar los tipos de sistemas de suspensión delantera y posterior utilizados en automóviles, características, modo de empleo y funcionamiento de cada uno de ellos.
- Seleccionar el tipo de sistema de suspensión delantera y posterior más adecuado para incorporarlo en el vehículo Volkswagen Fox.
- Realizar un manual técnico para el sistema de suspensión delantera y posterior en el vehículo Volkswagen Fox.
- Realizar pruebas de funcionamiento del sistema de suspensión delantero y posterior implementado en el vehículo Volkswagen Fox.

1.5. Alcance

Con el proyecto que se presenta se estima el montaje y desmontaje total de un sistema de suspensión delantera de tipo McPherson y posterior de tipo eje de torsión en la carrocería de un vehículo Volkswagen Fox, para poder realizar un manual técnico que facilite a los trabajadores de la industria a realizar un buen servicio, pues la calidad es muy importante, para lo cual se necesitará de la suspensión McPherson, esto consiste

en un conjunto del muelle helicoidal y el amortiguador para que pueda absorber las imperfecciones del terreno o baches, mangueta que es en donde se acopla el antes mencionado conjunto muelle helicoidal, brazo inferior que es de suma importancia para que el sistema se pueda anclar al bastidor y a la mangueta, cojinete de agujas, placa de fijación para atornillarse al chasis. Y para la adquisición de la suspensión para la parte posterior es necesario un eje de una sola pieza rígida en cuyos extremos va instalada la rueda, haciendo que todo el movimiento que afecta a una rueda se transmita a la otra.

Capítulo II

2. Marco teórico

Como se ha planteado el primero objetivo, investigar los tipos de sistemas de suspensión delantera y posterior utilizados en automóviles, características, modo de empleo y funcionamiento de cada uno de ellos, en este capítulo se hablará de los distintos tipos de suspensiones y sus características, así como también ventajas y desventajas.

2.1. Sistemas de suspensión.

Se conoce que los sistemas de suspensión son uno de los elementos de mayor importancia para un automóvil, pero es uno de los menos importantes o valorados por las personas, pues por lo general no se ve importante el enorme esfuerzo que realiza este. (Ponce, 2020)

En realidad, el sistema de suspensión tiene como finalidad absorber irregularidades que se presentan en el transcurso del terreno, para poder mantener estabilidad del vehículo en cualquier situación, aunque obviamente depende mucho del perfil que tenga el vehículo, pues las puestas a punto deben ser resistentes y lo suficientemente cómodas para así poder trasladar a los pasajeros. (Ponce, 2020)

2.1.1. Evolución del sistema de suspensión

En la época de las carretas en el siglo XVII, se creó el sistema más primitivo conocido como ballestas o muelles, este sistema está conformado por una agrupación de hojas metálicas, que se las dispuso una sobre la otra, debido a que se presentaba mayor resistencia, y con el tiempo se las usa mayormente en los vehículos de carga. Antiguamente se sostenían mediante 4 correas que unían al extremo habitante de la carroza al extremo superior de las otras 4 ballestas. (Madrid, 2020)

A finales del siglo XIX, es donde empieza a parecer el automóvil, al mismo se le aplicaron muelles metálicos que, garantizaron un gran confort de viaje, gracias que pudo suspender las oscilaciones marcadas por el terreno irregular, el problema que se dio en el trascurso de su uso, es que cuando el vehículo superaba la velocidad que tenía un vehículo de caballos, las oscilaciones de la suspensión de ballestas o muelles metálicos hacen muy peligrosa la conducción así como también dificultan el mantener la trayectoria. Por este motivo se debió dar un paso muy grande en cuanto a la evolución. (Madrid, 2020)

Por ejemplo, en 1919, Citroën dio a conocer el primer vehículo tipo A, con un nuevo sistema de suspensión con ballestas y cuatro muelles en forma de elipse invertida, que coordinaba los movimientos entre ellos, con la finalidad de eliminar la necesidad de disponer de amortiguadores. Los vehículos podían llegar ya a los 60 km/h, por lo tanto, podían ser comercializados con una suspensión menos sofisticada.

Figura 1

Suspensión de ballestas y muelles



Nota. Vehículo con suspensión de ballestas y cuatro muelles en forma de elipse.

Tomado de (Madrid, 2020)

Cuando se produjo el lanzamiento del Traction Avant, se generó un punto de inflexión en el año de 1934, y se utilizó una suspensión con una barra de torsión: según (Madrid, 2020), *“los muelles se sustituyeron por unas barras situadas en los bajos del vehículo que se doblaban sobre su eje y no necesitaban el espacio que, a veces, era necesario en los sistemas de la época, con muelles de grandes dimensiones.”*

Figura 2

Vehículo con suspensión con eje de torción



Nota. Vehículo con suspensión de eje de torción. Tomado de (Madrid, 2020)

En el año de 1970, se propuso que el Citroën SM tenga una suspensión hidroneumática, en más de 60 años, la tecnología de la suspensión automotriz ha ido evolucionando y haciéndose así más rígida. (Ponce, 2020)

La evolución más frecuente de las suspensiones llegó en mas o menos el año del 2005, con la prestación del Citroën C6, pues en él estaba incorporado algunas versiones de amortiguación. Pues es un dispositivo montado en cada suspensión encargado de modificar su flexibilidad durante su recorrido, los amortiguadores suspensivos hidráulicos logran un confort excepcional pues se produce un efecto denominado alfombra voladora, ya que gana el bienestar a bordo, dinamismo y placer al conducir. (Ponce, 2020)

Figura 3

Citroën con amortiguadores suspensivos hidráulicos



Nota. Vehículo con amortiguadores suspensivos hidráulicos. Tomado de (Madrid, 2020)

2.2. Tipos de sistemas de suspensión.

Como bien ya se ha dicho, la comodidad es lo primero que se debe pensar cuando se habla de una suspensión de vehículos, sin descuidar su objetivo principal, que es garantizar la estabilidad de los vehículos, causando así una seguridad vial, a pesar de su gran evolución como ya se habló anteriormente, no se pierde su propósito inicial, pues garantiza la adaptación a las irregularidades del terreno. (León, 2021)

Dado que es muy difícil determinar cuántos son los tipos de suspensiones que existen en el medio automotriz, se requiere de diferentes características que ayudan a facilitar su búsqueda, pues depende mucho de la utilidad que se les va a presentar.

2.2.1. Suspensión rígida:

Este tipo de sistema es catalogado como uno de los más básicos y antiguos que existen en el medio automotriz, su funcionamiento es muy simple, pues los amortiguadores están atornillados a la barra transversal del puente, que es el encargado de recibir las irregularidades del terreno que proporcionan las suspensiones, en algunos casos hay vehículos que superan el obstáculo únicamente con una sola rueda, el conocido puente se inclina hacia el sentido que establezca la superficie. (Ponce, 2020)

Este tipo de sistema es más utilizado en vehículos que son todo terreno, pues es muy común que los mismos se expongan a caminos si asfaltar, subidas de montaña en los que se encuentre presente la tierra. (León, 2021)

Figura 4

Suspensión rígida en vehículos todo terreno



Nota. Sistema de suspensión rígida en un vehículo todo terreno. Tomado de (García M. , 2020)

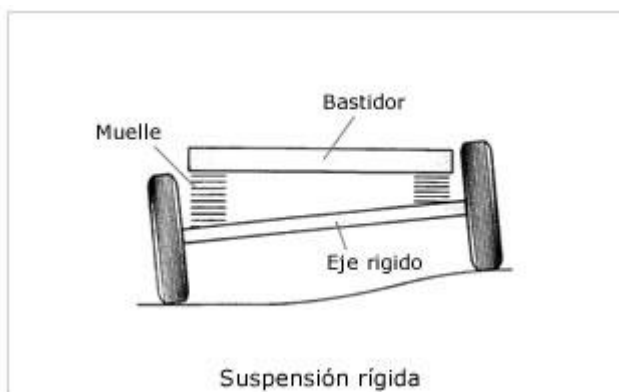
Componentes de una suspensión rígida

Este tipo de suspensión tiene como principal componente a un elemento flexible y otro elemento de amortiguación, entre los dos se encargarán de cumplir la función de minimizar o neutralizar las oscilaciones originadas por las irregularidades del terreno.

(García G. , 2021)

Figura 5

Suspensión rígida



Nota. Sistema de suspensión rígida. Tomado de (Luis, 2020)

Como primer componente del sistema de suspensión rígida tenemos a las

Ballestas:

Estos elementos también se los conoce como muelles, una de sus grandes ventajas es que poseen una propiedad elástica, pero su desventaja es que tienen poca absorción de energía mecánica, por este motivo es importante proporcionar un elemento que se encargue de frenar a las oscilaciones, las ballestas están construidas por un conjunto de hojas o láminas de acero especial, que se encuentran unidas mediante abrazaderas, con la finalidad de evitar los comunes deslizamientos entre las

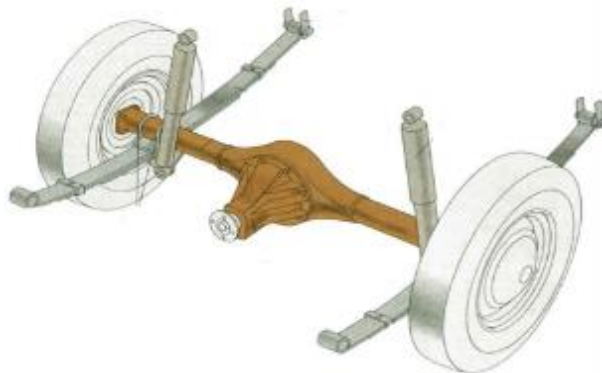
hojas en cuestión, debido a que son aquellas que soportan grandes pesos. (García G. , 2021)

Para enfocarse en la parte de las ballestas se debe considerar que la primera hoja toma el nombre de hoja principal, su principal característica es la forma, pues esta es curvada en sus extremos, formando así los llamados bujes o casquetes e bronce, esta forma es muy importante, pues permite que el sistema se pueda acoplar normalmente al bastidor o chasis. (García G. , 2021)

Para poder determinar el número de hojas que deben ir para poder realizar un buen trabajo, se analiza en función de la carga a la que debe soportar, tienen un funcionamiento similar al de los muelles de suspensión, pues sirven de unión entre los ejes de las ruedas y el bastidor, *“En algunos vehículos, sobre todo en camiones, además de servir de elementos de empuje, absorben con su deformación longitudinal la reacción en la propulsión”*. Lo señaló (García G. , 2021)

Figura 6

Ballestas



Nota. Partes del Sistema de suspensión rígida (ballesta). Tomado de (Central de repuestos TR, 2021)

Muelles helicoidales:

Este tipo de muelles se utilizan en la mayoría de los sistemas de suspensión, y son de gran ayuda, pues trabajan a torsión, acortan su longitud y vuelven a su posición inicial, una vez que el esfuerzo que fue el que produjo la deformación termina. (García G. , 2021)

Dicha flexibilidad de la que hablamos depende mucho del número de espiras, el diámetro que posee cada resorte, en paso entre las espiras, y finalmente el espesor o diámetro del hilo, por su puesto depende mucho del material del que se construyó el muelle, por eso hay muelles que poseen una flexibilidad progresiva. (Luis, 2020)

Las espiras que conforman al muelle helicoidal, por ningún motivo pueden hacer contacto una con la otra, por lo tanto, la deformación tiene que ser menor que el paso del muelle (distancia entre espiras), en el caso de ocurrir esto, el muelle ya no sería útil, y sus sacudidas por el terreno irregular se transmiten de forma directa al chasis. (Ponce, 2020)

Figura 7

Muelle helicoidal



Nota. Partes del Sistema de suspensión rígida (ballesta). Tomado de (Central de repuestos TR, 2021)

Barra de torsión:

Este tipo de componente es utilizado en varios de los sistemas de suspensión independiente, su funcionamiento se basa en que cuando una varilla que se sujeta por un extremo y se le aplica por el otro extremo un esfuerzo de torsión, esta se retuerce y luego vuelve a su posición inicial, cuando el esfuerzo de torsión desaparece. (García G. , 2021)

El procedimiento correcto para poder montar este tipo de barras, es fijar uno de sus extremos al chasis o carrocería, con la finalidad de que no pueda girar sobre su mismo soporte, y en el otro extremo se coloca una palanca solidaria a la barra unida en su extremo libre al eje de la rueda. (García M. , 2020)

Figura 8

Barra de torsión de un sistema de suspensión rígido.



Nota. Partes del Sistema de suspensión rígida (barra de torsión). Tomado de (Central de repuestos TR, 2021)

Como lo explica Gilbert García (García G. , 2021) ... *“Cuando ésta suba o baje por efecto de las irregularidades del terreno, se producirá en la barra un esfuerzo de torsión cuya deformación elástica permite el movimiento de la rueda. Las barras de torsión se pueden disponer paralelamente al eje longitudinal del bastidor o también transversalmente a lo largo del bastidor.”*

Función de las barras de torsión:

Es muy importante colocar este elemento puesto que cumple con mantener la estabilidad del vehículo, como bien se sabe es parte de la suspensión puede ubicarse de manera trasversal o longitudinalmente, con relación al eje del vehículo. (Helloauto, 2021)

En la antigüedad no se podía instalar en todos los automóviles, pero en el transcurso del tiempo se ha ido convirtiendo en un elemento muy importante, sobre todo en los vehículos de carga pesada, ya que proporcionan mayor seguridad, por lo tanto, se podría decir que a medida que va aumentando el peso en un vehículo aumenta también la tensión que sufren los ejes y se debe compensar de alguna manera. (Helloauto, 2021)

Ventajas y desventajas de la barra de torsión:

Al incrementar una barra de torsión en el vehículo se gana muchas ventajas, una de las más importantes es que ocupan poco espacio con respecto a los otros sistemas de suspensión, haciendo así que el espacio en el interior del vehículo pueda ser mayor. (Helloauto, 2021)

Presentan también un bajo costo, debido a que son muy sencillas, pues son únicamente es una barra montada sobre el metal, por lo tanto, son más sencillas de mantener, sus partes se pueden reemplazar con mayor facilidad, o inclusive se puede incrementar otros sistemas de manera fácil. (Grover, 2018)

Por otro lado, dicho sistema también presenta ciertas desventajas, pues dicha barra de torsión no tiene un resorte progresivo, por lo tanto, no permite contar con un sistema de dirección, freno. Etc. (Helloauto, 2021)

Debido a su simplicidad en el sistema, presenta algunas fallas de amortiguación, por ello el andar en el automóvil no será tan agradable, además los vehículos que poseen barra de torsión presentan mayor dificultad de manejo. (Grover, 2018)

Barra estabilizadora:

Es muy importante tomar este punto debido a que cuando el vehículo en cuestión toma una curva, se genera una fuerza centrífuga haciendo que la carrocería tienda a inclinarse hacia un lado, corriendo el peligro de volcarse, dicho movimiento molesta a los ocupantes. (García G. , 2021)

Es muy importante también saber cómo se pueden impedir estos inconvenientes, las barras estabilizadoras se articulan sobre el eje delantero y posterior, dichos extremos tienen la finalidad de fijarse a los soportes de la suspensión, para que al tomar la siguiente curva una rueda tiende a bajar y la otra a subir, generando así un par torción en la barra que es la encargada de absorber el esfuerzo oponiéndose a que se genere el volcamiento. (García G. , 2021)

De la misma manera ocurre en las ruedas cuando se genera un bache u obstáculo al bajar o subir la rueda, pues se crea un par de torsión en la barra que hace que la carrocería se mantenga en posición horizontal. (García G. , 2021)

Figura 9

Barra estabilizadora



Nota. Partes del Sistema de suspensión rígida (barra estabilizadora). Tomado de (García G. , 2021)

Rótulas:

Este componente es uno de los más importantes para la suspensión, ya que desde el punto de vista automotriz, son las encargadas de permitir el movimiento en toda la dirección, por ejemplo arriba, abajo y por supuesto el giro de las ruedas, ya que es la unión entre las magüetas y los brazos de dirección, la principal característica de este elemento es su tamaño pequeño, debido a que le permite ser más resistente,

aunque es la parte que más se somete a desgaste, debido a que tienen mayor movimiento. (García G. , 2021)

Figura 10

Rótulas



Nota. Partes del Sistema de suspensión rígida (Rótulas). Tomado de (García G. , 2021)

Mangueta y buje:

La mangueta es un elemento fabricado con acero, cuya función es unir el eje de la rueda con los otros elementos de la suspensión y le dirección, este elemento fue diseñado según las características geométricas del auto, en cuanto al buje, en su interior se alojan rodamientos que son importantes ya que aseguran el giro de la rueda. (Renting Finders., 2021)

Figura 11

Manguetas y bujes



Nota. Partes del Sistema de suspensión rígida (Manguetas y bujes). Tomado de (García G. , 2021)

Tijeras, brazos de suspensión o trapecios

Este componente se caracteriza por tener forma de tijera o trapecio, están elaboradas mediante la fundición, y su principal función es soportar el vehículo a través de la suspensión, pues unen a las manguetas y al buje mediante los elementos elásticos llamados silentblocks y rotulas. (García G. , 2021)

Figura 12

Tijeras, brazos de suspensión o trapecios.



Nota. Partes del Sistema de suspensión rígida (Tijeras, brazos de suspensión o trapecios.). Tomado de (García G. , 2021)

Silentblocks

En inglés es conocido como bloque silenciador, es una pieza hecha de goma, caucho o poliuretano, que tiene como principal función reducir las vibraciones que se generan por elementos que encuentran montados entre sí, su finalidad es evitar que las piezas se puedan dañar pues están conectadas una sobre otra. (Plaza, 2021)

En el caso de la suspensión, los silentblocks se utilizan en trapecios inferiores, brazos de las suspensión y copelas que son aquellas en las que se asientan a la suspensión. En el caso de desgaste de las mismas, se empezarán a escuchar ruidos al pasar por baches.

Figura 13

Silentblocks



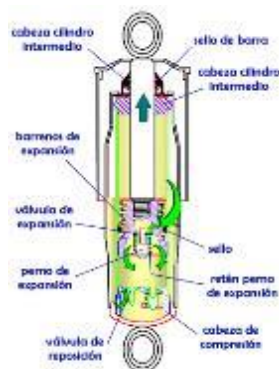
Nota. Partes del Sistema de suspensión rígida (*Silentblocks*). Tomado de (García G. , 2021)

Amortiguadores:

Los amortiguadores son elementos importantes de la suspensión, pues su principal función es recibir el impacto de las oscilaciones presentadas por las irregularidades del terreno, en la actualidad es considerado como un sistema de seguridad activa del vehículo, hay que tomar en cuenta hay dos tipos de amortiguadores, entre ellos están los hidráulicos de un tubo o de dos y los amortiguadores a gas, sea cual sea su tipo, los dos cumplen la misma función que es mantener las llantas adheridas al pavimento, con la finalidad de mantener la estabilidad y el confort de los pasajeros. (García G. , 2021)

Se menciona al amortiguador, como parte de la seguridad activa, pues protegen de golpes, impactos y vibraciones, es un dispositivo que se encuentra en distintas clases de vehículos como por ejemplo automóviles, motocicletas y aviones. (Calderón, 2020)

Figura 14

Amortiguadores

Nota. Partes del Sistema de suspensión rígida (*Amortiguadores*). Tomado de (Calderón, 2020)

Ventajas y desventajas:

Tabla 1

Ventajas y desventajas de la suspensión rígida

Suspensión Rígida	
Ventajas	Desventajas
Máxima robustez para maltrato y carga	Estructura pesada y gran masa no suspendida
Cuando una rueda se hunde la otra se aleja	Cada rueda afecta a la opuesta

Suspensión Rígida

Ventajas	Desventajas
Permite mayor articulación	Comportamiento en carretera torpe
Mantiene altura constante, incluso con carga o en un salto	Altura libre al suelo limitada por el diferencial
Más posibilidades de transformación	Peor confort de marcha

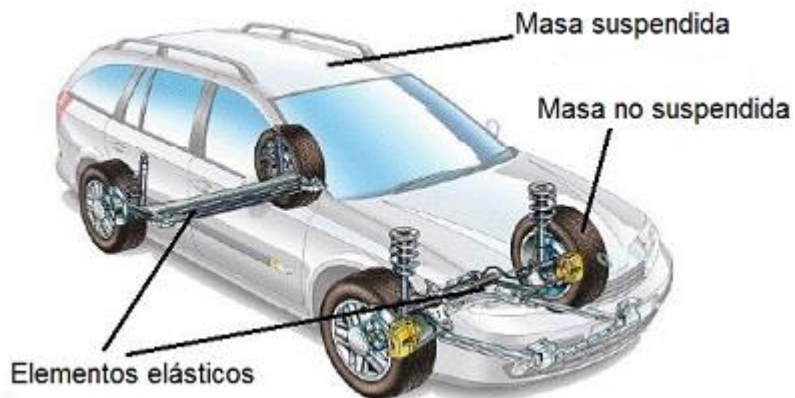
Nota. En la siguiente tabla se pueden identificar las ventajas y desventajas de la suspensión rígida. Tomado de (Artés, 2020)

2.2.2. Suspensión semirrígida:

Es muy similar al sistema rígido, la diferencia radica en que este sistema incorpora un brazo adicional que es el encargado de disminuir las inclinaciones y vibraciones, no es rígida, pero tampoco es independiente, “*Se conforma por muelles anclados a unos soportes articulados que van atornillados al diferencial y a una barra que atraviesa toda la parte del puente*”. Según lo afirmó (León, 2021)

Características de la suspensión semirrígida.

Este tipo de sistemas son los más utilizados en los vehículos pequeños, generalmente son para uso doméstico, el gasto y costos de instalación son mucho mayores, son menos complejas que las nuevas suspensiones, su tecnología es más sencilla. (Luis, ComoFunciona, 2018)

Figura 15*Suspensión semirrígida*

Nota. Sistema de suspensión semirrígida. Tomado de (Luis, ComoFunciona, 2018)

Ventajas y desventajas de la suspensión semirrígida:

Tabla 2

Ventajas y desventajas de la suspensión semirrígida

Suspensión Semirrígida	
Ventajas	Desventajas
Su complejidad es más sencilla con relación a las otras suspensiones	Gasto y costo es más elevado

Suspensión Semirrígida

Ventajas	Desventajas
Tecnología más sencilla	Transmite vibraciones de una rueda a la otra.

Nota. En la siguiente tabla se pueden identificar las ventajas y desventajas de la suspensión semirrígida. Tomado de (Luis, ComoFunciona, 2018)

2.2.3. Suspensión independiente:

Este sistema de suspensión ha sido catalogado como una de las mejores suspensiones dentro del ámbito automotriz, y son las más comunes en los vehículos actuales. Dentro de este tipo de sistema independiente se pueden identificar distintas clases, como, por ejemplo, Suspensión de eje oscilante, suspensión de brazos tirados, sistema McPherson, Suspensión de triángulos superpuestos. De las que se seguirá hablando a continuación. (León, 2021)

Ventajas y desventajas de la suspensión independiente

Tabla 3

Ventajas y desventajas de la suspensión independiente

Suspensión Independiente	
Ventajas	Desventajas
Estructura ligera y poca masa no suspendida	Menor robustez por tener más piezas y articulaciones

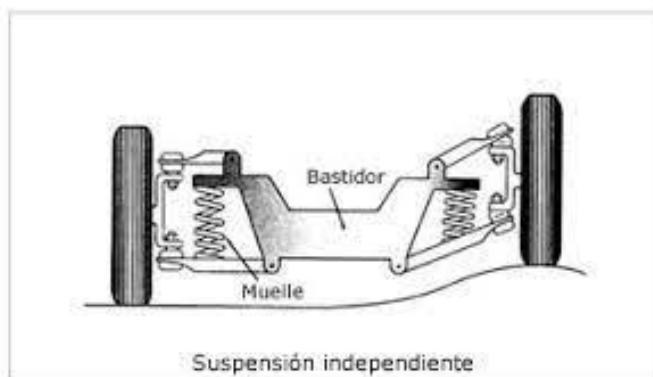
Suspensión Independiente

Ventajas	Desventajas
Cada rueda no afecta la opuesta	Cuando una rueda se hunde, la otra no busca tracción
Comportamiento en carretera preciso	Permite menor articulación
Mayor confort de marcha	No mantiene la altura al suelo constante
Mayor altura libre al suelo	Pocas posibilidades de transformación

Nota. En la siguiente tabla se pueden identificar las ventajas y desventajas de la suspensión independiente. Tomado de (Luis, ComoFunciona, 2018)

Figura 16

Suspensión independiente



Nota. Sistema de suspensión independiente. Tomado de (Luis, ComoFunciona, 2018)

Suspensión de eje oscilante:

Según lo expresado por (Spiegato, 2021)

“Un eje oscilante es un tipo de diseño de eje trasero que tiene la sección central montada rígidamente en el chasis del vehículo y utiliza juntas universales para conectar los ejes de transmisión a la sección central”.

Este eje oscilante fue instalado por primera vez en los aviones de la primera guerra mundial, mediante un cable elástico como resorte y amortiguador, al inicio se generaron problemas cuando se los usaba en los automóviles como por ejemplo en el Corvaire de 1963, que fue fabricado por General Motors (GM), pues el tener un eje oscilante y ausencia en la barra estabilizadora, que tendía a volcarse, hasta 1964 que equiparon la barra antivuelco. Obteniendo malos resultados, por lo tanto, fue eliminado. (Spiegato, 2021)

Tabla 4

Ventajas y desventajas de la suspensión independiente con eje oscilante

Suspensión independiente con eje oscilante	
Ventajas	Desventajas
El pivote de giro está a menor altura que en el eje oscilante de dos articulaciones	Esta suspensión no se puede utilizar como eje directriz debido a que en el movimiento oscilatorio de los semiejes

Suspensión independiente con eje oscilante

Ventajas

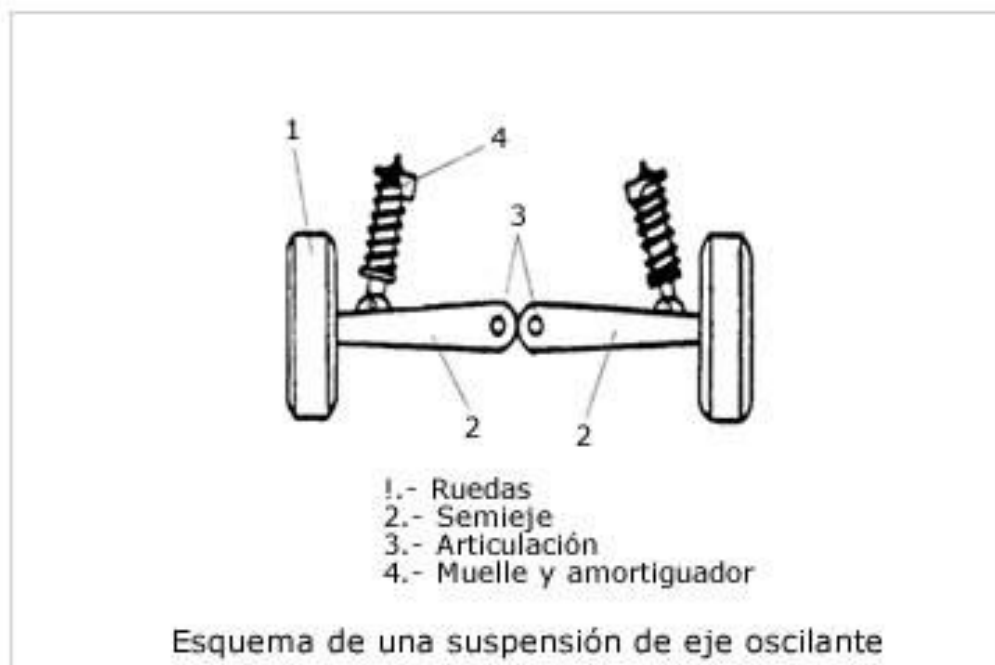
Desventajas

se altera notablemente en la caída de las ruedas en las curvas

Nota. En la siguiente tabla se pueden identificar las ventajas y desventajas de la suspensión independiente con eje oscilante. Tomado de (Artés, 2020)

Figura 17

Suspensión Independiente por brazos oscilantes



Nota. Sistema de suspensión independiente con eje oscilante. Tomado de (Luis, ComoFunciona, 2018)

Suspensión de brazos tirados:

Esta suspensión se caracteriza por tener muelles colocados en su parte inferior, en los brazos del puente trasero, es más

común utilizarla por suelos urbanos. Dichas barras se pueden montar de una manera transversal a la carrocería. (Artés, 2020)

Tabla 5

Ventajas y desventajas de la suspensión independiente con brazos tirados

Suspensión independiente con brazos tirados	
Ventajas	Desventajas
No necesita de estabilizadores longitudinales ya que la componente longitudinal tiene el propio brazo o soporte	En este caso las variaciones de caída y de vía dependen de la posición e inclinación de los brazos longitudinales, por lo tanto, permite que se varíe durante la marcha la caída el avance de las ruedas, mientras se mejora la estabilidad del vehículo.

Nota. En la siguiente tabla se pueden identificar las ventajas y desventajas de la suspensión independiente con brazos tirados. Tomado de (Pérez, 2018)

Figura 18

Suspensión independiente con brazos tirados



Nota. Sistema de suspensión independiente con brazos tirados. Tomado de (Multiservicio Automotriz, 2018)

Suspensión Mc Pherson

La suspensión es uno de los elementos más importantes para el vehículo, por este motivo existen algunos tipos cada uno con sus respectivas ventajas y desventajas, entre todos estos puntos de vista la que más destaca es la suspensión McPherson, que fue creada por Earle S. McPherson en los años 40 y patentado por Ford en 1953, que con el tiempo ha sido para eje delantero de la mayoría de los vehículos. (Donaire, 2021)

Funcionamiento:

En la suspensión McPherson, son el amortiguador y el muelle los que se encargan de absorber los baches. Es el encargado de mantener a la rueda en su correcto lugar, gracias a la mangueta, que es mantenida en su lugar gracias al amortiguador y el brazo inferior. Según lo menciona (García G. , 2021), *“Gracias a la separación funcional de las fuerzas longitudinales en el soporte delantero y de las laterales, en el soporte trasero, se obtiene una gran agilidad de marcha, además de una*

gran seguridad y un confort interior muy elevado sin que estas dos fuerzas influyan una en la otra”.

Figura 19

Suspensión McPherson



Nota. Sistema de suspensión McPherson. Tomado de (Donaire, 2021)

Partes del sistema de suspensión McPherson:

Conjunto del muelle helicoidal y amortiguador:

Tiene como principal función el absorber las imperfecciones de la calzada y los baches, en definitiva, el que ayuda a esto es el muelle, mientras que el amortiguador es el encargado de eliminar el efecto rebote que por defecto tendría el muelle en el caso de estar solo, estos componentes van anclados al chasis de la parte superior, por se debe utilizar un compresor helicoidal para colocarlo. (Donaire, 2021)

Mangueta:

Es el soporte en el que se coloca el muelle helicoidal/amortiguador por su parte inferior, a través de las manguetas pasa el eje de la rueda, y se forma el lado vertical del triángulo con el conjunto con el amortiguador. (Donaire, 2021)

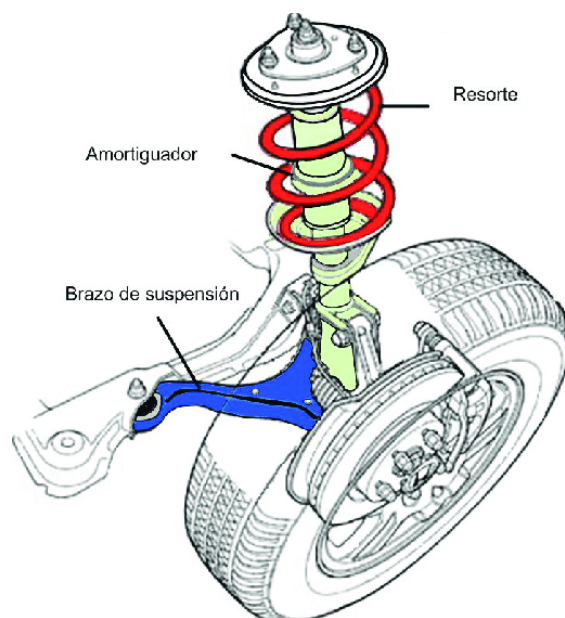
Brazo inferior:

Este va unida al bastidor por un lado de su parte baja y por el otro lado de la mangueta.

En la imagen que se muestra a continuación se puede ver las partes principales de la suspensión McPherson, de las que se ah hablando anteriormente.

Figura 20

Partes del sistema de suspensión McPherson:



Nota. Partes del sistema de suspensión McPherson. Tomado de (Hurel, 2017)

Tabla 6*Suspensión independiente McPherson*

Suspensión independiente McPherson	
Ventajas	Desventajas
Simplicidad y bajo coste de fabricación	Transmite de forma directa las vibraciones al chasis
Reducción de la masa suspendida	Provoca ruidos y vibraciones en el habitáculo
Reducción de volumen y peso	La rueda no se puede mover de forma completamente vertical

Nota. En la siguiente tabla se pueden identificar las ventajas y desventajas de la suspensión independiente McPherson. Tomado de (Donaire, 2021) y (Peraza, 2019)

Para poder hacer que el cambio de amortiguadores sea exitoso, es importante también considerar que las ruedas deben ser alineadas nuevamente, pues existen muchas fallas que se pueden generar y para poder evitarlas es importante revisar amortiguadores o rótulas, en general, se sabe que la suspensión es uno de los elementos más importantes del vehículo, como se ha mencionado anteriormente, pero no hay que dejar de lado que de ellos depende el desgaste de los neumáticos y su eficiencia en todo momento.

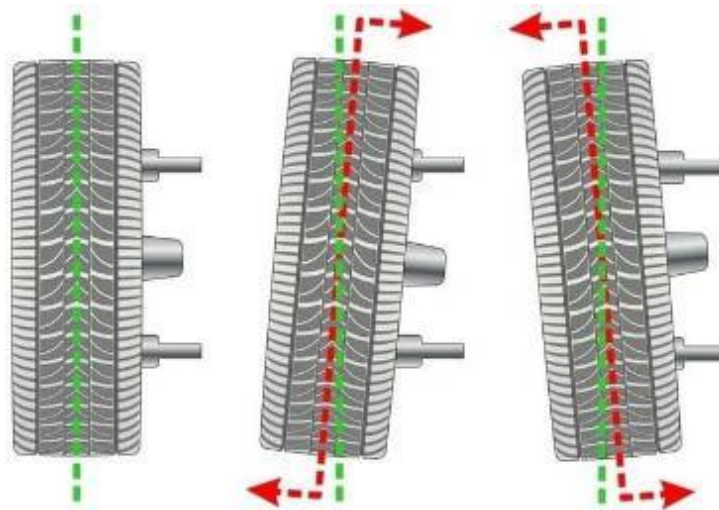
Alineación de las ruedas:

Según lo determina (AUTODOC, 2020) existen algunas señales que se pueden notar rápidamente como, por ejemplo:

- El volante presenta vibraciones al andar
- Los neumáticos presentan inconvenientes después del giro, pues no regresan a su lugar después del giro del vehículo.
- La dirección se vuelve dura, es más difícil maniobrarla
- El volante no está centrado cuando el vehículo está en línea recta.
- Cuando el volante se suelta, el vehículo tiende a desviarse sea a la derecha o a la izquierda.

Figura 21

Alineación de neumáticos

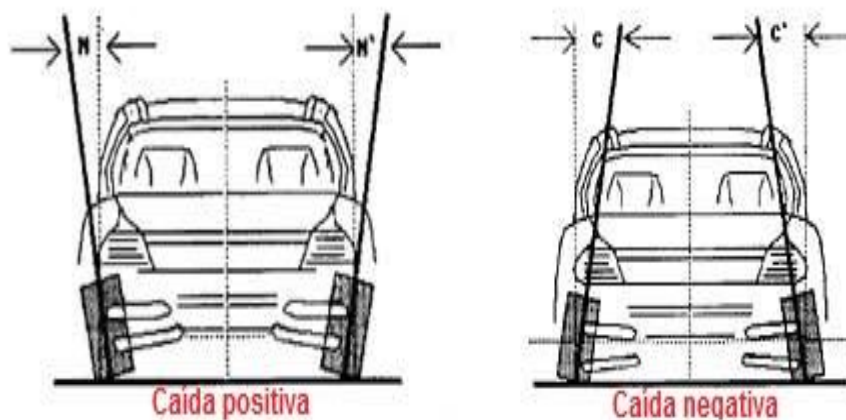


Nota. Posición correcta del neumático, y como determinar su desalineación. Tomado de (AUTODOC, 2020)

Al hablar de alineación es muy importante mencionar que cada posición de la rueda presenta un nombre que se lo determina mediante grados, pues el valor del ángulo de caída no debe superar el determinado por el fabricante en este caso en ángulo de caída debe estar entre 0.5° a 4° , caso contrario, se producirá un desgaste irregular en el neumático por ejemplo, si la parte de arriba de la rueda se inclina hacia afuera se puede producir una caída positiva, mientras que se puede producir una caída negativa si la parte superior del neumático se encuentra inclinada hacia adentro.

Figura 22

Caída positiva y negativa del neumático



Nota. Posición incorrecta del neumático, con su caída positiva y negativa. Tomado de (Mta Motorsport, 2021)

Avance de pivote:

En este caso se tiene dos tipos de avance, el aumento y la disminución, de los que se hablará a continuación:

Aumento de avance:

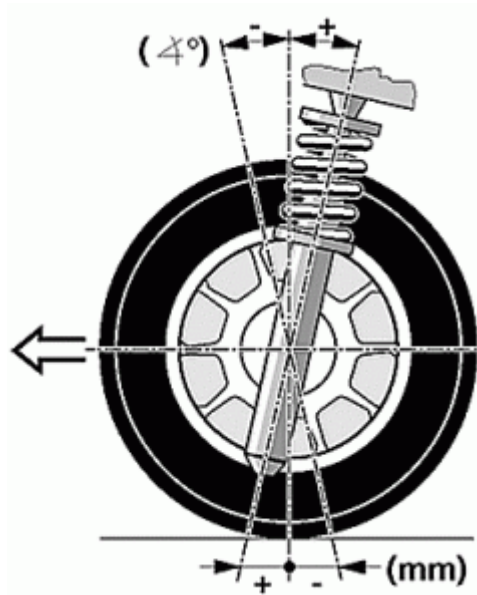
Es importante considerar que este aspecto, mejora la estabilidad del vehículo en zonas rápidas y apoyos largos, proporcionando así una sensación de comodidad, en zonas lentas pierde tracción, sin embargo, en un terreno muy variado pierde agilidad, endureciendo así el giro de la tracción. (Mta Motorsport, 2021)

Disminución de avance:

La ventaja que se gana al disminuir el avance es una ganancia proporcional de transmisión y agilidad en un terreno irregular, facilita el giro de dirección, pero así mismo su desventaja es proporcionar inseguridad en altas velocidades. (Mta Motorsport, 2021)

Figura 23

Avance de Pivote



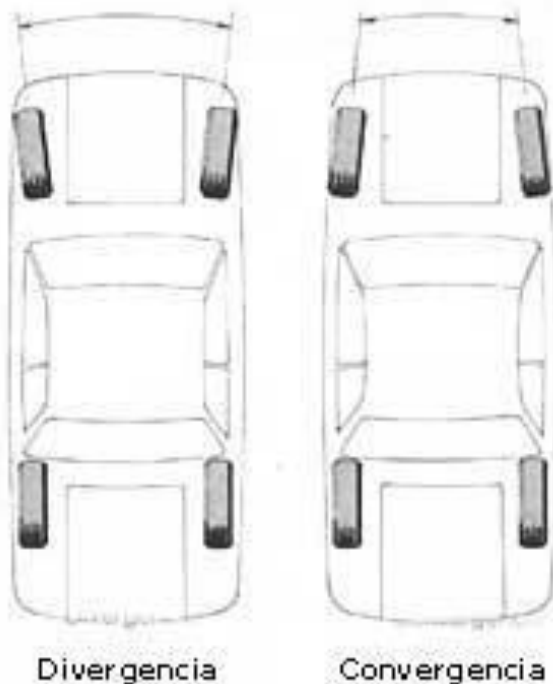
Nota. Posición incorrecta del neumático, con su avance de pivote. Tomado de (Mta Motorsport, 2021)

Convergencia y divergencia de ambos trenes:

En este caso se define como ángulo de convergencia al ángulo formado por los planos medios de las ruedas con el eje longitudinal del vehículo, existe convergencia de signo positivo cuando los planos medios de las ruedas tienden a juntarse en la parte delantera del automóvil, por lo tanto existe una convergencia y signo negativo se presenta cuando los planos medios de las ruedas tienen a juntarse en la parte posterior del vehículo, o a su vez alejarse de la parte delantera del vehículo, otro nombre con lo que se lo puede conocer es divergencia, para mayor comprensión se indica en la imagen a continuación. (Moya, 2018)

Figura 24

Convergencia y divergencia



Nota. Posición incorrecta del neumático, convergencia y divergencia. Tomado de (Mta Motorsport, 2021)

Al hablar de la suspensión también es importante hablar del subviraje o sobreviraje, pues la idea de esto es hacer que el comportamiento del vehículo debe ser lo más neutro posible.

Subviraje:

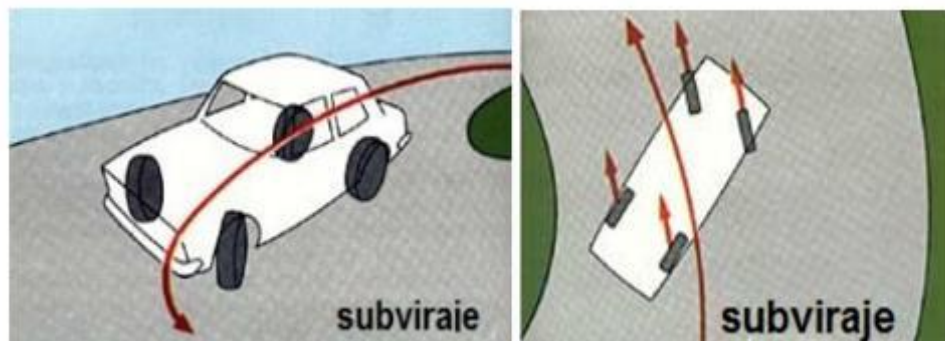
Cuando el vehículo es subvirador tiene la tendencia a salirse de la curva debido a la parte delantera del vehículo.

Existen algunas causas que producen el subviraje según lo afirma (Mta Motorsport, 2021) como, por ejemplo, las que se detallan a continuación:

- Barra estabilizadora delantera dura (en comparación con la trasera).
- Barra estabilizadora trasera blanda (en comparación con la delantera).
- Resortes delanteros muy duros.
- Resortes traseros muy blandos.
- Amortiguación delantera muy fuerte en tarados (en comparación con la trasera).

Figura 25

Subviraje



Nota. Posición incorrecta del neumático, subviraje. Tomado de (Mta Motorsport, 2021)

Sobreviraje:

Cuando el vehículo es sobrevirador es aquel que tiene la tendencia a salirse de la curva debido a la parte trasera del mismo.

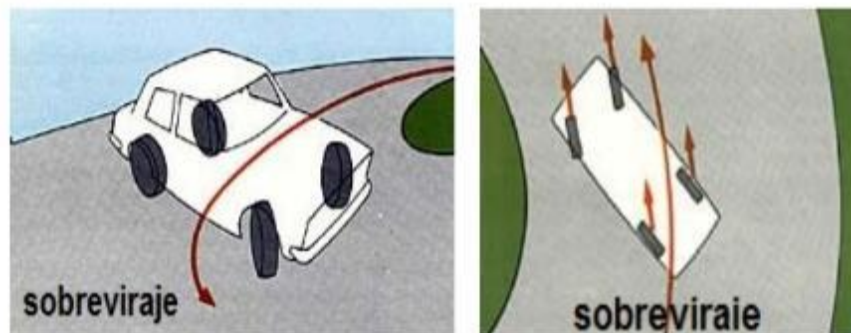
Las causas que producen el sobreviraje se detallan a continuación según (Mta Motorsport, 2021)

Barra estabilizadora trasera dura (otro síntoma es la mala tracción en curvas lentas).

- Resortes traseros muy duros (en relación a los delanteros).
- Amortiguación trasera fuerte en tarados.
- Amortiguación delantera floja en tarados.
- Carga aerodinámica floja atrás o demasiado importante delante.
- Caída positiva en el tren trasero o poco negativa.
- Altura de chasis trasero muy elevada (en comparación con la delantera).

Figura 26

Sobreviraje



Nota. Posición incorrecta del neumático, sobreviraje. Tomado de (Mta Motorsport, 2021)

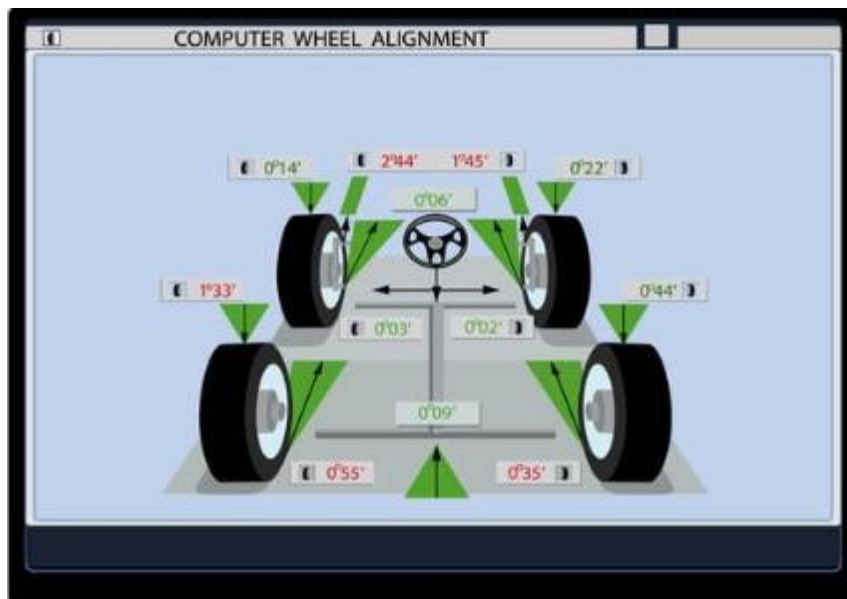
Para evitar todos estos inconvenientes con los neumáticos al realizar un cambio de suspensión, es importante saber que se debe alinearlos, para ello se detalla a continuación los pasos para el trabajo correspondiente, según lo detalla (AUTODOC, 2020) a continuación.

- Se aseguran las ruedas por las llantas utilizando las garras y se conectan los platos goniométricos.
- Los paneles de las garras son detectados por los captadores y empiezan a proporcionar información.
- Con la finalidad de compensar el alabeo, se eleva el vehículo por su parte trasera para liberar las ruedas. El ordenador debe mostrar unos valores dentro de un rango adecuado si la compensación es correcta.
- Cuando se hayan compensado las ruedas de la parte trasera, se hace lo mismo con las delanteras.
- A continuación, se mide el avance, la divergencia en curva, la salida y el ángulo máximo de giro.
- Se echa el freno y se bachea el sistema de la suspensión para un buen asentamiento de la misma.
- Se nivelan y se fijan los captadores, girando las ruedas según vaya indicando el equipo, para así ir comprobando el ángulo de salida y el ángulo de avance de la rueda delantera.
- Una vez la dirección esté recta, se comprueba el nivelado de los captadores.
- Cuando vuelven las ruedas a su posición recta, entonces tendremos los datos de la medición.

- En el equipo, se muestran los datos dentro de los valores adecuados en verde y en rojo los que se encuentran fuera de los valores considerados tolerables.
- Proceso de alineado de los neumáticos
- Con estos datos, se pueden conocer datos como el desplazamiento entre ejes, el retraso entre ejes, el retraso del eje posterior, los ángulos relativos al eje trasero, etcétera.

Figura 27

Valores de Alineación



Nota. Posición correcta del neumático después de su alineación. Tomado de (AUTODOC, 2020)

Capítulo III

3. Desarrollo del proyecto

En este capítulo se va a proceder a realizar un manual técnico para el sistema de suspensión delantera y posterior en el vehículo Volkswagen Fox.

Para poder iniciar con el desarrollo del mismo se debe tomar en cuenta pasos a considerar desde su desmontada, pues el posible daño del componente está presente en cualquier momento. En el anexo A se puede identificar una vista general del montaje de la suspensión delantera.

3.1. Selección de componentes de la suspensión delantera y posterior

Para poder realizar la implementación de la suspensión delantera se requiere de ciertos componentes, que se detallarán a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 7

Componentes de la suspensión delantera

Orden	Componente
1	Mangueta
2	Brazo inferior
3	Conjunto muelle helicoidal y amortiguador
4	Silentblocks

Nota. en la imagen se puede ver los componentes utilizados para la implementación de la suspensión delantera.

En la tabla 8 se pueden identificar a los componentes que fueron usados para la implementación de la suspensión posterior.

Tabla 8

Componentes de la suspensión posterior

Orden	Componentes
1	Muelles helicoidales
2	Barra de torción
3	Barra estabilizadora
4	Rótulas
5	Mangueta y buje
6	Tijeras, brazos de suspensión o trapecios
7	Amortiguadores

Nota. en la tabla se muestran los componentes que se van a utilizar para la implementación de la suspensión posterior.

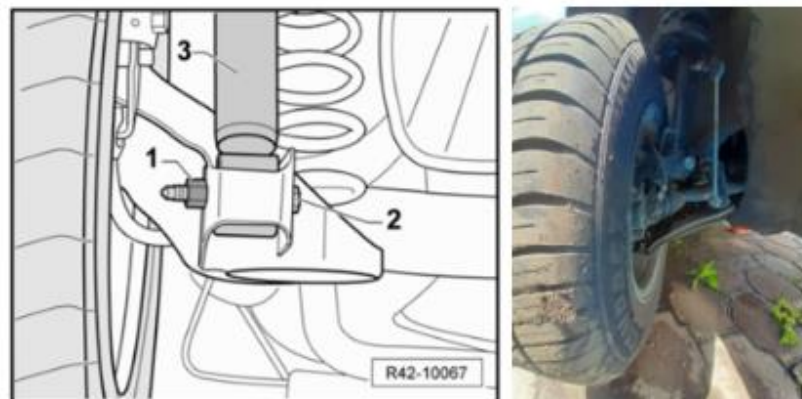
3.2. Implementación de los componentes de la suspensión delantera y posterior

3.2.1. Instalación del amortiguador

- Instalar el amortiguador.
- Fijar el amortiguador (3) con un tornillo hexagonal nuevo (2) y una tuerca de fijación nueva (1) al eje trasero.

Figura 28

Montaje de amortiguación

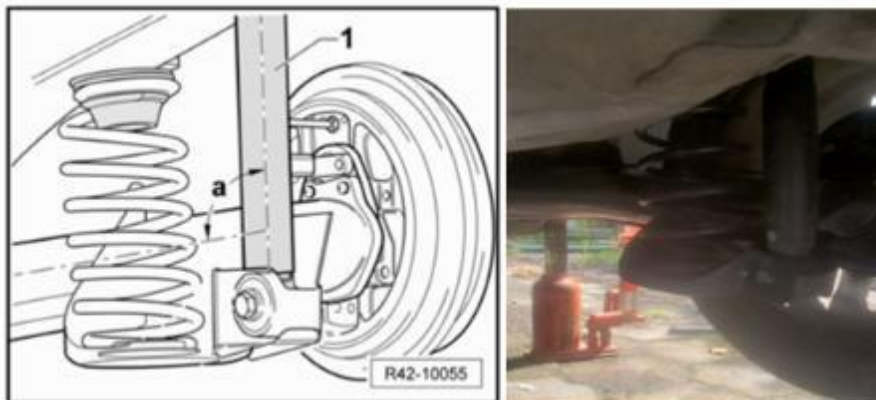


Nota. Orden de montaje de amortiguación

Observar el ángulo de montaje mostrado con la letra (a) del amortiguador en relación con el centro del brazo de suspensión (eje trasero), durante la fijación del conjunto amortiguador al conjunto eje trasero

Figura 29

Ángulo de montaje de eje trasero



Nota. Ángulo de montaje del eje trasero/amortiguador 1 - Amortiguador a - aproximadamente $96,75^\circ \pm 2^\circ$

Pares de apriete:

En la tabla que se muestra a continuación se puede ver los pares de apriete correspondientes para poder realizar un buen montaje del amortiguador

Tabla 9

Pares de apriete de la amortiguación

Componente	Pares de apriete
Amortiguador a la carrocería	30 Nm + 90°
Utilizar tornillos de fijación nuevos	
Amortiguador al eje trasero	40 Nm + 90°

Componente	Pares de apriete
------------	------------------

Utilizar tornillos/tuercas de fijación

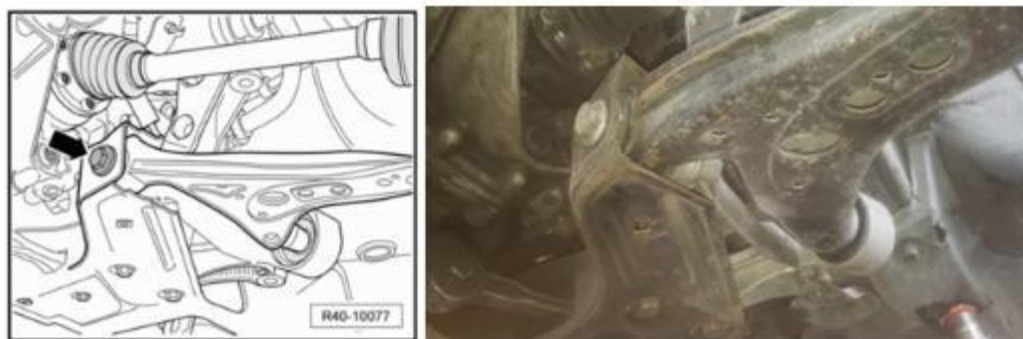
nuevas

Nota. en la tabla mostrada se puede identificar los valores que se deben usar para realizar el apriete de los componentes.

3.2.2. Instalación de brazos de apoyo

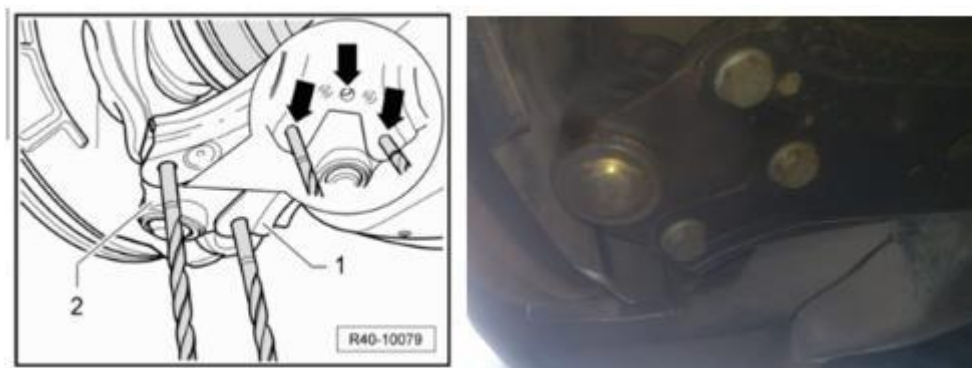
Instalar el brazo de apoyo en la consola con la ayuda de un martillo de goma, si es necesario.

- Montar y ajustar el tornillo de fijación mostradas por la flecha.
- Instalar la guía de articulación en el brazo de apoyo.
- Si el brazo de apoyo no se sustituye, colocar los tornillos de fijación (en la marca antigua) de la guía de articulación en el brazo de apoyo.

Figura 30*Ajuste de tornillos de fijación*

Nota. Ajuste de tornillos mostrados en la flecha

Para una mejor ubicación de los orificios, utilizar dos punzones con \varnothing de 8,3 mm o, como se indica en la figura, dos taladros con un \varnothing de 8,3 mm.

Figura 31*Ubicación de orificios*

Nota. Utilización de orificios para poder colocar los pernos de sujeción de los brazos de apoyo.

- Instalar el terminal de dirección en la caja del rodamiento de la rueda.

Pares de apriete

En la tabla que se muestra a continuación se puede identificar los valores denominados par de apriete, para colocar los brazos de apoyo.

Tabla 10

Par de apriete de brazos de apoyo

Componentes	Par apriete
Terminal de dirección a la caja del rodamiento de la rueda	20 Nm + 90°
Utilizar tuercas de fijación nuevas	
Brazo de apoyo (transversal) a la consola del cuadro auxiliar	70 Nm + 90°
Utilizar tornillos de fijación nuevos	
Guía de articulación al brazo de apoyo	20 Nm + 90°
Utilizar tornillos de fijación nuevos	

Nota. en la tabla mostrada se puede identificar los valores que se deben usar para realizar el apriete de los brazos de sujeción.

El resto del montaje se realiza siguiendo el orden inverso al desmontaje

3.2.3. Instalación de la guía de articulación

Guía de articulación izquierda

La flecha con la denominación “L4” señala el sentido de la marcha del vehículo para los chasis de 14”

Figura 32

Guía de articulación izquierda



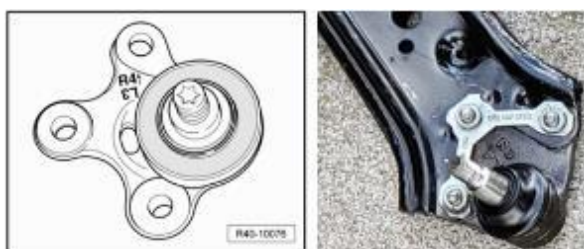
Nota. Como se debe colocar la guía de articulación.

Guía de articulación derecha

La flecha con la denominación “R4” señala el sentido de la marcha del vehículo para los chasis de 14”

Figura 33

Guía de articulación derecha



Nota. Como se debe colocar la guía de articulación

Precaución:

Observar atentamente la posición de montaje de las guías de articulación, ya que, de no ser correcta, el avance tampoco estará bien posicionado.

3.2.4. Montaje el cojinete soporte de goma y brazo transversal

- El montaje del cojinete soporte de goma en la consola se realiza de forma “simétrica” en ambos lados, el siguiente procedimiento se refiere solamente a uno de ellos.
- Posición de montaje del cojinete soporte de goma.
- El perno del cojinete soporte de goma mostradas con la flecha A debe estar alineado con la marca en la consola mostrada con la flecha B.

Figura 34

Montaje el cojinete soporte de goma y brazo transversal



Nota. Posición de montaje del cojinete soporte de goma.

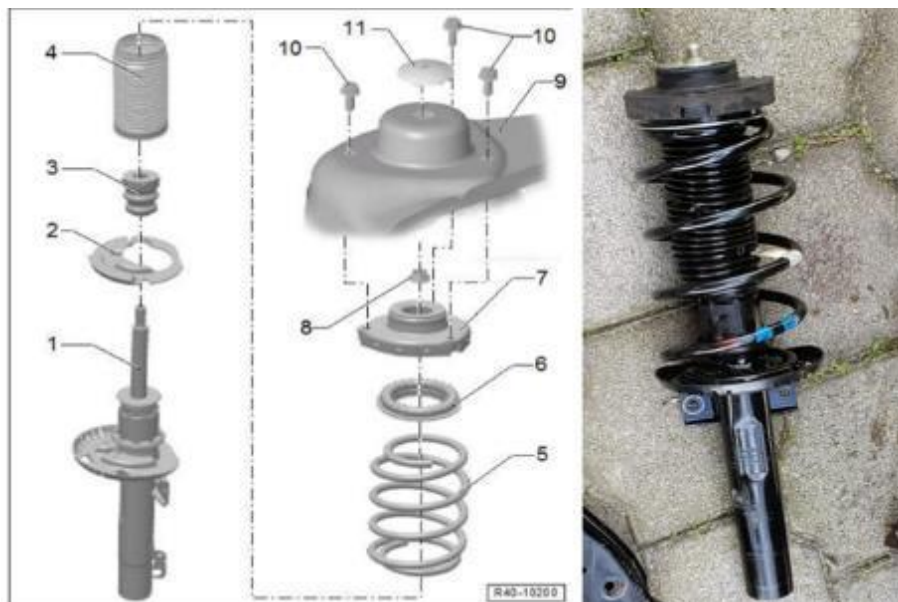
- Trazar una línea perpendicular al perno del cojinete para facilitar la instalación, usando, por ejemplo, un bolígrafo hidrográfico.
- Aplicar una fina capa de pasta de montaje de neumáticos en el cojinete soporte de goma.
- Montar el cojinete soporte de goma (1) en la consola (2).
- Instalar el brazo de apoyo (transversal)

3.2.5. Montaje de la columna de la suspensión

Sustituir siempre las tuercas/tornillos autoblocantes y tornillos sometidos a par angular, solamente pueden montarse amortiguadores de la misma marca en un mismo vehículo.

Figura 35

Montaje de la columna de suspensión



Nota. En la imagen se puede determinar números que corresponde a la siguiente descripción

1 - Amortiguador

2 - Apoyo de goma

- Se aplica a este vehículo

3 - Tope

4 - Guardapolvo del amortiguador

5 - Muelle helicoidal Desmontar e instalar

- Observar la codificación de colores.
- Correspondencia de resortes a través del número PR Estos números figuran en la etiqueta de identificación del vehículo
- La superficie externa de los resortes no debe estar dañada

6 - Rodamiento de bolas axial

7 - Soporte de la columna de suspensión o torre de suspensión

8 - Tuerca hexagonal

- Autoblocante
- 60 Nm
- Sustituir después de cada desmontaje

9 - Carrocera

10 - Tornillo hexagonal

15 Nm + 90°

- Sustituir después de cada desmontaje
- En primer lugar, siempre se debe instalar los tornillos de la lateral interna del vehículo

11 - Capa

3.2.6. Instalación de la barra estabilizadora

- Instalar el nuevo cojinete de goma (1) en la barra estabilizadora a través de la apertura señalada con la flecha.

Precaución:

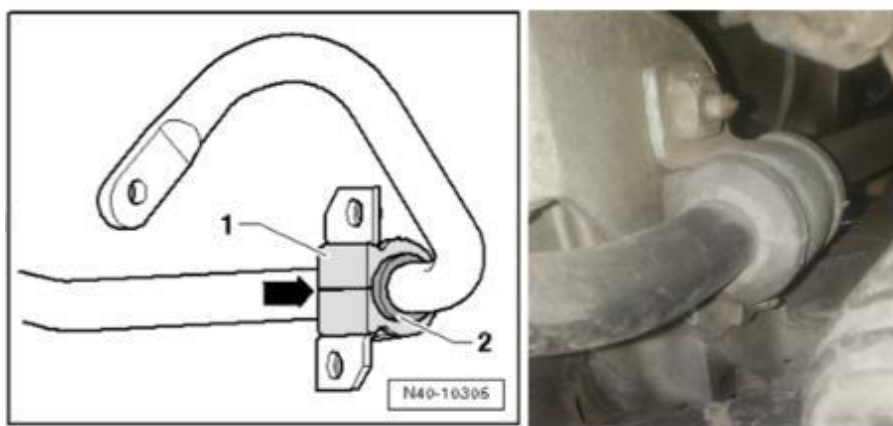
Asegurarse de que la arista exterior del cojinete de goma (1) toque el tope (2).

Es posible que el tope (2), de acuerdo a la versión, se ubique a la derecha o la izquierda del cojinete de goma.

- Montar la barra estabilizadora y fijarla a la consola con las abrazaderas. Par de apriete,
- Posicionar el cuadro auxiliar.
- Fijar la caja de dirección al cuadro auxiliar (soporte de agregados).
- Montar la rueda delantera y ajustar los tornillos.

Figura 36

Instalación de la barra estabilizadora



Nota. Instalación de la barra estabilizadora

Pares de apriete

En la tabla que se muestra con el número 9 se puede ver a los respectivos pares de apriete que requiere la barra estabilizadora.

Tabla 11

Pares de apriete de instalación de la barra estabilizadora

Componente	Pares de apriete
Barra estabilizadora a la consola	20 Nm + 90°
Utilizar tornillos de fijación nuevos	
Caja de dirección al cuadro auxiliar	50 Nm + 90°
(soporte de agregados)	
Utilizar tornillos de fijación nuevos	

Nota. en la tabla mostrada se puede identificar los valores que se deben usar para realizar el apriete de la barra estabilizadora.

3.2.7. Instalación de resorte

- Asegurarse de que el plato inferior del resorte no esté dañado.
- Sustituirlo si es necesario.
- Instalar el resorte junto con el disco de apoyo del resorte.
- El extremo de la espiral deberá apoyarse en el tope superior mostrados mediante una flecha.

- Liberar el resorte y retirar el Dispositivo compresor

Figura 37

Instalación de resorte

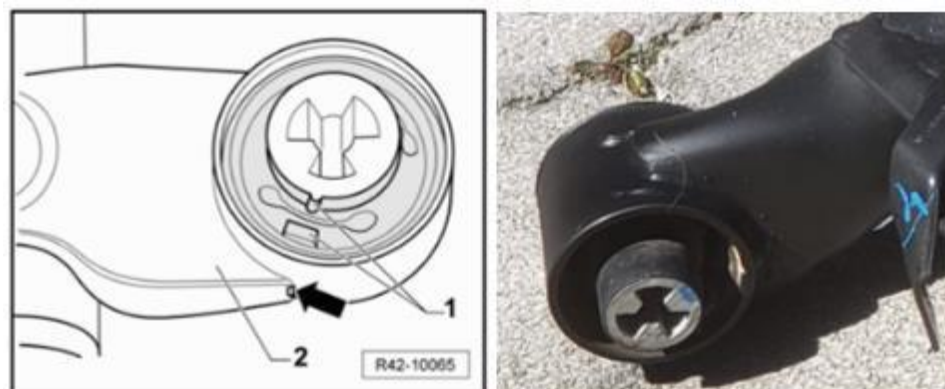


Nota. Montaje del resorte o muelle.

3.2.8. Instalación del cojinete de metal

El cojinete de metal-goma presenta unas marcas (1) en la parte frontal. Estas marcas deberán quedar a la altura del reborde marcado por la flecha del brazo de apoyo (2).

- Identificar la posición de las marcas (1) en la superficie cilíndrica del cojinete de metal y goma.
- Instalar el cojinete de metal-goma

Figura 38*Instalación del cojinete de metal*

Nota. Montaje del cojinete de metal.

Pares de apriete

En la tabla que se muestra a continuación se puede ver a los respectivos pares de apriete para poder realizar el montaje del cojinete de metal.

Tabla 12

Pares de apriete del cojinete

Componentes	Par de Apriete
Tornillo inferior de fijación del amortiguador en el eje trasero	40 Nm + 90°

Componentes	Par de Apriete
Utilizar tornillos de fijación nuevos	
Utilizar tuercas de fijación nuevas	
Tornillos/tuercas de fijación del cuerpo del eje a la carrocería	45 Nm + 90°
Utilizar tornillos de fijación nuevos	
Utilizar tuercas de fijación nuevas	

Nota. En la tabla se puede verificar los torques que se requieren para instalar los cojinetes de metal.

3.3. Desmontaje de componentes de la suspensión delantera y posterior

Desmontaje de suspensión delantera

3.3.1. Desmontaje de guía de articulación y rodamientos

- Liberar la tuerca de fijación (dodecagonal) del eje articulado
- Desmontar la correspondiente rueda.
- Marcar la posición de montaje de los tornillos como se puede identificar en las flechas de la imagen que se muestra a continuación, estos forman parte de la guía de articulación, que se la identifica con el número 1, y en el brazo de apoyo 2.

Figura 39

Identificación de pernos de guía de articulación

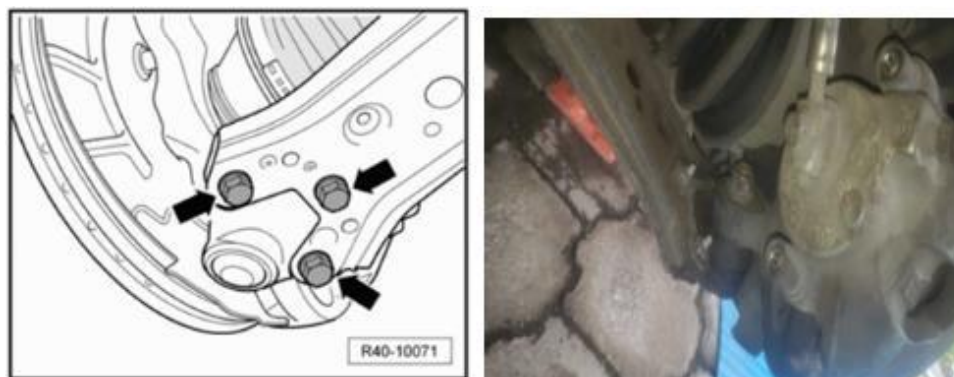


Nota. Pernos que se deben desmontar para poder retirar la guía de articulación.

- Desajustar los tornillos de fijación que se los puede identificar mediante las flechas colocadas en la imagen 33.
- Descolocar la columna de suspensión junto a la guía de articulación, alejándola del brazo de apoyo.

Figura 40

Desmontaje de pernos



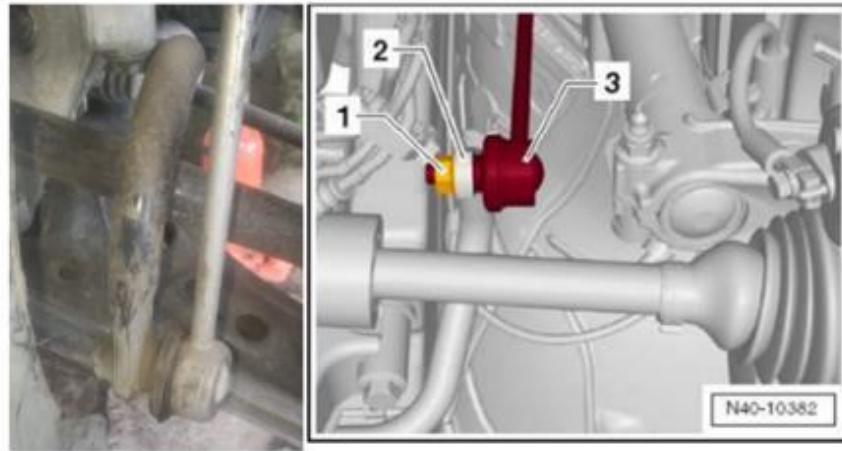
Nota. Pernos que se deben desmontar para poder retirar la guía de articulación

En el caso de existir barra estabilizadora

- Retirar las tuercas hexagonales marcadas con el número 1 de ambos lados de la varilla de acoplamiento que se la identifica con el número 3.
- Extraer la varilla de acoplamiento (3) de la barra estabilizadora (2)

Figura 41

Extracción de varilla de acoplamiento

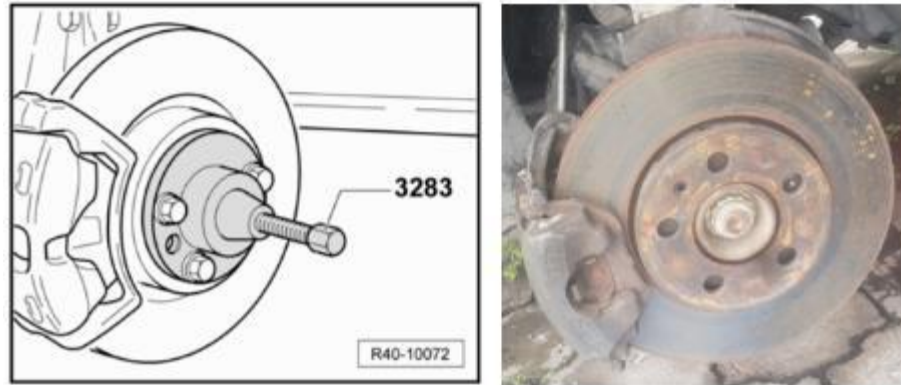


Nota. Extracción de varilla de acoplamiento (3)

Presionar el eje hacia afuera de la caja del rodamiento. Para esto, instalar el Extractor según lo indica la figura.

Figura 42

Uso de extractor



Nota. Uso del extractor con la finalidad de empujar el eje, fuera de la caja del rodamiento.

Aviso

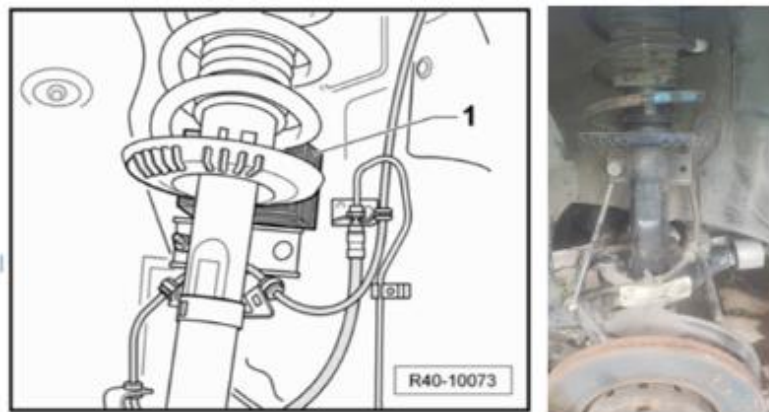
- Al presionar el eje hacia afuera, asegurarse de que exista suficiente espacio libre.
- Tirar la columna de suspensión hacia afuera y apoyarla, utilizando (por ejemplo) un bloque de madera que en la imagen se señala con el número 1 y, al mismo tiempo, retirar el eje articulado hacia afuera del rodamiento de la rueda.
- Fijar el eje articulado a la carrocería con la ayuda de un alambre.

Aviso

El eje articulado no debe presionarse hacia abajo. De lo contrario, la articulación interna se dañará por estar excesivamente inclinada.

Figura 43

Soporte en la columna de la suspensión

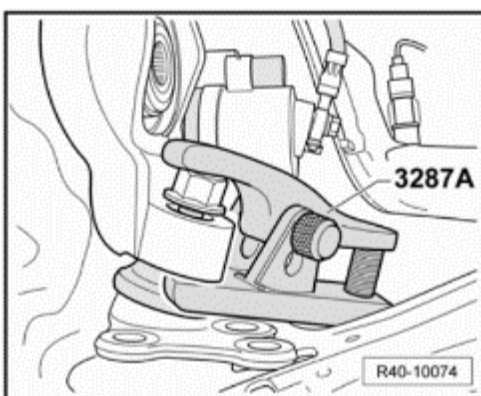


Nota. Soporte colocado como apoyo en la columna de suspensión

- Posicionar el extractor según lo indicado en la figura y presionar la guía de articulación
- Desmontar la guía de articulación.

Figura 44

Desmontaje de guía de articulación



Nota. Desmontaje de la guía de suspensión.

3.3.2. Desmontaje de brazos de apoyo

- Levantar el vehículo hasta la altura de trabajo.
- Desmontar la correspondiente rueda delantera.
- Retirar la tuerca hexagonal que se indica en la imagen con el número 1 del terminal de dirección.

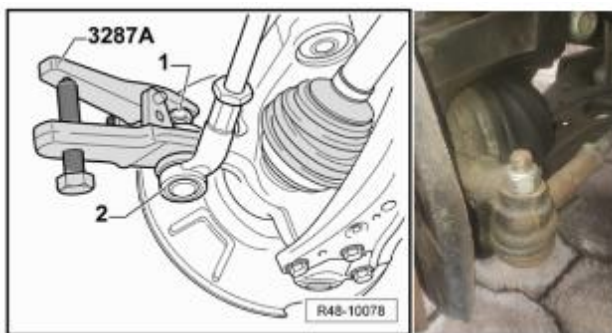
Recomendación:

Para proteger la rosca, dejar la tuerca atornillada algunas vueltas en el terminal de dirección.

- Separar el terminal de dirección que se lo identifica en la imagen con el número 2 de la caja del rodamiento de la rueda, utilizando el Extractor. Si no es necesario sustituir el brazo de suspensión, realizar lo siguiente:

Figura 45

Separación del terminal de dirección

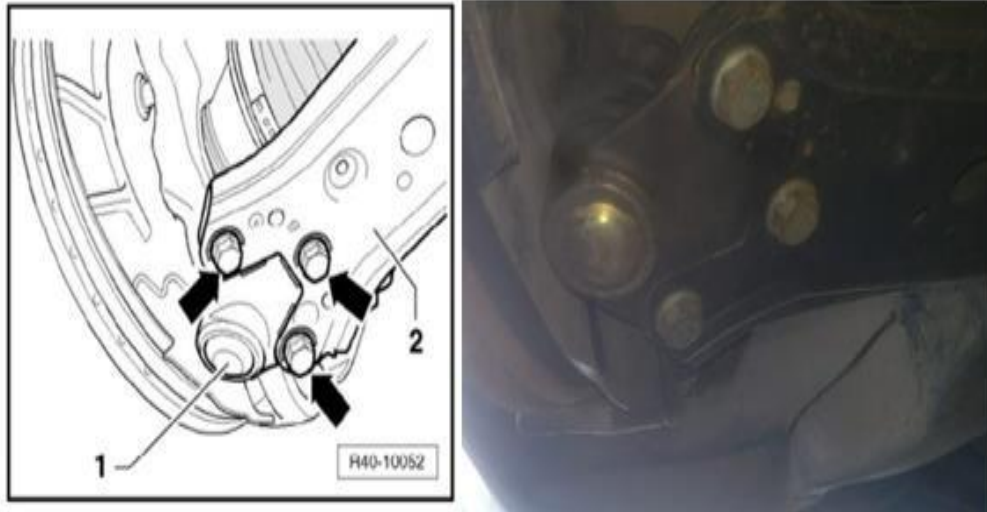


Nota. Separación del terminal de dirección mediante el uso del extractor.

- Marcar la posición de montaje de los tornillos como se muestra en las flechas de la imagen a continuación, de la guía de articulación (1) en el brazo de apoyo (2).

Figura 46

Posición de montaje de tornillos

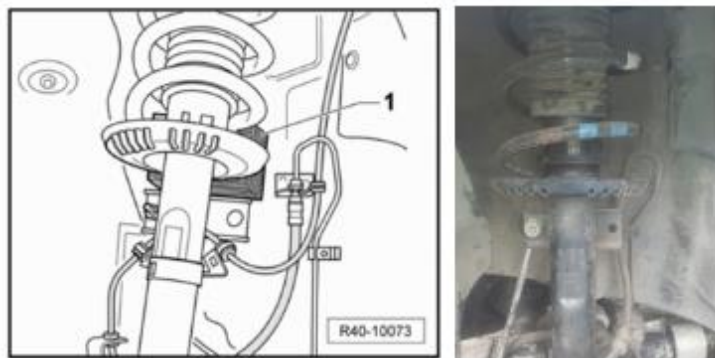


Nota. Determinación de posición de los tornillos de la guía de articulación

- Desajustar los tornillos de fijación mostrados en las flechas.
- Descolocar la columna de suspensión junto a la guía de articulación, alejándola del brazo de apoyo.
- Extraer la columna de suspensión hacia afuera y apoyarla, utilizando un bloque de madera -1- como se puede ver en la imagen que se presenta a continuación.

Figura 47

Extracción de la columna de suspensión

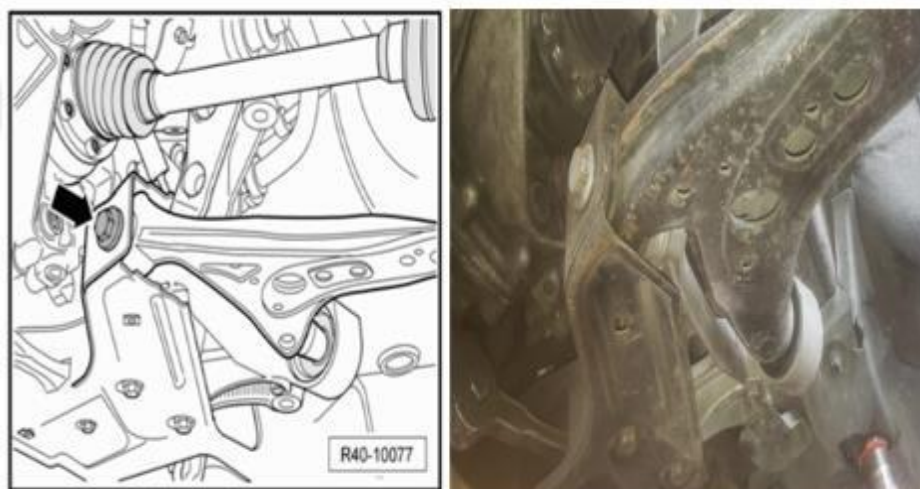


Nota. Desmontaje de tornillos para la extracción de la columna de suspensión

- Marcar la posición de montaje del tornillo de fijación -flecha-.
- Desmontar el tornillo de fijación identificado mediante la flecha y desplazar el brazo de apoyo hacia afuera del cuadro auxiliar.

Figura 48

Desmontaje del brazo de apoyo



Nota. Desmontaje de brazo de apoyo

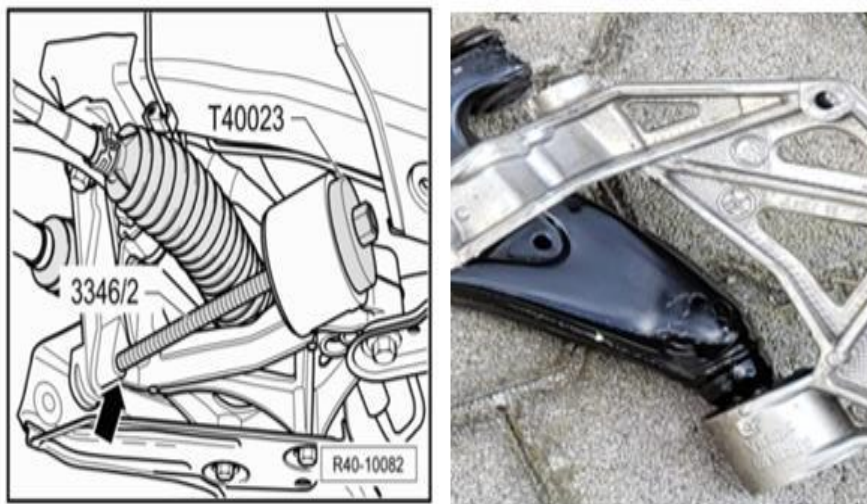
- Retirar brazos de apoyo

3.3.3. Desmontaje del cojinete soporte de goma

- Desmontar el brazo de apoyo (transversal)
- Retirar parcialmente el insonorizante, de haber uno
- Presionar el insonorizante hacia abajo y posicionar el Colocador y el Extractor / Colocador -por detrás del apoyo.
- Utilizando el Colocador, atornillar la rosca de la consola -flecha hasta que la herramienta Extractor / Colocador se asiente en el apoyo.
- Retirar el cojinete soporte de goma.

Figura 49

Desmontaje del cojinete soporte de goma



Nota. Desmontaje del cojinete soporte de goma.

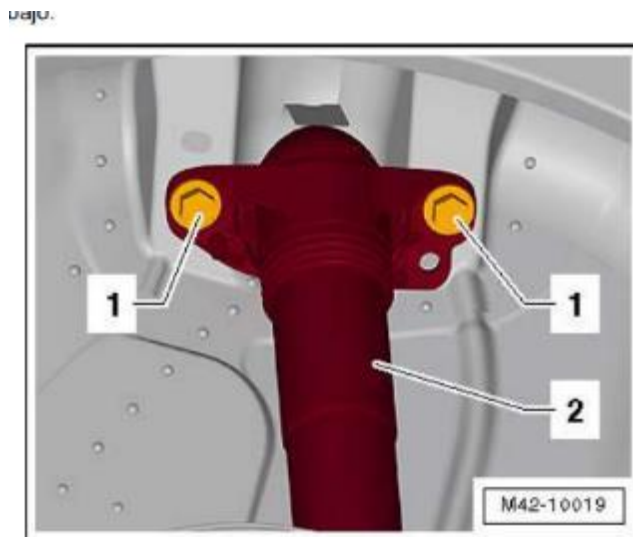
Desmontaje de suspensión posterior

3.3.4. Desmontaje de amortiguador

- Elevar el vehículo hasta la altura de trabajo.
- Desmontar los tornillos de fijación marcados con el número 1 y del amortiguador que está identificado con el número 2, en la imagen 29
- Aflojar la tuerca 1 y el tornillo hexagonal 2 del amortiguador que está señalado con el número 3 del eje trasero.
- Retirar el amortiguador.

Figura 50

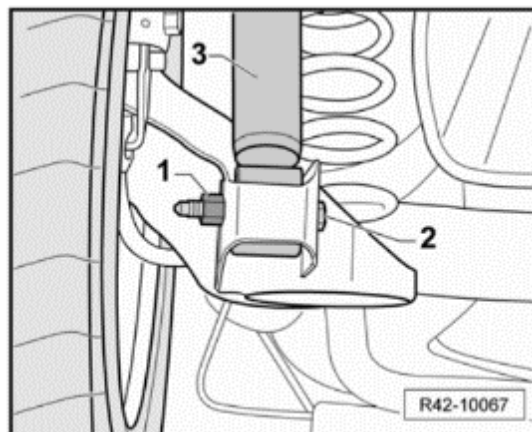
Desmontaje de tornillos de amortiguador



Nota. En la imagen se muestra cómo se debe realizar el montaje de los tornillos del amortiguador.

Figura 51

Tornillos inferiores de amortiguador



Nota. En la imagen se muestra cómo se debe realizar el desmontaje de los tornillos de la parte inferior del amortiguador.

Figura 52

Tornillos de la suspensión desmontados



Nota. En la imagen se muestra el desmontaje de los tornillos de la parte inferior del amortiguador.

3.3.5. Desmontada del eje trasero

Para poder realizar este manual se tomó como referencia al manual indicado en el Anexo XX

Se deben considerar los siguientes pasos para poder realizar un trabajo eficiente:

- Medir la distancia entre el pasa ruedas y el centro de la rueda
- Retirar la consola central
- Soltar el freno de mano
- Aflojar la tuerca de ajuste del freno de mano -flecha- para que sus cables puedan ser retirados del ecualizador.
- Instalar el Dispositivo para presionar el pedal de freno
- De esta forma se previene el drenaje del líquido de frenos de los tubos de freno y de la unidad hidráulica del ABS.
- Levantar el vehículo hasta la altura de montaje

Sujetar el vehículo a la plataforma elevadora Antes de desmontar el eje trasero, sujetar el vehículo en el brazo de soporte de la plataforma elevadora. Para evitar que el vehículo se desarme.

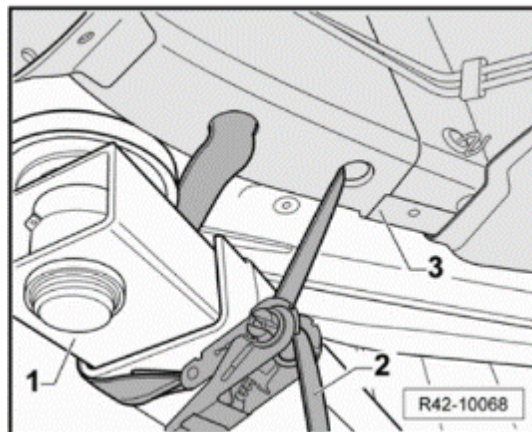
Figura 53*Sujeciones seguras del vehículo*

Nota. Sujeciones seguras para empezar con el desmontaje de la suspensión posterior

- Retirar los tapones de la carrocería (3) y pasar la Cinta tensora por los orificios.
 - 1 - Brazo del elevador
- 2 - Cinta tensora
- El vehículo debe estar sujeto en ambos lados con auxilio de las correas de fijación.
- Retirar las ruedas.
- Desconectar el conector del sensor de revoluciones.
- Retirar el cable (1) del sensor de revoluciones, desplazándolo de los ganchos - flechas

Figura 54

Componentes a desmontar



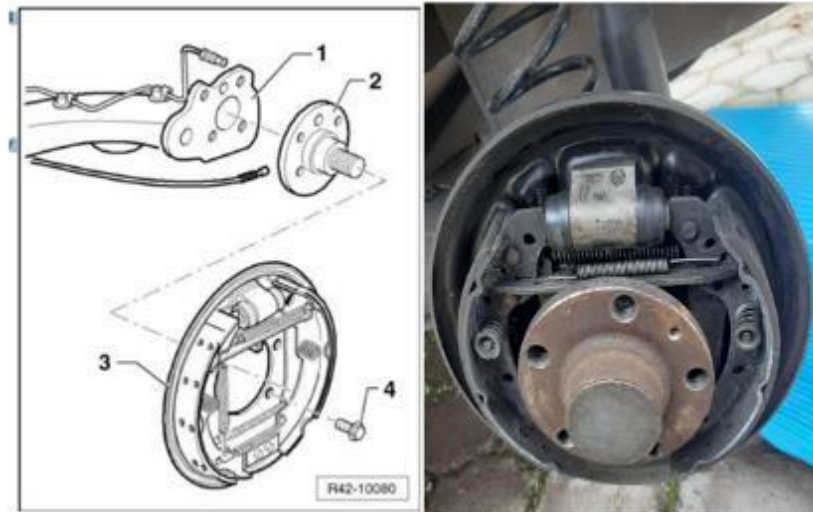
Nota. En la imagen se puede reconocer los componentes que se requiere desmontar, mediante la presencia de sus respectivos números y herramientas.

3.3.6. Desmontaje de puntas de eje para los cojinetes de la rueda.

- Retirar la rueda trasera.
- Retirar el protector del cubo de la rueda.
- Desmontar el tambor de freno.
- Remover el cubo de la rueda con cojinete
- Soltar el cable de freno de la palanca del freno de mano
- Desmontar el sensor de revoluciones en el eje trasero
- Desmontar los tornillos de fijación (4) (4 unidades) de la punta de eje (2) y del cuerpo de la pinza con mordazas de freno (3).
- Retirar la punta del eje (2).
- Fijar el cuerpo de la pinza con mordazas de freno en la carrocería (por ej. alambre).

Figura 55

Desmontaje de puntas de eje para los cojinetes de la rueda



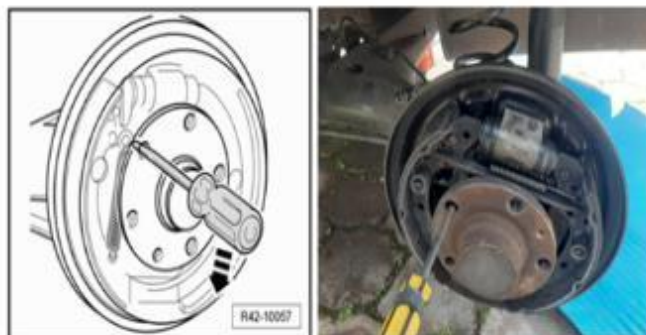
Nota. Orden de desmontaje de puntas de eje

3.3.7. Desmontar el conjunto de cojinete de la rueda

- Elevar el vehículo hasta la altura de trabajo.
- Retirar la rueda trasera.
- Desplazar el freno.
- Introducir un destornillador a través de uno de los orificios del tambor del freno y presionar la cuña hacia arriba.

Figura 56

Desmontaje del tambor de freno



Nota. Desmontaje del tambor de freno

- Desajustar el tornillo de fijación del tambor del freno y retirar también el tambor.
- Retirar la funda de protección antipolvo del alojamiento, golpeando suavemente en la garra del punzón con el Extractor de los protectores de las tuercas de los cubos.

Figura 57

Retiro de protección antipolvo



Nota. Desmontaje de la protección antipolvo

Capítulo IV

4. Pruebas de funcionamiento

En este capítulo se deben realizar las pruebas de funcionamiento del sistema de suspensión delantero y posterior implementado en el vehículo Volkswagen Fox.

4.1. Funcionamiento del sistema de suspensión

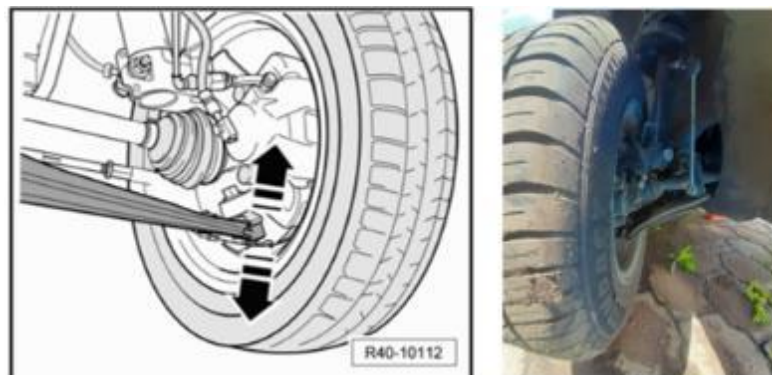
4.1.1. Verificación de estado de la guía de articulación

Verificar la holgura axial:

- Levantar el vehículo hasta la altura de trabajo
- Tirar del brazo de apoyo en el -sentido de la flecha- con fuerza hacia abajo y presionarlo nuevamente hacia arriba.

Figura 58

Verificación de holgura axial



Nota. Verificación de holgura axial.

Verificar la holgura radial:

- Posicionar ruedas/dirección en línea recta.
- Presionar fuertemente la parte inferior de la rueda hacia adentro y hacia afuera en el sentido de la flecha-.
- Girar las ruedas/dirección completamente hacia la izquierda y repetir la verificación.
- Girar las ruedas/dirección completamente hacia la derecha y repetir la verificación.

Figura 59

Verificación de la holgura radial



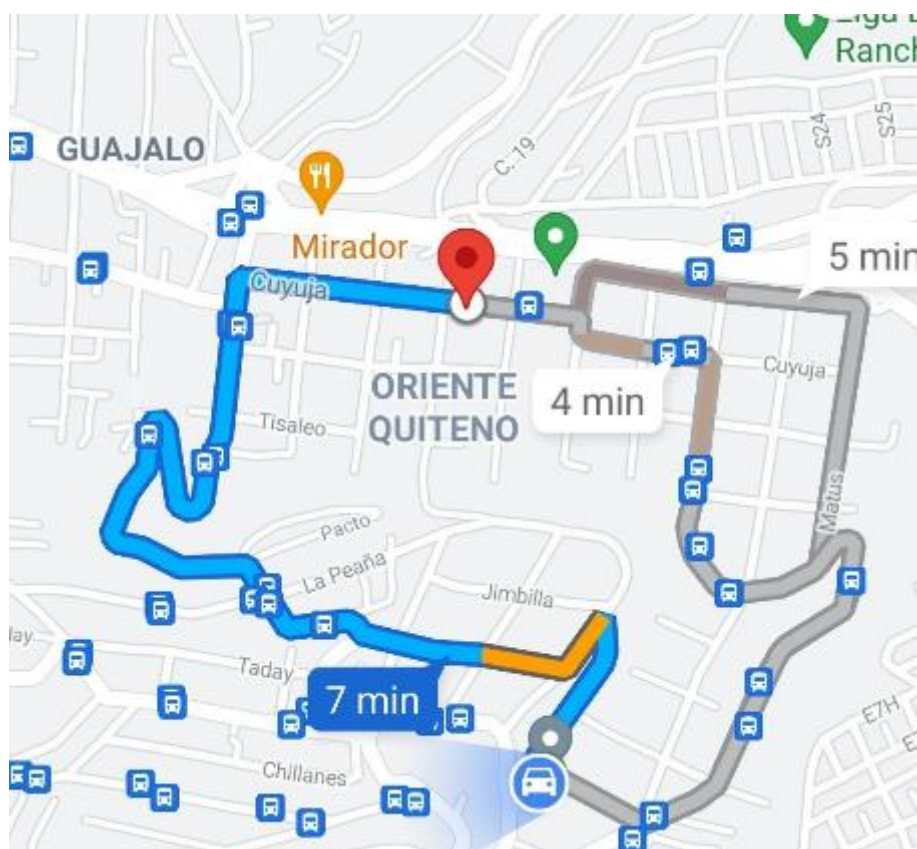
Nota. Verificación de la holgura radial

4.2. Prueba de funcionamiento en ruta.

Para poder realizar esta prueba se seleccionó la vía Cuyuja, pues en este lugar se presentan varios tipos de terreno, en el que se vio la posibilidad de hacer las pruebas de funcionamiento, para poder determinar que la suspensión que fue implementada, está en buen estado y cumple con su función correspondiente.

Figura 60

Prueba de ruta



Nota. En la imagen se puede ver la ruta que se estableció para realizar las pruebas de funcionamiento

En la siguiente imagen se puede identificar al vehículo Volkswagen fox, listo para poder ser sometido a pruebas de ruta, dichas pruebas se irán explicando a continuación

Figura 61

Vehículo antes de realizar las pruebas de ruta



Nota. En la imagen se puede ver al vehículo antes de iniciar en la prueba de ruta.

4.2.1. Prueba de trayecto accidentado

La primera ruta que se puede apreciar es en un terreno que ha sido adoquinado, sin embargo sigue presentando ciertas irregularidades, en este caso los pasajeros que van en el vehículo, no deben sentir los golpes que se generan debido a los baches, o las correspondientes inclinaciones, que se presentan, debido a la carretera.

Figura 62

Terreno Adoquinado



Nota. En la imagen se puede ver al primer tramo del terreno seleccionado.

Al hacer que el vehículo circule por este primer tramo del terreno, se pudo notar que, debido al buen trabajo de la suspensión, los pasajeros no sintieron al 100%, las inclinaciones o irregularidades que se presentan, por lo tanto, el sistema de suspensión está trabajando óptimamente, es decir se encuentra en buenas condiciones

4.2.2. Prueba al tocar fondo

En este caso, se presentaría un daño en cuanto a la suspensión, si al pasar por un terreno que generalmente está construido de piedras, el vehículo presenta golpes muy fuertes en la parte trasera.

Figura 63

Terreno de piedras



Nota. En la imagen se puede ver al segundo tramo del terreno seleccionado.

En esta prueba de ruta seleccionada se puede determinar que, al realizarla, no se generó ningún golpe en la parte posterior, debido a que existe un recorrido suficientemente bueno, para que al comprimirse la suspensión no se generen golpes.

4.2.3. Prueba sobre baches

Esta prueba se realiza cuando se observa que el vehículo rebota en repetidas ocasiones, incluso después de pasar sobre los baches.

Figura 64

Terreno con baches



Nota. En la imagen se puede ver al tercer tramo del terreno seleccionado.

En este caso, al someter al vehículo a un terreno en el que se encuentran baches presentes, se pudo determinar que no se queda pendiente ningún movimiento de rebote, por lo tanto, la suspensión y sus componentes como amortiguadores, se encuentran en buen estado.

4.2.4. Prueba de viraje accidentado

Cuando el vehículo se enfrenta directamente con un bache, y la suspensión está en mal estado, las ruedas tienden a girar sea al lado derecho o izquierdo, se observa que el volante no se ha movido en lo absoluto,

Figura 65

Terreno pavimentado



Nota. En la imagen se puede ver al cuarto tramo del terreno seleccionado.

Al encontrarse baches en el terreno seleccionado, y el vehículo haber impactado los mismos, no se generó ningún movimiento de las ruedas a ninguna dirección (izquierda o derecha), pues sus movimientos fueron en consecuencia del movimiento generado por el conductor.

4.2.5. Pruebas de sobreviraje y subviraje

En este caso se puede generar una pérdida de tracción sea en la parte delantera o posterior del vehículo, cuando el mismo se somete a una curva, generalmente se puede volver una prueba muy peligrosa, cuando el terreno está mojado debido a que se vuelve resbaladizo como se puede observar en la siguiente imagen.

Figura 66

Curvas en un terreno irregular



Nota. En la imagen se puede ver al quinto tramo del terreno seleccionado.

Para poder realizar esta prueba se puede ver que el terreno es resbaladizo, y al presentarse la curva, con las determinadas medidas de seguridad, se pudo verificar que el vehículo no perdió tracción a ningún momento, aun que es importante también determinar el estado de las llantas, ya que las mismas pueden hacer que el resultado de esta prueba cambie considerablemente.

4.2.6. Alineación

Para este tipo de situaciones, la prueba que más facilita su diagnóstico es elegir una ruta en la que el vehículo pueda moverse en línea recta, y si se observa que tiende a irse sea a la izquierda o derecha, sin necesidad de que el conductor mueva el volante, es debido a una mala alineación

Figura 67

Ruta sin irregularidades



Nota. En la imagen se puede ver al sexto tramo del terreno seleccionado.

Al dejar el vehículo desplazarse por la ruta sin irregularidades, se pudo determinar que su alineación está realizada correctamente, debido a que el vehículo no cambió de dirección, sin autorización del conductor. Y también se considera que el aire de los neumáticos sea el correcto, pues es un factor que interviene notablemente en el diagnóstico que se considera.

En la imagen que se muestra a continuación se puede identificar al vehículo, al final de las pruebas de ruta.

Figura 68

Final de la prueba de ruta



Nota. En la imagen se puede ver al vehículo al finalizar la prueba de ruta.

Capítulo V

Marco administrativo

5.1 Recursos materiales

Los materiales utilizados para el montaje y desmontaje de la suspensión tanto delantera como posterior.

Tabla 13

Recursos Materiales

Orden	Recursos Materiales	Valor Unitario	Valor Total
1	Mangueta	\$100.00	\$100.00
2	Brazo inferior	\$80.00	\$80.00
3	Conjunto muelle helicoidal y amortiguador	\$130.00	\$130.00
4	Ballestas	\$100.00	\$100.00
5	Muelles helicoidales	\$40.00	\$40.00
6	Barra de torción	\$150.00	\$150.00
7	Rótulas	\$60.00	\$60.00
8	Mangueta y buje	\$50.00	\$50.00
9	Tijeras, brazos de suspensión o trapecios	\$150.00	\$150.00
10	silentblocks	\$10.00	\$10.00
11	Amortiguadores	\$60.00	\$60.00
		Total:	\$920.00

Capítulo VI

Conclusiones y Recomendaciones

6.1. Conclusiones

- Se implementó un sistema de suspensión delantera de tipo Mc Pherson y posterior de tipo eje de torsión en la carrocería de un vehículo Volkswagen Fox
- Se investigó los tipos de sistemas de suspensión delantera y posterior utilizados en automóviles, características, modo de empleo y funcionamiento de cada uno de ellos, así como también ventajas y desventajas que ayudaron a confirmar por que se debería usar estos tipos de sistemas, pues ayudan a mejorar el confort de los ocupantes del vehículo, evitado daños físicos.
- Se seleccionó el tipo de sistema de suspensión delantera y posterior más adecuado para incorporarlo en el vehículo Volkswagen Fox.
- Se realizó un manual técnico para el sistema de suspensión delantera y posterior en el vehículo Volkswagen Fox.
- Se realizó pruebas de funcionamiento del sistema de suspensión delantero y posterior implementado en el vehículo Volkswagen Fox.

6.2. Recomendaciones

- Es importante recomendar que, al realizar las correspondientes pruebas de funcionamiento, se deben considerar ciertos factores como presión de aire de llantas, estado de la dirección, estado de los neumáticos, por que pueden modificar notablemente sus resultados, pudiendo hacer que los resultados obtenidos sean incorrectos.
- Al realizar las pruebas de funcionamiento en la que interviene la presencia de baches, es importante considerar que sobre esforzar la suspensión también puede generar daños a la misma, por ejemplo, en ocasiones se puede reventar el amortiguador, y son daños que se pueden corregir únicamente con el cambio de componentes.
- Realizar los respectivos mantenimientos, lo recomendable es 800 00 km, así como también no descuidarse de los procesos de alineación y balanceo, para evitar daños posteriores como por ejemplo a la dirección o a su vez el desgaste innecesario de los neumáticos
- Realizar procesos de montaje y desmontaje del sistema de suspensión, mediante el uso de manuales, que generalmente los indica el fabricante, pues hay ciertos valores que se debe considerar como por ejemplo los valores de apriete, para evitar daños a los componentes, y consecuentemente, gastos innecesarios.

Bibliografía

- Artés, D. (1 de Febrero de 2020). *Darío Motor*. Recuperado el 6 de Noviembre de 2021, de Darío Motor: <https://www.dariomotor.com/que-es/mecanica/suspension-eje-rigido-vs-independiente-ventajas-inconvenientes-video/>
- AUTODOC. (19 de Noviembre de 2020). *Suspensión y dirección*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2021, de Suspensión y dirección: <https://club.autodoc.es/magazin/alineacion-de-ruedas-que-es-y-cuando-hacerlo#:~:text=Hay%20que%20alinearse%20direcci%C3%B3n%20despu%C3%A9s,sobre%20baches%20a%20cierta%20velocidad.>
- Calderón, D. (20 de Marzo de 2020). *RODES*. Recuperado el 4 de Noviembre de 2021, de RODES: <https://www.ro-des.com/mecanica/amortiguadores-y-su-importancia/>
- Central de repuestos TR. (1 de Enero de 2021). *Central de repuestos TR*. Recuperado el 25 de Octubre de 2021, de Central de repuestos TR: <http://centralderepuestostr.com/sistema-de-suspension-ii/>
- Donaire, D. L. (5 de Enero de 2021). *La suspensión MCPerson*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2021, de Actualidadmotor: <https://www.actualidadmotor.com/la-suspension-mcpherson/>
- García, G. (2 de Enero de 2021). *Pruebaderuta.com*. Recuperado el 24 de Octubre de 2021, de componentes de la suspensión: <https://www.pruebaderuta.com/componentes-de-la-suspension.php>
- García, M. (1 de Enero de 2020). *Pruebaderuta.com*. Recuperado el 20 de Octubre de 2021, de Pruebaderuta.com: <https://www.pruebaderuta.com/todo-terreno-y-capacidad-de-vadeo.php>
- Grover, S. (1 de Febrero de 2018). *Geniolandia*. Recuperado el 29 de Octubre de 2021, de Geniolandia: <https://www.geniolandia.com/13121299/como-funciona-una-barra-de-torsion>
- Helloauto. (1 de Enero de 2021). *Barra de Torsión*. Recuperado el 28 de Octubre de 2021, de Barra de Torsión: <https://helloauto.com/glosario/barra-de-torsion#:~:text=Funci%C3%B3n%20de%20la%20barra%20de,respecto%20al%20eje%20del%20veh%C3%ADculo.>
- Hurel, J. (1 de Julio de 2017). *ResearchGate*. Recuperado el 11 de Noviembre de 2021, de Partes del sistema de suspensión McPherson: https://www.researchgate.net/figure/Sistema-de-suspension-McPherson_fig1_318793067

- León, A. (13 de Octubre de 2021). *Carnova*. Recuperado el 20 de Octubre de 2021, de Carnova: <https://carnovo.com/es/guias/suspensión-neumatica-coche/>
- Luis, J. (8 de Junio de 2018). *ComoFunciona*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2021, de ComoFunciona: <https://como-funciona.co/sistema-de-suspension-rigida-y-semirrigida/>
- Luis, J. (5 de Febrero de 2020). *Sistema de suspensión*. Recuperado el 26 de Octubre de 2021, de Comofunciona: <https://como-funciona.co/sistema-de-suspension/>
- Luis, J. (1 de Enero de 2021). *ComoFunciona*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2021, de ComoFunciona: <https://como-funciona.co/sistema-de-suspension-independiente/>
- Madrid. (28 de Abril de 2020). *ABC MOTOR*. Recuperado el 5 de Octubre de 2021, de ABC MOTOR: https://www.abc.es/motor/reportajes/abci-muelles-metalicos-y-ballestas-amortiguadores-suspensivos-hidraulicos-suspensiones-desde-siglo-xvii-202004280141_noticia.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.abc.es%2Fmotor%2Freportajes%2Fabci-muelles-metalicos-y-ballestas-am
- Moya, L. (3 de Mayo de 2018). *Convergencia, Divergencia y Camber*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2021, de Convergencia, Divergencia y Camber.: <https://lanteramoya.com/convergencia-divergencia-y-camber/#.YbOP8b3MJPY>
- Mta Motorsport. (1 de Enero de 2021). *SUSPENSIÓN*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2021, de SUSPENSIÓN: <https://mtamotorsport.com/informacion-tecnica/suspension/>
- Multiservicio Automotriz. (31 de Marzo de 2018). *3HC.A*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2021, de 3HC.A.: <http://multiservicioautomotriz3h.blogspot.com/2011/03/sistemas-de-suspension-de-brazos.html>
- Peraza, O. (7 de Agosto de 2019). *Sistema de suspensión Mcpherson*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2021, de Sistema de suspensión Mcpherson: <https://prezi.com/p/u1ejxpbicglt/sistema-de-suspensión-mcpherson/>
- Pérez, J. (10 de Noviembre de 2018). *Prezzi*. Recuperado el 6 de Noviembre de 2021, de Suspensión independiente oscilante: <https://prezi.com/obz2tpxekrmy/suspensión-independiente-oscilante/>
- Plaza, D. (1 de Enero de 2021). *motor.es*. Recuperado el 1 de Noviembre de 2021, de motor.es: <https://www.motor.es/que-es/silentblock>
- Ponce, E. (8 de Diciembre de 2020). *Autocosmos*. Recuperado el 1 de Octubre de 2021, de Autocosmos: <http://noticias.espanol.autocosmos.com/2020/08/12/la-historia-del-sistema-de-suspension-en-los-automoviles>

Renting Finders. (1 de Enero de 2021). *Renting Finders*. Recuperado el 30 de Octubre de 2021, de Renting Finders.: <https://rentingfinders.com/glosario/mangueta/>

Spiegato. (5 de Enero de 2021). *Que es un eje oscilante*. Recuperado el 8 de Noviembre de 2021, de Que es un eje oscilante: <https://spiegato.com/es/que-es-un-eje-oscilante>

ANEXOS