



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DEL SISTEMA
DE SUSPENSIÓN MCPHERSON CON PLAN DE
MANTENIMIENTO CORRECTIVO PARA LA ESCUELA DE
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ.”**

**MARTÍNEZ OBANDO MARCO VINICIO
MORÁN YEPEZ JAVIER ALEXI**

TESIS DE GRADO

**Previa a la obtención del Título de:
INGENIERO AUTOMOTRIZ**

RIOBAMBA – ECUADOR

2012

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

Diciembre, 23 del 2012

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

MARTÍNEZ OBANDO MARCO VINICIO

Titulada:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DEL SISTEMA
DE SUSPENSIÓN MCPHERSON CON PLAN DE MANTENIMIENTO
CORRECTIVO PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA
AUTOMOTRIZ.”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Geovanny Novillo A.

DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Diego Sebastián Constante Navas.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Emilia Daniela Aimacaña Sánchez.

ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

Diciembre, 23 de 2012

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

MORÁN YEPEZ JAVIER ALEXI

Titulada:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DEL SISTEMA
DE SUSPENSIÓN MCPHERSON CON PLAN DE MANTENIMIENTO
CORRECTIVO PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA
AUTOMOTRIZ.”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Geovanny Novillo A.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Diego Sebastián Constante Navas.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Emilia Daniela Aimacaña Sánchez.
ASESOR DE TESIS

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: MARTÍNEZ OBANDO MARCO VINICIO

TÍTULO DE LA TESIS: "IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN MCPHERSON CON PLAN DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ"

Fecha de Examinación: 23 de noviembre del 2012

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Jorge Paucar (Presidente Trib. Defensa)			
Ing. Diego Sebastián Constante Navas. (Director de Tesis)			
Ing. Emilia Daniela Aimacaña Sánchez. (Asesor)			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

f) Presidente del Tribunal

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: MORÁN YEPEZ JAVIER ALEXI

TÍTULO DE LA TESIS: “IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN MCPHERSON CON PLAN DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”

Fecha de Examinación: 23 de noviembre del 2012

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Jorge Paucar (Presidente Trib. Defensa)			
Ing. Diego Sebastián Constante Navas. (Director de Tesis)			
Ing. Emilia Daniela Aimacaña Sánchez. (Asesor)			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

f) Presidente del Tribunal

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

f) Marco Vinicio Martínez Obando

f) Javier Alexi Morán Yepez

DEDICATORIA

A mis padres y hermanas quienes con su apoyo y comprensión incondicional estuvieron siempre a lo largo de mi vida estudiantil; a ellos que siempre tuvieron una palabra de aliento en los momentos difíciles y que han sido incentivos en mi vida.

Marco Martínez

Este proyecto está dedicado de una manera muy especial para todas y cada una de las personas que con su apoyo tiempo y dedicación me impulsaron en seguir adelante.

A mi familia que es un pilar muy importante en mi vida y gracias a su apoyo, esfuerzo, colaboración, siempre estuvieron pendientes y juntos pudimos salir adelante.

Javier Morán

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional. A los docentes que me han acompañado durante el largo camino, brindándome siempre su orientación con profesionalismo ético en la adquisición de conocimientos y afianzando mi formación.

Por último debo hacer manifiesto mi sentimiento de gratitud a cada una de las personas que durante mis cinco años de estudio, supieron compartir su amistad y compañerismo.

Marco Martínez

Un agradecimiento muy especial para todos y todas las personas que forman parte de mi vida, con los que compartí mi infancia mi adolescencia y mis presentes días ya que gracias a cada una de esas personas pude cumplir todos y cada uno de mis sueños, llegar hasta donde estoy y seguir siempre adelante.

Agradezco a mi familia ya que sin ellos no hubiese podido lograr este gran sueño les agradezco por el gran esfuerzo realizado y ahora les puedo decir que no fue en vano.

A mis profesores por compartir sus valiosos conocimientos y formar mi profesión de la cual siempre me eh sentido y me sentiré muy orgulloso, nuevamente gracias.

Javier Morán

CONTENIDO

	Pág.
1. GENERALIDADES	1
1.1 Introducción	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo general.....	2
1.3.2 Objetivos específicos.....	2
2. FUNDAMENTOTEÓRICO	3
2.1 Introducción	3
2.1.1 Masa suspendida.	6
2.1.2 Masa no suspendida..	6
2.2 Componentes.....	7
2.2.1 Elementos elásticos.	7
2.2.2 Elementos neumáticos.....	7
2.2.3 Las ballestas.	9
2.2.4 Muelles.....	12
2.2.5 Barra de torsión.	13
2.2.6 Barra estabilizadora.....	13
2.2.7 Elementos de amortiguación.	14
2.2.8 Elementos estructurales y de guiado de la suspensión.	17
2.2.9 Manguetas..	17
2.2.10 Brazos.....	18
2.2.11 Tirantes.	18
2.2.12 Brazo telescópico..	19
2.2.13 Rótulas, silentblocks y articulaciones.	19
2.2.14 Triángulo.	21
2.2.15 Otros elementos.....	22
2.3 Clasificación de las suspensiones según su geometría.....	22

2.3.1	Suspensión rígida.	23
2.3.2	Suspensión semirrígida.	23
2.3.3	Suspensión independiente.	24
2.3.4	Suspensión de eje oscilante.	25
2.3.5	Suspensión de brazos tirados o arrastrados.	26
2.3.6	Suspensión McPherson.	26
2.3.7	Suspensión de brazo largo o corto.	28
2.3.8	Suspensión de doble viga en I.	29
2.3.9	Sistema de suspensión traseros.	29
2.4	Suspensiones especiales.	32
2.4.1	Suspensión neumática.	32
2.4.2	Suspensión hidroneumática.	33
2.5	Alineación.	34
2.5.1	Camber.	35
2.5.2	Caster.	37
2.5.3	Inclinación del eje de dirección.	39
2.5.4	Ángulo incluido.	41
2.5.5	Convergencia / divergencia.	41
3.	IMPLEMENTACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS.	43
3.1	Selección de los elementos del soporte para la suspensión McPherson.	43
3.2	Modelación de la estructura de soporte.	43
3.2.1	Vistas frontal y lateral acotadas.	44
3.3	Simulación de cargas sobre la estructura.	45
3.4	Construcción de la estructura de soporte.	46
3.5	Descripción de los elementos.	49
3.5.1	Resortes helicoidales.	49
3.5.2	Amortiguadores.	51
3.5.3	Mangueta.	52
3.5.4	Rótulas de carga.	53

3.5.5	Brazo de control	54
3.5.6	Barra estabilizadora.....	55
3.5.7	Brazos y tirantes	56
3.5.8	Silentblock.....	57
3.6	Propiedades físicas del bastidor	59
3.6.1	Datos obtenidos en el paquete electrónico AutoCAD.....	59
3.6.2	Cálculo de masa de la estructura de soporte.....	59
3.7	Resumen de especificaciones	60
3.7.1	Par de aprietes de tuercas y pernos.....	60
4.	MANTENIMIENTO	62
4.1	Fallas más comunes en la suspensión.....	62
4.2	Plan de mantenimiento	63
4.3	Manual de prácticas.....	67
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	112
5.1	Conclusiones	112
5.2	Recomendaciones.....	112

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

LINKOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1 Medidas de resortes delanteros	50
2Medidas de resortes traseros.	50
3Frecuencias ideales para un amortiguador.	51
4Pares de aprietes suspensión delantera.....	60
5Pares de aprietes suspensión trasera.....	61
6Fallas más comunes en la suspensión	62
7Plan de mantenimiento suspensión delantera.....	63
8Plan de mantenimiento suspensión posterior	65

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1 Suspensión McPherson..	3
2 Tipos de oscilaciones.	4
3 Masa suspendida y no suspendida.	6
4 Componentes.	7
5 Sección de un neumático.	8
6 Cilindro neumático.	8
7 Ballesta.	9
8 Ballesta longitudinal.	10
9 Ballesta transversal.	10
10 Ballesta semielíptica.	11
11 Ballesta parabólica.	12
12 Resorte helicoidal.	12
13 Barra de torsión.	13
14 Barra estabilizadora.	14
15 Amortiguador monotubo.	15
16 Amortiguador bitubo.	16
17 Amortiguador hidráulico.	16
18 Amortiguador de gas.	17
19 Mangueta.	18
20 Brazo recto y rígido.	18
21 Tirantes.	19
22 Brazo telescópico.	19
23 Rótula.	20
24 Silentblock.	20
25 Triángulo en L.	21
26 Triángulo en A.	21
27 Chasis.	22
28 Suspensión rígida.	23
29 Esquema de una suspensión.	24
30 Suspensión independiente.	25
31 Esquema de una suspensión de eje oscilante.	25
32 Sistema de brazos arrastrados.	26
33 Suspensión McPherson.	27

34 Esquema de una suspensión McPherson.....	27
35 Suspensión de brazo largo y corto.....	28
36 Suspensión con doble brazo de control.....	28
37 Suspensión con doble viga en I.....	29
38 Fuerza de torsión y cargas del freno.....	30
39 Suspensión de ballesta.....	30
40 Suspensión de muelles.....	31
41 Suspensión de muelles con eje macizo.....	31
42 Sistema de suspensión trasera.....	32
43 Componentes de la suspensión neumática.....	33
44 Bloque de suspensión.....	34
45 Desgaste irregular del neumático.....	35
46 Posiciones del camber.....	35
47 Caster positivo.....	37
48 Caster negativo.....	38
49 Camber nulo.....	39
50 Caster de un carrito de compras.....	39
51 Inclinación del eje de dirección.....	40
52 Ángulo incluido.....	41
53 Ángulo de convergencia y divergencia.....	42
54 Modelación de soporte de suspensión.....	44
55 Vista frontal acotada.....	44
56 Vista lateral acotada.....	45
57 Cargas sobre la estructura.....	45
58 Simulación de cargas sobre la estructura.....	46
59 Corte y unión del tubo estructural.....	47
60 Masillado del soporte.....	48
61 Soporte pintado.....	49
62 Datos de un resorte helicoidal.....	49
63 Resorte helicoidal delantero.....	51
64 Amortiguador.....	52
65 Mangueta.....	53
66 Rótulas de carga.....	54
67 Brazo inferior.....	55
68 Barra estabilizadora delantera y posterior.....	56

69 Brazos y tirantes.....	57
70 Silentblock.....	58

LISTA DE ABREVIACIONES

NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
SAI	Shaft Angle Inclination
CNC	Control Numérico por Computadora.
AWS	American Welding Society

LISTA DE ANEXOS

- A** Características tubo estructural según la NTE INEN 2415-08
- B** Tensión de Von Mises
- C** Banco de suspensión
- D** Características electrodo AWS E-6011
- E** Especificación de ruedas

RESUMEN

La tesis “Implementación de un banco didáctico del sistema de suspensión McPherson con plan de mantenimiento correctivo para la Escuela de Ingeniería Automotriz”, tiene la finalidad de incorporar un nuevo banco didáctico que facilite la enseñanza de profesores hacia los estudiantes, así también poder complementar el conocimiento básico de suspensión con el mantenimiento.

Busca diseñar un protocolo de procedimiento o guías de laboratorio dirigido a los estudiantes que facilite el montaje y desmontaje de la suspensión, al cual los estudiantes puedan tener acceso, por lo que se busca obtener un sistema de suspensión que sea lo suficientemente maniobrable y que esté de acuerdo con los conceptos impartidos en la Escuela de Ingeniería Automotriz.

La misión de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo es formar profesionales competitivos con elevado nivel académico, científico y tecnológico en Ingeniería Automotriz y por ende otorgando a la sociedad, profesionales que van a la vanguardia de la tecnología y con sólida formación académica.

Con este proyecto se logra complementar la formación profesional de los estudiantes, también busca reducir costos en la implementación de equipos en los talleres de la Escuela de Ingeniería Automotriz, y poder destinar estos rubros para solucionar necesidades en beneficio de la institución.

ABSTRACT

This research is about "Mcpherson Suspension system didactic base implementation with corrective maintenance plan at the Escuela de Ingeniería Automotriz", it intended to incorporate a new didactic base, which facilitate the teaching of teachers to students, and also to complement the basic knowledge of suspension with maintenance.

A procedural protocol or laboratory guides for students was designed which facilitate assembly and disassembly of the suspension, so that students can access, then to get a suspension system sufficiently maneuverable and agree with the concepts taught in the Escuela de Ingeniería Automotriz.

The mission of Escuela Superior Politécnica del Chimborazo is to train competitive professionals with academic, scientific and technological high on Ingeniería Automotriz and thus giving professionals society who are at the forefront of technology and solid academic training.

This project will complement the professional training of students, also seeks to reduce costs in the equipment for implementation in the workshops of Escuela de Ingeniería Automotriz, and to allocate these items to solve needs for the benefit of the institution.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1 Introducción

Al principio que se construyera la suspensión, los primeros automóviles no tenían como misión suspender cada rueda independientemente del chasis del vehículo, sino de dos en dos, los constructores transfirieron la técnica de suspensión de los carruajes a los autos.

Estas técnicas preveían dos ejes rígidos unidos al chasis del vehículo mediante ballestas longitudinales o transversales. Las ruedas estaban forradas con hierro y faltaba los amortiguadores verdaderos. No obstante, el rozamiento de las hojas de la ballesta entre sí brindaba un cierto amortiguamiento.

La suspensión tiene como misión evitar que las irregularidades del terreno lleguen a la carrocería del vehículo. Para ello, entre las ruedas y el bastidor, se coloca un medio elástico de unión, el mismo que se deformará con el peso del vehículo y con la inercia del mismo al elevarse o bajarse como consecuencia de las irregularidades del pavimento.

La suspensión McPherson utilizada en suspensiones delanteras de vehículos pequeños y medianos, cuya característica fundamental es la de montar en una misma pieza el conjunto de amortiguadores y muelle. Esto otorga una construcción simple y poco peso, muchos espacios utilizables en el compartimiento del motor, con un ajuste de alineación normalmente innecesarios.

1.2 Justificación

Con la realización del proyecto llamado “Implementación de un banco didáctico del sistema de suspensión McPherson con plan de mantenimiento correctivo para la Escuela de Ingeniería Automotriz” se obtendrá una mejor capacitación para los estudiantes, permitiendo reforzar conocimientos de formación profesional.

La misión de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazoes formar profesionales competitivos con elevado nivel académico, científico y tecnológico en Ingeniería Automotriz y por ende otorgando a la sociedad, profesionales que van a la vanguardia de la tecnología y con sólida formación académica.

Con este proyecto se logra complementar la formación profesional de los estudiantes, también busca reducir costos en la implementación de equipos en los talleres de la Escuela de Ingeniería Automotriz, y poder destinar estos rubros para solucionar necesidades en beneficio de la institución.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general. Implementar un banco didáctico del sistema de suspensión McPherson con plan de mantenimiento correctivo para la Escuela de Ingeniería Automotriz.

1.3.2 Objetivos específicos

Adquirir un sistema de suspensión que sea lo suficientemente maniobrable y que esté de acuerdo con los conceptos impartidos en la Escuela de Ingeniería Automotriz.

Montar el sistema de suspensión tipo McPherson en un banco que permita una visión clara de todos los componentes que lo integra, como también el desarmado y el armado del mismo.

Diseñar un protocolo de procedimiento o guías de laboratorio dirigido a los estudiantes que facilite el montaje y desmontaje de la suspensión, al cual los estudiantes puedan tener acceso.

Implementar un nuevo banco didáctico que facilite la enseñanza de los docentes hacia los estudiantes, así también poder complementar el conocimiento básico de suspensión con el mantenimiento.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 Introducción

El sistema de suspensión es el conjunto de elementos que absorben las irregularidades del terreno por el que circula un automóvil, camión o motocicleta para aumentar el confort y el control del vehículo. El sistema de suspensión actúa entre el chasis y las ruedas, como se puede ver en la figura 1, esta recibe de forma directa las irregularidades de la superficie transitada.

Figura 1. Suspensión McPherson



Fuente:

http://www.sobrecoches.com/coches/seat__1/ibiza/novedad_st/texto/bastidor/76424

Las principales funciones del sistema de suspensión de un vehículo son sostener el peso del mismo, absorber las sacudidas de marcha, permitir al conductor dirigir el vehículo eficientemente, proporcionar confort y seguridad a sus ocupantes. Cuando este sistema trabaja correctamente, se ejecutan cuatro tareas básicas:

- Mantener las ruedas alineadas.
- Permitir el contacto de las llantas con el camino y la altura de marcha.
- Soportar el peso del vehículo.
- Reducir los saltos del vehículo en el camino y mantener el control.

Además también es necesario que cumplan otras funciones no menos importantes, como son:

- Transmitir las fuerzas de aceleración y de frenada entre los ejes y el bastidor.
- Resistir los efectos de las curvas.
- Soportar el par motor y de frenada.
- Conservar el ángulo de dirección en todo el recorrido y la perpendicularidad del bastidor.
- Proporcionar una estabilidad adecuada al eje de balanceo.

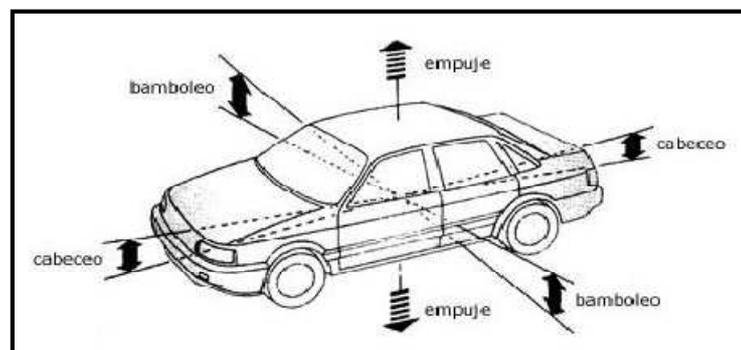
Para que cumpla estas funciones la suspensión posee propiedades importantes como son:

- Amortiguación, para impedir un balanceo excesivo de la carrocería y mantener los neumáticos en contacto con el terreno.
- Elasticidad, para evitar que las desigualdades en el terreno se transmitan al vehículo en forma de golpes secos.

Cuando un automóvil pasa sobre un desnivel, se produce un golpe sobre la rueda, que se transmite por medio de los ejes al chasis y que se traduce en oscilaciones.

Una mala conducción o un reparto desequilibrado de las cargas pueden también originar oscilaciones, como se puede ver en la figura 2. Estos movimientos se generan en el centro de gravedad del auto y se propagan en distintos sentidos. Los tres tipos de oscilaciones existentes son:

Figura 2. Tipos de oscilaciones



Fuente:<http://aficionadosalamecanica.com/suspension1.htm>

- Empuje: se produce al pasar por terreno ondulado.
- De cabeceo: fruto de frenadas bruscas.
- De bamboleo: se genera al tomar curvas a alta velocidad.

Las prestaciones de los automóviles están en constante aumento y los sistemas de suspensión han tenido que adaptarse a las nuevas necesidades. Actualmente las suspensiones deben proporcionar confort, adherencia y estabilidad.

Las carreteras de hoy en día no tienen que ver nada con las de hace cien años, siguen teniendo imperfecciones en su superficie, que provocan que las ruedas a su paso por ellas puedan llegar a perder el contacto temporal con el pavimento. Por lo tanto, para disponer siempre de la máxima adherencia con la calzada ha de garantizarse que la rueda siga continuamente el perfil de la carretera, sin que se produzcan despegues.

Por otro lado cuando un automóvil frena, acelera o toma una curva experimenta aceleraciones, que como consecuencia de su propia masa se traducen en fuerzas. Los elementos elásticos que proporcionan adherencia y confort, permiten ahora que la carrocería se incline y se producen transferencias de masa sobre las ruedas de un mismo eje o las de un mismo lado.

En una pista ideal, cuya superficie fuera perfectamente plana, la mejor solución sería una suspensión con una rigidez infinita, es decir, que no hubiera suspensión, así se evitarían en parte efectos negativos. La razón de ser de las suspensiones son los baches y las imperfecciones en la superficie de las carreteras.

Se puede observar que los vehículos destinados a rodar por los peores caminos, como los todo-terreno, disponen de suspensiones blandas con mucho recorrido, y los destinados a rodar por las mejores pistas, como los vehículos de competición de circuito, disponen de suspensiones duras y de poco recorrido.

Los elementos básicos de un sistema de suspensión son:

- Neumáticos.
- Ballestas o muelles.

- Amortiguadores.

Los neumáticos absorben las pequeñas irregularidades de la calzada. Esto es debido al enlace formado por el caucho y el relleno de aire que consiguen no transmitir ningún tipo de pequeña oscilación al vehículo.

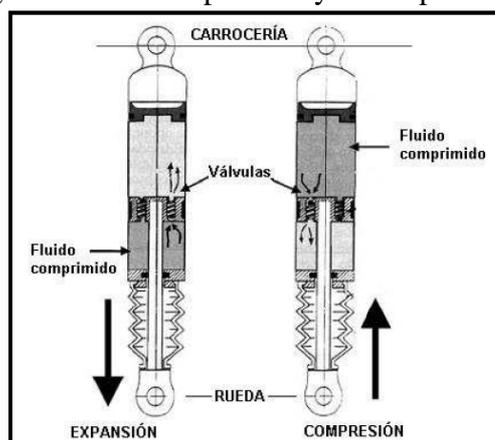
Los muelles se encargan de absorber las grandes irregularidades del terreno. Se valoraran detenidamente más adelante.

Por último, los amortiguadores limitan las oscilaciones del movimiento de los muelles producidos por las irregularidades del terreno. Estos se colocan entre el cuerpo suspendido (carrocería) y el apoyo (neumático), y en paralelo con el resorte, limitándose el movimiento oscilatorio natural de un sistema elástico.

2.1.1. Masa suspendida. Comprende todos los mecanismos cuyo peso es el soportado por el chasis o bastidor. Normalmente incluye el cuerpo del vehículo, los componentes internos, pasajeros y carga. El chasis es el armazón sobre el que se montan los distintos elementos del auto, como el motor, transmisión y carrocería.

2.1.2. Masa no suspendida. Es la parte del vehículo que está permanentemente en contacto con el suelo, como son las ruedas, elementos de suspensión (muelles, amortiguadores, brazos, etc.) y frenos.

Figura 3. Masa suspendida y no suspendida

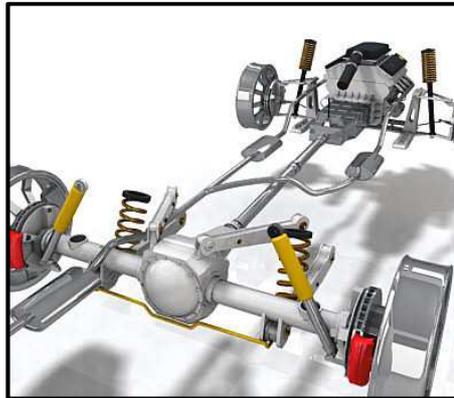


Fuente: <http://aficionadosalamecanica.com/suspension2.htm>.

2.2 Componentes

El sistema de suspensión está compuesto por un elemento flexible o elástico (ballesta, muelle helicoidal, barra torsional, cojín neumático, etc.) encargado de absorber la energía generada en los impactos debido a las irregularidades del terreno y un elemento de amortiguación (amortiguador), cuya misión es neutralizar las oscilaciones de la masa suspendida originadas por el elemento flexible al devolver la energía acumulada del impacto.

Figura 4. Componentes



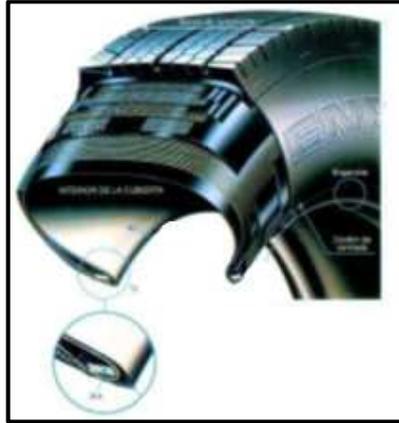
Fuente: <http://www.marcadecoche.com/funcionamiento-suspension.html>

Los sistemas de suspensión incorporan elementos que mejoran el comportamiento dinámico del vehículo, como barras estabilizadoras, tirantes de reacción o barras transversales. A continuación, se describen los distintos elementos que componen el sistema de suspensión en la mayoría de los automóviles.

2.2.1 Elementos elásticos. La misión de los elementos elásticos es impedir que las oscilaciones del terreno lleguen a la carrocería en forma de golpes, mejorando el confort y la seguridad del vehículo al garantizar el contacto de las ruedas con el terreno, mejorando así la estabilidad y la capacidad para dirigir el vehículo.

2.2.2 Elementos neumáticos. El neumático formado por cápsulas herméticas de caucho con estructura metálica, como se muestra en la figura 5 y rellenas de gas a presión, es uno de los elementos más importantes del automóvil. Esto es debido a que soporta el peso del vehículo, las fuerzas de inercia producidas en las aceleraciones y las frenadas, deben transmitir el par producido por el motor al suelo y además es el encargado de mantener la trayectoria del vehículo en las ruedas directrices.

Figura 5. Sección de un neumático



Fuente: <http://neomaquina.blogspot.com/2009/11/los-neumaticos-y-su-fabricacion.html>

Debe estar siempre en contacto con el suelo, por ello son los primeros elementos en estar en contacto con todas las irregularidades del terreno y su baja elasticidad solo absorbe las pequeñas irregularidades.

Figura 6. Cilindro neumático



Fuente: <http://www.sabelotodo.org/automovil/suspension.html>

Los cilindros neumáticos o “bolsas de aire”, mostrados en la figura 6, se utilizan en vehículos industriales como elementos flexibles debido a que son más resistentes los cauchos y las fibras de refuerzo. Estas bolsas de aire proporcionan una suspensión muy suave y suficientemente duradera.

La membrana del resorte de aire está fabricada de un compuesto plástico o caucho sintético. Se trata de un cilindro de aire con placas de montaje. El montaje inferior se mueve hacia arriba dentro del cilindro conforme se comprime el aire en el mismo.

El resorte está a la altura normal de funcionamiento, la presión de aire contenida en la membrana de caucho mantiene la altura del vehículo que hace las veces de un resorte en espiral. Cuando se saca el aire, el vehículo baja, cuando se le agrega sube.

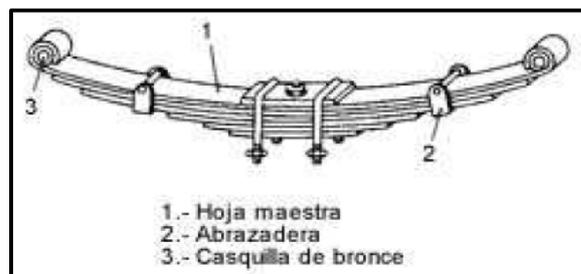
Compresión: Cuando el brazo de control se mueve hacia arriba, el pistón se mueve también hacia arriba contra la membrana de caucho. Conforme el brazo se mueve hacia arriba en la compresión aumenta el coeficiente del resorte de aire.

Rebote: Cuando el brazo de control se mueve hacia abajo, el pistón se extiende hacia afuera alejándose de la membrana de caucho, esta se despliega alrededor del pistón para permitir el movimiento de la suspensión hacia abajo. [1]

2.2.3 Las ballestas. Están compuestas por una serie de láminas de acero resistente y elástico, de diferente longitud, superpuestas de menor a mayor a partir de la hoja más larga denominada maestra, y sujetas por un pasador central llamado perno-capuchino. Para mantener las láminas alineadas llevan unas abrazaderas, denominadas abarcones, en ambos lados del eje que une ambas ruedas, y atornilladas en sus extremos al mismo.

Las ballestas convencionales van sujetas a la carrocería por medio de la hoja maestra, que posee en sus extremos dos curvaturas formando un ojo, por medio de un silentblock de goma, se articulan en el bastidor. Mediante los abarcones, se sujetan al eje de la rueda. En uno de sus extremos se coloca una gemela, que permite el desplazamiento longitudinal de las hojas cuando la rueda encuentre un obstáculo y, en el otro extremo va fijo al bastidor. Se puede ver en la figura 7 una ballesta y sus diferentes fijaciones al chasis. [2]

Figura 7. Ballesta

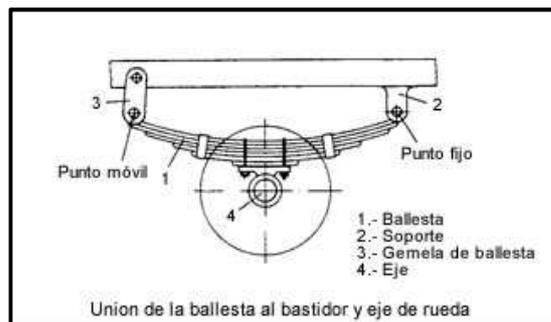


Fuente: <http://aficionadosalamecanica.com/suspension2.htm>

Si la ballesta es muy flexible se llama blanda, en caso contrario, dura; usándose una u otra según el peso a soportar, pueden utilizarse como elemento de empuje del eje al bastidor. Para evitar que el polvo o humedad, que pueda acumularse en las hojas, llegue a soldar unas a otras impidiendo el resbalamiento entre sí y, por tanto, la flexibilidad, se recurre a intercalar entre hoja y hoja láminas de zinc, plástico o simplemente engrasarlas. Las ballestas permiten absorber las irregularidades grandes del terreno, evitando que se transmitan a la carrocería. Cuando el vehículo pasa por una irregularidad, la ballesta convierte ese golpe en una oscilación.

Montaje longitudinal: es el más utilizado en vehículos industriales. Se coloca una ballesta por cada rueda dispuestas en el sentido de avance del vehículo. La ballesta se une por un lado a un punto fijo y por el otro a uno móvil para permitir los movimientos oscilantes.

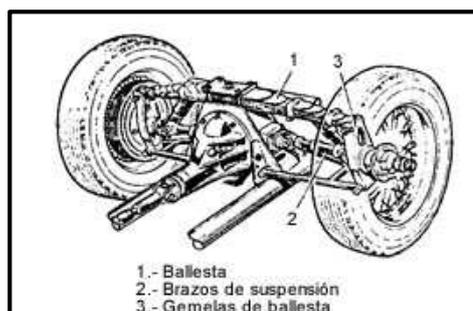
Figura 8. Ballesta longitudinal



Fuente:<http://aficionadosalamecanica.com/suspension2.htm>

Montaje transversal: utilizado en vehículos de turismo y todo-terreno. Se realiza uniendo los extremos de la ballesta al puente, mediante gemelas, y la base de la ballesta al bastidor o carrocería. Tiene como inconveniente que anula la capacidad de guiado.

Figura 9. Ballesta transversal



Fuente:<http://lucassotelo.es.tl/Suspensi%F3n.htm>

Las principales ventajas que aportan las ballestas son:

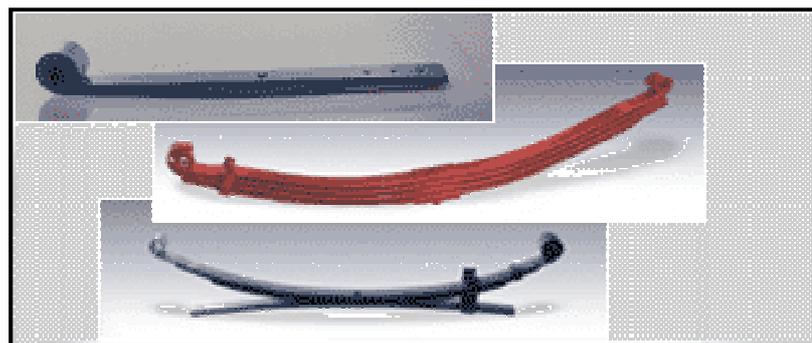
- Sólo se deforman en un sentido (vertical), esto permite prescindir de otros elementos de guiado, siendo las mismas ballestas las que proporcionan ese guiado.
- Transmiten la propulsión y tracción.
- Son de fácil construcción y baratas, permitiendo ser separadas y/o volverlas a dar la curvatura necesaria.
- El propio rozamiento de las hojas, permite dar al conjunto un cierto efecto de amortiguación.

Sin embargo, su principal inconveniente es que en el eje delantero (montadas longitudinalmente) limitan el ángulo de orientación de la rueda y son relativamente pesadas, además requieren limpieza y lubricación en los extremos de las hojas para que no se endurezca la suspensión ni se oxide.

Las ballestas pueden clasificarse en dos grandes grupos:

Semielíptica: Se denominan así porque sus hojas forman parte de una elipse imaginaria. Se caracterizan y distinguen por tener las hojas unas en contacto con las otras formando un paquete, que precisa de lubricación periódica.

Figura 10. Ballesta semielíptica



Fuente:

http://www.funvera.com/ingles/institucional/productos/ballestas/ballestas_inf.htm

Parabólicas: Tienen las hojas con forma de parábola. Se distinguen porque sus hojas no se tocan entre sí, existiendo un espacio importante entre ellas.

Estas ballestas tienen una mayor flexibilidad y no requieren mantenimiento.

Figura 11. Ballesta parabólica



Fuente: <http://www.santanaligero.com/foro/viewtopic.php?f=1&t=3924>

2.2.4 Muelles. Los muelles tienen la misma misión que las ballestas, absorber las irregularidades del terreno. La sustitución de las ballestas por los muelles se realizaba que proporcionan una elasticidad blanda debido al gran recorrido del resorte sin apenas ocupar espacio, ni sumar peso excesivo. En la figura 12, se puede ver el resorte de una suspensión McPherson.

Figura 12. Resorte helicoidal



Fuente: <http://aficionadosalamecanica.com/suspension2.htm>

Los resortes están constituidos por un hilo de acero, cuyo diámetro oscila entre 8 y 20 mm enrollado en forma de hélice, cuyas espirales extremas se hacen planas para conseguir un buen asiento tanto en la carrocería como en el amortiguador.

Las características del muelle, vienen dadas por muchos factores: la longitud, el diámetro de las espiras, el coeficiente elástico del acero, el número de espirales y del

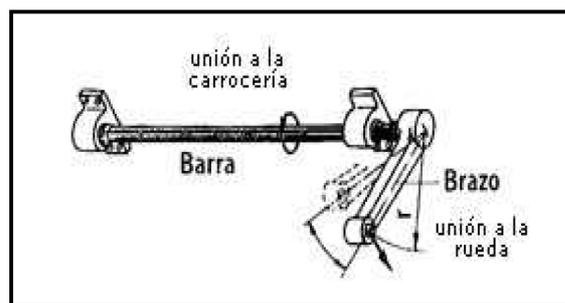
comportamiento del vehículo. De todos estos factores se calcula la característica más importante de todas, la dureza, es decir, la resistencia a ser deformado.

Los muelles helicoidales trabajan por torsión del hilo que lo constituye, bajo el efecto de una carga, las espiras se aproximan entre ellas, conservando intervalos idénticos.

El inconveniente que presentan los muelles helicoidales es la que poseen una rigidez transversal muy pequeña, por lo que es necesario completar la suspensión con dispositivos destinados a impedir los desplazamientos de la carrocería con relación a los ejes. [3]

2.2.5 Barra de torsión. La barra de torsión funciona de manera similar al muelle helicoidal, mientras la barra está sujeta por uno de sus extremos, como se muestra en la figura 13, se le aplica por el otro extremo un esfuerzo de torsión, entonces la varilla tenderá a retorcerse. Y volverá a su forma primitiva cuando cese el esfuerzo de torsión debido a su elasticidad.

Figura 13. Barra de torsión



Fuente: <http://lucassotelo.es.tl/Suspensi%F3n.htm>

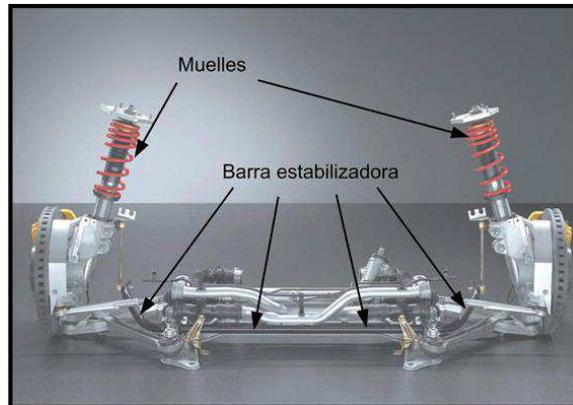
El montaje de las barras de torsión sobre el vehículo se realiza fijando uno de sus extremos al chasis o a la carrocería, de forma que no pueda girar en su soporte. En el otro extremo se coloca una palanca solidaria a la barra, unida en su extremo libre al eje de la rueda.

Cuando esta sube o baja por el efecto de las desigualdades del terreno, se producirá en la barra un esfuerzo de torsión, cuya deformación permite el movimiento de la rueda. Se pueden disponer de dos formas: paralelo al eje longitudinal del vehículo. O de forma transversal al eje longitudinal del vehículo. [2]

2.2.6 Barra estabilizadora. Consisten en una barra redonda de acero elástico generalmente curvadas en forma de “U” cuyos extremos se fijan a los soportes de

suspensión de las ruedas. A continuación, en la figura 14, se ve como la barra estabilizadora de una suspensión McPherson se fija a los amortiguadores.

Figura 14. Barra estabilizadora



Fuente: <http://www.naikontuning.com/articulos/barra-estabilizadora/>

Barras estabilizadoras transversales o barras anti balanceo: se utilizan para evitar oscilaciones laterales (balanceo). Al tomar una curva la carrocería tiene tendencia a inclinarse hacia el lado de fuera, cuando un lado del vehículo está más alto que el otro, la barra se retuerce y la resistencia a torsión de la barra se opone al balanceo manteniendo la carrocería estable. El mismo efecto se produce cuando una de las ruedas encuentra un bache u obstáculo, creando, al subir o bajar la rueda, un par de torsión en la barra que hace que la carrocería se mantenga horizontal.

Barra estabilizadora longitudinal: su misión es regular los desplazamientos originados entre la masa suspendida y no suspendida ante esfuerzos de aceleración y frenado.

2.2.7 Elementos de amortiguación. Los elementos de amortiguación tienen como misión absorber el exceso de fuerza rebote del vehículo eliminando los efectos oscilatorios de los muelles y evitando así que se transmitan a la carrocería, lo cual permite que las oscilaciones producidas por las irregularidades de la marcha sean más elásticas.

Cuando el vehículo encuentra alguna irregularidad en el terreno, la rueda hace que se comprima o alargue el muelle, recogiendo éste la energía producida en la oscilación, pero al no tener capacidad de absorción, devuelve la energía inmediatamente rebotando sobre la carrocería.

Este rebote en forma de oscilaciones es el que tiene que frenar el amortiguador, recogiendo en primer lugar el efecto de compresión del muelle y luego el de tracción, actuando de freno en ambos sentidos y disminuyendo la amplitud de las oscilaciones progresivamente.

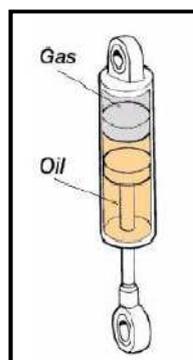
Los amortiguadores se clasifican según:

- El sentido de trabajo.
- El número de tubos que los conforman: Monotubo y Bi-Tubo.
- El fluido del amortiguador: Hidráulico y gas.

El sentido de trabajo: En amortiguadores de simple efecto (un solo sentido) y amortiguadores de doble efecto (dos sentidos: tracción y compresión). La diferencia que existe entre amortiguadores de simple y doble efecto radica en que los de simple efecto sólo amortiguan en un sentido porque cuando se produce el efecto de expansión o compresión, el aceite situado en las cámaras no circula a través de los pasos calibrados por lo que no amortiguan en uno de los sentidos.

Monotubo: De aparición más tardía que los amortiguadores bitubo, aunque cada vez tienen una mayor implantación, consta de dos cámaras principales, una con aceite y otra con gas (normalmente nitrógeno) que están separados por un pistón flotante. El volumen de la cámara es variable, según la compresión que sobre el gas ejerzan las fuerzas que actúan sobre el pistón. [4]

Figura 15. Amortiguador monotubo

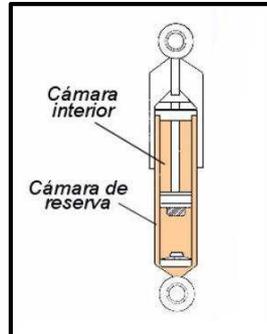


Fuente: http://www.bbsport.es/SUSPENSIONES/Amortiguador_monotubo.htm

Bitubo: Son los más extendidos en la actualidad. Se dividen en presurizados (aceite) y no presurizados (aceite y gas). El pistón y el cilindro se encuentran en el interior de una

cámara mayor. El aceite fluye por el cilindro a través del pistón y también a la segunda cámara a través de una válvula situada entre ambas. [4]

Figura 16. Amortiguador bitubo

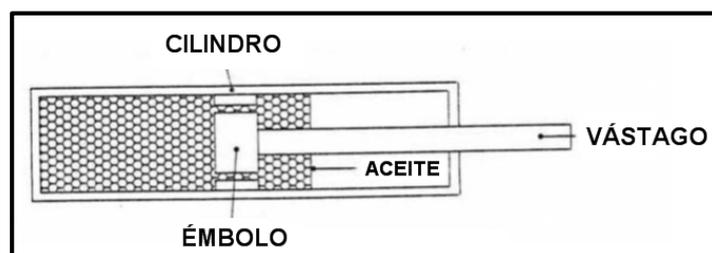


Fuente: <http://foro.clubcelica.es/index.php?topic=3514.0>

Amortiguadores hidráulicos: Su funcionamiento está basado en la retención producida al hacer pasar un líquido de viscosidad determinada por uno o más conductos de pequeño diámetro. Al intervenir un líquido en su funcionamiento se les puede catalogar como hidráulico, el citado líquido resulta ser un aceite cuyo grado de viscosidad es muy alto.

Dentro de estos se encuentran: los amortiguados telescópicos (se dispone de un cilindro lleno de aceite por el cual se desliza un pistón solidario a un vástago, estando este último amarrado a la carrocería y el cilindro a la rueda); los amortiguadores giratorios (en este caso las cámaras donde se producen las variaciones de volumen son circulares, donde cada cámara es semicircular, y están separadas por unas válvulas unidireccionales); y los amortiguadores de balancín (se dispone de una palanca solidaria a la rueda la cual acciona un émbolo que se desplaza en una cámara ubicada en ambos lados de la palanca).

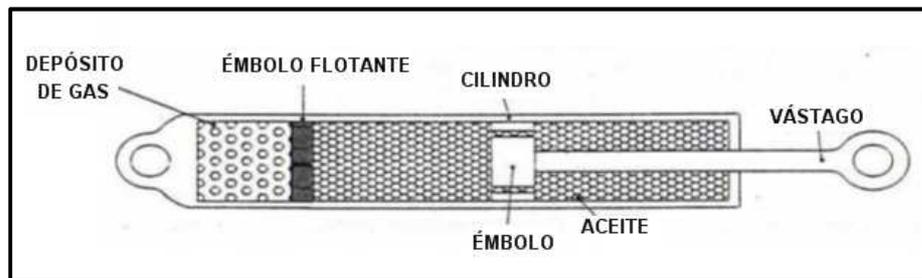
Figura 17. Amortiguador hidráulico



Fuente: <http://aficionadosalamecanica.com/suspension2.htm>

Amortiguadores de gas: Son similares a los hidráulicos, con similar disposición, pero se diferencian en la aparición de un émbolo flotante en el extremo opuesto al cilindro deslizante y el cual retiene un depósito de gas (nitrógeno normalmente) a una presión en torno a 25 atmósferas.

Figura 18. Amortiguador de gas



Fuente: <http://aficionadosalamecanica.com/suspension2.htm>

Ventajas sobre la hidráulica: Absorbe las variaciones de volumen en la cámara inferior, resultantes de los distintos volúmenes desalojados por el émbolo, dada la presencia del vástago en la cámara superior, y se evita la formación de burbujas en el aceite al estar sometido a presión, reduciendo así comportamientos irregulares.

2.2.8 Elementos estructurales y de guiado de la suspensión. Para que un vehículo se encuentre suspendido sobre las ruedas y no apoyado en ellas, es necesaria la utilización de estos elementos. Son aquellos que servirán de guiado y de sujeción a la rueda en su desplazamiento, haciendo posible el funcionamiento de la suspensión y de la amortiguación, e interrelacionándolos con los dispositivos de tracción y dirección.

2.2.9 Manguetas. La mangueta de la suspensión es aquella en la que se fijan, directa o indirectamente, la mayoría de los elementos de los sistemas de suspensión (tirantes, trapecios, amortiguador, etc.) y dirección, incluyendo la rueda. La mangueta va fijada a través del buje, que es el elemento giratorio al que también va fijada la rueda, el disco o el tambor de freno. En el interior del buje se montan los rodamientos o cojinetes que garantizan el giro de la rueda.

Figura 19. Mangueta



Fuente: <https://sites.google.com/site/suspension1alejandroadrian/3-elementos-que-intervienen-en-la-suspension/3-1-silentblock-y-cojinetes-elasticos/3-2-rotulas/3-3-mangueta-y-buje>

2.2.10 Brazos. Elemento de unión con dos extremos. Un brazo está diseñado para soportar esfuerzos de tracción o compresión. Por su forma y por el tipo de articulaciones no está fabricado para soportar esfuerzos laterales. Los brazos pueden ser rectos figura 20, curvos, rígidos o flexibles, y pueden provenir de una pieza de fundición (de hierro o aluminio) o de chapa de acero estampada.

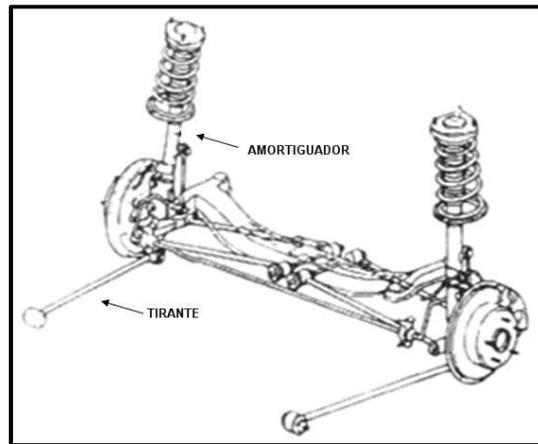
Figura 20. Brazo recto y rígido



Fuente: <http://www.demarkarecambios.es/index.php?show=art2&codigo=-1&marca=04&id=14>

2.2.11 Tirantes. Son complemento de ciertos elementos de la suspensión, con los que no se consigue un guiado y sujeción efectivo. Con su disposición se evitan alteraciones en la geometría de la misma y sus ángulos. En algunos casos disponen de un extremo roscado, para efectuar correcciones en la geometría de la rueda y en otros se emplean como punto de sujeción de la barra estabilizadora.

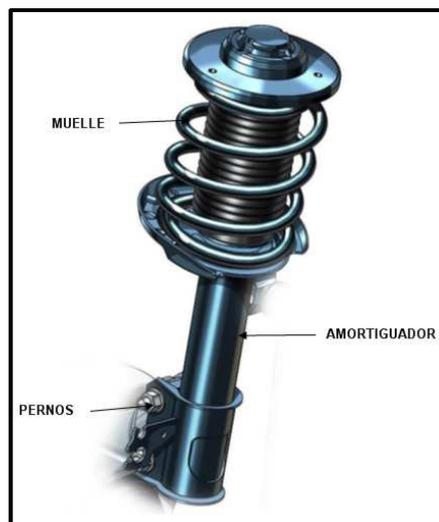
Figura 21. Tirantes



Fuente: <http://www.automotriz.net/tecnica/conocimientos-basicos-38.html>

2.2.12 Brazo telescópico. Elemento de unión característico de la suspensión McPherson, que tiene un tubo interior que corre dentro de un tubo exterior. Normalmente es el amortiguador.

Figura 22. Brazo telescópico



Fuente: <http://www.km77.com/tecnica/bastidor/clasificacion-suspension/g01.asp>

2.2.13 Rótulas, silentblocks y articulaciones.

Las rótulas: Constituye un elemento de unión, fijación y dirección, al permitir el movimiento hacia arriba y hacia abajo, manteniendo la geometría de las ruedas. Se trata de una esfera, cuyo extremo es solidario a uno de los elementos de la unión articulada. El alojamiento de la citada esfera, posee la misma forma interior que ésta, de tal forma, que sin dejar de ser solidarios, pueden adoptar diversas posiciones angulares entre sí.

Figura 23. Rótula



Fuente: <http://renault1916v.phpbb3.es/viewtopic.php?f=7&t=6795>

Los silentblocks: Elementos de caucho vulcanizado u otro material elastómero que se utiliza para unir la suspensión al chasis, de forma que no existan piezas móviles metálicas en contacto.

Su misión es conseguir un buen aislamiento y amortiguar los golpes existentes entre los elementos que existe movimiento relativo. Suelen montarse a presión o atornillados. No necesitan mantenimiento pero son sensibles a la temperatura, inclemencias del tiempo, a los productos químicos y al aceite.

Figura 24. Silentblock



Fuente: http://www.dirt-bike-store.com/Silent_block_buffer_as_diabolo_Honda-shop_view-611-.html

En vehículos deportivos, para mejorar la precisión en las articulaciones, se sustituyen los casquillos por las rótulas uniball, que a diferencia de las rótulas normales la esfera es atravesada por un tornillo pasante, absorbiendo así las torsiones generadas por las reacciones mecánicas, y con el inconveniente que transmiten al conductor todos los ruidos y vibraciones.

2.2.14 Triángulo. Elemento de unión con tres extremos, tiene dos en el bastidor y uno en la mangueta, sirven de soporte y fijación a través de una rótula, el pivotamiento de estos se consigue con dos articulaciones mediante silentblocks. Se construyen en chapa de acero macizo e incluso en fundición de aluminio. Se pueden distinguir dos tipos de triángulos: en L y en A.

Figura 25. Triángulo en L



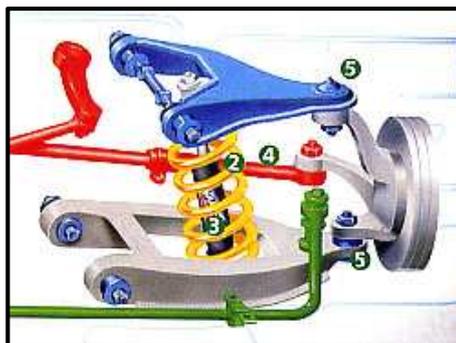
Fuente: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/control-arm-arm-triangle-arm-493929651.html>

En la distribución en L, figura 25, el triángulo teórico que forman las tres articulaciones tiene un ángulo recto y un lado paralelo al eje de las ruedas.

En la distribución en A, figura 26, el triángulo puede tener formas y ubicaciones más variadas.

En unos casos tienen la articulación de la rueda entre las dos articulaciones del bastidor y en otros, las dos articulaciones del bastidor están por delante de la rueda. El triángulo en A puede estar abierto con forma de ángulo, denominado por los británicos whisbone, También puede estar cerrado con una unión intermedia entre los lados.

Figura 26. Triángulo en A



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.com/suspension3.htm>

2.2.15 Otros elementos. El bastidor o chasis no forma parte del sistema de suspensión en sí, pero es el armazón metálico sobre el que se montan y relacionan todos los elementos del automóvil: la carrocería, el motor y la transmisión por la parte superior, la suspensión con las ruedas por la parte inferior. Su función es soportar el peso de todos los elementos del vehículo, cargas dinámicas que puedan generarse durante la conducción y las originadas por el funcionamiento de los distintos sistemas (motor, dirección, transmisión, etc.).

La concepción clásica de los bastidores es una estructura formada por dos travesaños longitudinales con refuerzos transversales, sobre los que se anclan suspensión, carrocería y motor. En la actualidad se siguen utilizando en muchos vehículos todo-terreno por ser robusto.

Figura 27. Chasis



Fuente: <http://www.f-series4x4.com.ar/Notas/Notas/Series%20F%20latinas/F-series4x4latinas.html>

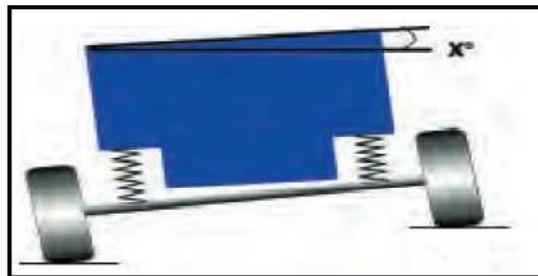
Su estructura se diseñó para deformarse en caso de colisión, dejando así que el chasis sea el que absorba la energía del impacto en lugar de los ocupantes del vehículo. Se utiliza la carrocería auto portante, en la que el bastidor como tal desaparece y se integra mediante refuerzos específicos en la propia carrocería.

2.3 Clasificación de las suspensiones según su geometría

Engloba a tres grandes grupos de suspensión principales: suspensiones rígidas, suspensiones semirrígidas y suspensiones independientes.

2.3.1 Suspensión rígida. Se llama suspensión rígida a aquella que tiene como elemento de unión entre las ruedas un mismo eje, un elemento rígido (barra). También es denominado sistema dependiente, una rueda transmite todo el movimiento a la otra. En la figura 28 se observa un sistema rígido, y se evidencia como al elevarse una rueda, la inclinación de esta, se trasmite al eje y a su vez a la otra rueda. Debido a que el bastidor va fijado a los ejes, la inclinación del suelo afecta a todo el vehículo.

Figura 28. Suspensión rígida



Fuente: <http://www.fullextreme.com.mx/index.php/component/content/article/1-latest-news/57-suspension>

Ventajas: Menor coste de diseño y fabricación, no producen variaciones significativas en los parámetros de la rueda, y sobre todo destaca su sencillez. Se trata de una buena suspensión para soportar grandes cargas, debido a su rigidez y esto hace que sea común en ejes traseros de todoterrenos y camiones de bajo y gran tonelaje.

Inconvenientes: cabe destacar, que al encontrarse unidas las ruedas, las vibraciones producidas por la acción de las irregularidades del pavimento, se transmiten de un lado al otro del eje, el peso de las masas no suspendidas aumenta notablemente debido al peso del eje rígido y al peso del grupo cónico diferencial en los vehículos de tracción trasera. Esto hace que sean incómodas en la conducción y que sean menos seguras.

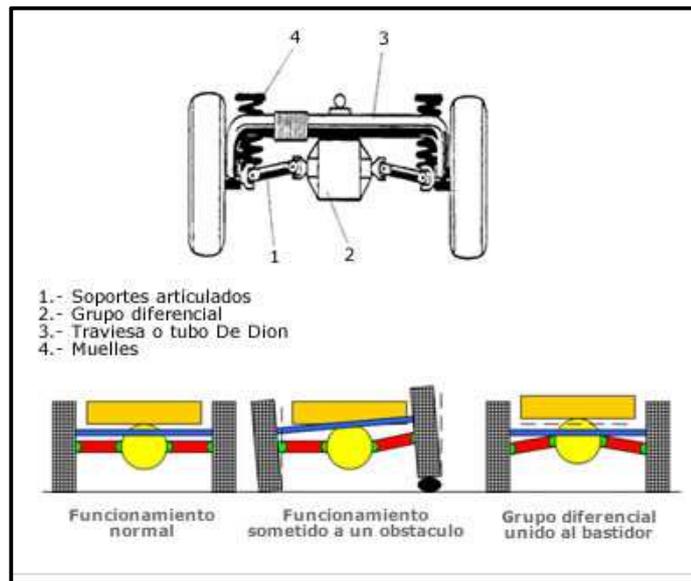
2.3.2 Suspensión semirrígida. Se diferencian de las rígidas en que transmiten de forma parcial las irregularidades del terreno. En cualquier caso aunque la suspensión no es rígida total, tampoco es independiente.

Una suspensión de este tipo, es la llamada suspensión con eje de Dion, en ella las ruedas van sujetas mediante soportes articulados al grupo diferencial. De esta manera se transmite

el giro a las ruedas a través de dos semiejes, y a su vez las ruedas van unidas entre sí mediante el tubo de Dion.

Ventajas: frente al rígido, disminuye la masa no suspendida, manteniendo los parámetros de la rueda prácticamente constantes.

Figura 29. Esquema de una suspensión



Fuente: <http://www.fullextreme.com.mx/index.php/component/content/article/1-latest-news/57-suspension>

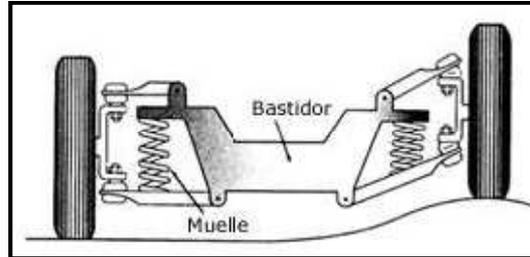
El eje torsional es otro tipo de suspensión semirrígida utilizada en las suspensiones traseras, en vehículos que tienen tracción delantera, tiene forma de U, por lo que es capaz de deformarse elásticamente un cierto ángulo cuando una de las ruedas encuentra un obstáculo.

Este sistema mediante la torsión del puente permite, una recuperación parcial del ángulo de caída de alto efecto de estabilización, características que junto al bajo peso, bajo coste y poco espacio que ocupan la hacen ideal para instalarla junto con otros componentes.

2.3.3 Suspensión independiente. Actualmente este tipo de suspensión se utiliza debido a que es óptima desde el punto de vista del confort y la estabilidad al reducir de forma independiente las oscilaciones generadas por el pavimento. En la configuración de eje

independiente las ruedas están conectadas al cuerpo del vehículo mediante un sistema articulado que permite desplazarse verticalmente sin afectar a la rueda opuesta.

Figura 30. Suspensión independiente

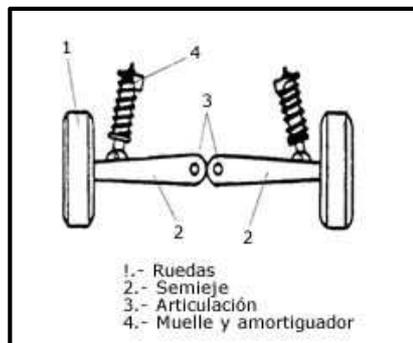


Fuente: <http://www.fullextreme.com.mx/index.php/component/content/article/1-latest-news/57-suspension>

El diseño de este tipo de suspensión garantiza que las variaciones de caída y ancho de ruedas sean pequeños para conseguir una dirección segura del vehículo. Las suspensiones independientes tienen la desventaja de tener un mayor costo, presentar una mayor complejidad del sistema y para cargas elevadas esta suspensión puede presentar problemas.

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

Figura 31. Esquema de una suspensión de eje oscilante

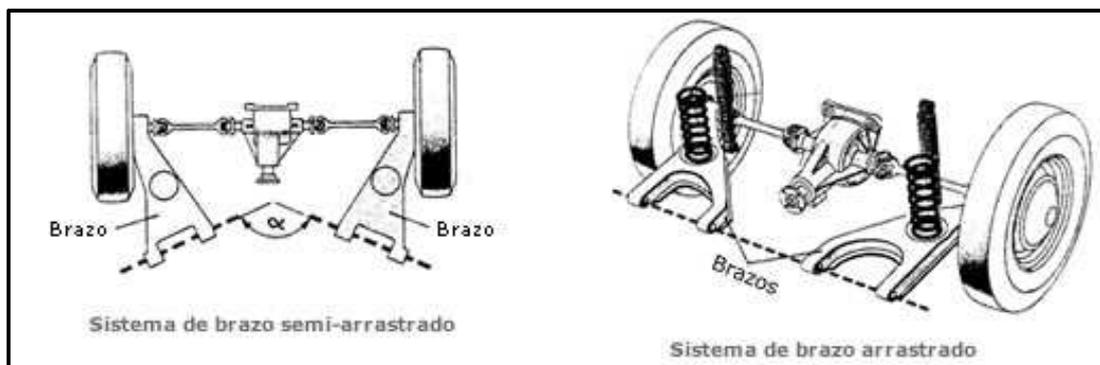


Fuente: <http://www.fullextreme.com.mx/index.php/component/content/article/1-latest-news/57-suspension>

2.3.5 Suspensión de brazos tirados o arrastrados. Realiza la unión de la rueda y el bastidor mediante una articulación por delante del eje, mediante un brazo que en su parte anterior está unido al bastidor y en la posterior, a la rueda. En cualquier caso, las ruedas son tiradas o arrastradas por los brazos longitudinales que pivotan en el anclaje de la carrocería.

El elemento de unión puede ser más complejo que un brazo, bien un triángulo (dos puntos de unión al bastidor en lugar de uno) o bien varios brazos independientes. También puede haber diferencias en el sistema elástico utilizado. La figura 32 ilustra una suspensión de "brazos semi-arrastrados" y tiene la ventaja que no precisa estabilizadores longitudinales debido a la componente longitudinal que tiene el propio brazo o soporte.

Figura 32. Sistema de brazos arrastrados



Fuente: <http://www.fullextreme.com.mx/index.php/component/content/article/1-latest-news/57-suspension>

2.3.6 Suspensión McPherson. La suspensión McPherson es el sistema más compacto y liviano. Actualmente es el sistema de suspensión más utilizado en el eje delantero de los automóviles, permite un menor consumo de gasolina y un menor número de componentes en el sistema logrando así ahorro de espacio del motor.

Por último, permite un sistema de tracción delantera más sencillo. Con esta suspensión es imprescindible que la carrocería sea más resistente en los puntos donde se fijan los amortiguadores y muelles, con objeto de absorber los esfuerzos transmitidos por la suspensión.

Se trata de una suspensión en la que el amortiguador está solidariamente unido al buje de la rueda, de manera que el movimiento del bastidor con relación a la rueda tiene la misma dirección que el eje perpendicular del amortiguador.

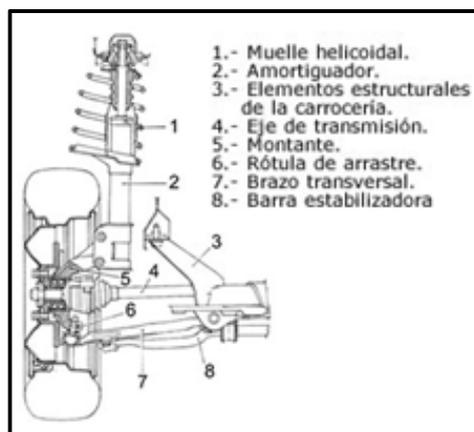
Figura 33. Suspensión McPherson



Fuente: <http://wunaladreaming.wordpress.com/2007/03/>

Como elementos de unión entre rueda y bastidor, la suspensión McPherson necesita además del amortiguador, articulaciones en la parte inferior del buje. La versión original tenía un brazo transversal y la barra estabilizadora en función de tirante longitudinal. En versiones posteriores se reemplaza la estabilizadora por otro brazo, o ambos brazos por un triángulo. En ruedas que no son motrices, hay versiones de la suspensión McPherson con dos brazos transversales y uno oblicuo o longitudinal. [5]

Figura 34. Esquema de una suspensión McPherson

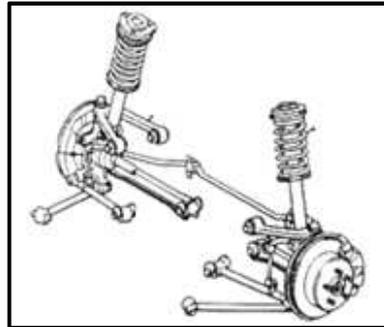


Fuente: <http://www.fullxtrreme.com.mx/index.php/component/content/article/1-latest-news/57-suspension>

2.3.7 Suspensión de brazo largo o corto. Tiene en cada rueda un brazo de control superior y un brazo de control inferior. Los brazos están fijos al chasis en el extremo interior del brazo mediante bujes que permiten el movimiento vertical de los extremos exteriores de los brazos.

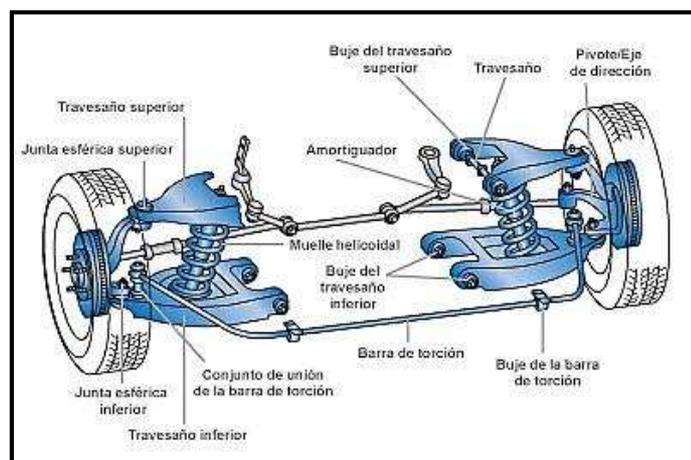
Los brazos están fijos, mediante rótulas a una articulación de la dirección. Las rótulas permiten que la punta del eje de la rueda se mueva hacia arriba o hacia abajo, así como girar a la izquierda como a la derecha. La desigualdad de longitud de los brazos hace que en la parte superior de la rueda se mueva hacia dentro y hacia afuera con el movimiento de suspensión, impidiendo que la llantaresbale o ruede lateralmente en la parte inferior, donde está en contacto con la superficie del camino.

Figura 35. Suspensión de brazo largo y corto



Fuente: <http://www.velocidadmaxima.com/forum/showthread.php?t=86542>

Figura 36. Suspensión con doble brazo de control



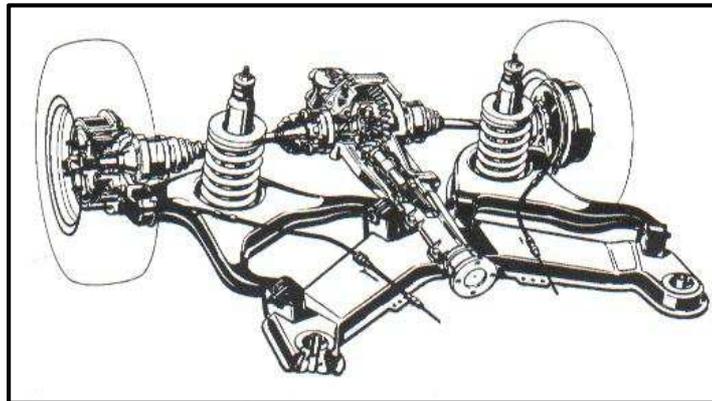
Fuente:

<http://midas.com/espanol/Educaci%C3%B3nautomotriz/Direcci%C3%B3nsuspensi%C3%B3nyalineaci%C3%B3n/C%C3%B3mofuncionan/tabid/513/Default.aspx>

2.3.8 Suspensión de doble viga en I. Es una forma de suspensión semi-independiente. Son utilizadas dos vigas en I, para cada una de las ruedas, la cual está fijada a un lado del chasis y se extiende hasta la punta del eje y a la rueda de otro costado.

El extremo de la rueda de la viga en I se mueve hacia arriba y hacia abajo y gira en el otro extremo. Este tipo de suspensión es utilizado en camionetas livianas. En automóviles de tracción delantera, la función de la doble viga en I se consigue en la parte delantera mediante dos vigas de eje de acero, una de las cuales posee el diferencial. [6]

Figura 37. Suspensión con doble viga en I

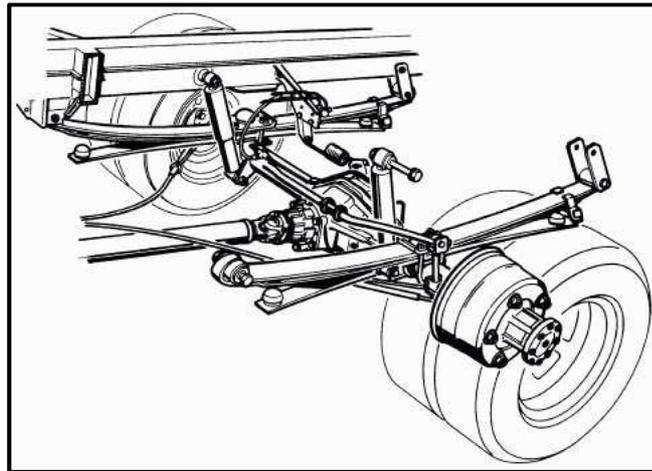


Fuente: <http://www.velocidadmaxima.com/forum/showthread.php?t=86542>

2.3.9 Sistema de suspensión traseros. La suspensión trasera está diseñada para proporcionar comodidad en el manejo, mantener en contacto las ruedas con el camino; aunque tiene mucho en común con la suspensión delantera, difieren en diseño y disposición. El muelle de hojas absorbe la fuerza de torsión del eje trasero durante la aceleración y frenado.

La fuerza de torsión tiende a torcer el compartimiento del eje, el cual, a su vez trata de torcer el muelle. Esta acción se denomina enrollado. El efecto enrollado se reduce con una sección corta y dura del muelle hacia delante. La fuerza de torsión y las cargas del freno absorbidas durante la aceleración y el frenado tratan de torcer el muelle de hojas.

Figura 38. Fuerza de torsión y cargas del freno



Fuente: <http://maybach300c.blogspot.com/2012/09/rigid-and-semi-rigid-crank-axle.html>

La torsión del tren propulsor y las fuerzas de frenado pueden torcer los muelles. Para evitarlo, el eje o funda del eje se monta adelante del centro del muelle, con un amortiguador colocado adelante y atrás. La estabilidad de la suspensión trasera se mejora montando brazos de control que oscilan entre eje o funda del eje y el chasis, y un brazo de control en diagonal, llamado tensor, tirante o varilla de tensión.

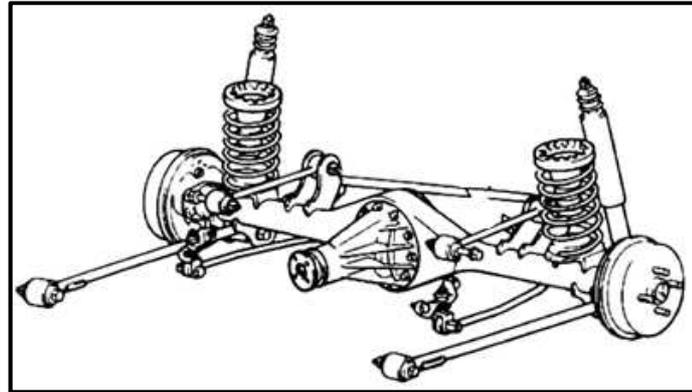
Figura 39. Suspensión de ballesta



Fuente: <http://www.km77.com/glosario/m/muelle.asp>

Los resortes absorben los impactos del camino y soportan el peso del automóvil; la posición y estabilidad del eje se logran con brazos de control colocados entre la carrocería o el chasis y el eje o funda de eje.

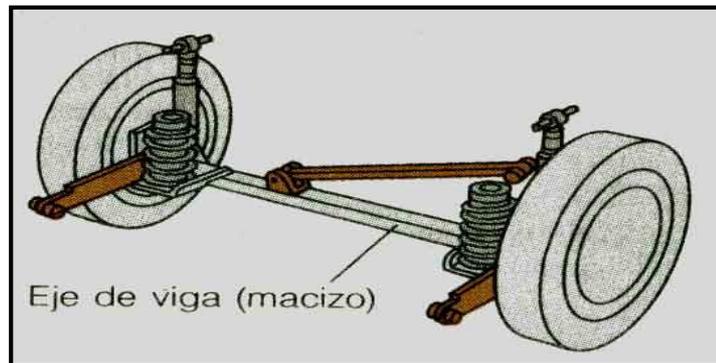
Figura 40. Suspensión de muelles



Fuente: <http://www.automotriz.net/tecnica/conocimientos-basicos-37.html>

En los automóviles con tracción delantera la torsión del motor no se transmite a la suspensión trasera. Muchos automóviles poseen eje de viga flexible, que son un tipo de suspensión trasera semi-independiente. [6]

Figura 41. Suspensión de muelles con eje macizo

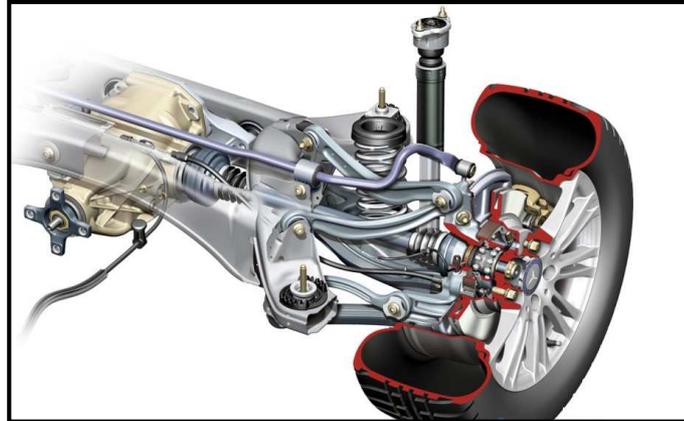


Fuente: <http://automecanico.com/auto2028/suspensi3.html>

Los sistemas de suspensión trasera con tracción delantera incluyen suspensión de McPherson independiente, suspensión no independiente de eje sólido, suspensión semi-independiente de torsión de los brazos colgantes, suspensión independiente de multivarillas, suspensión independiente de formas A colgante, suspensión de forma A

transversales, suspensión trasera McPherson independientes con brazos de control inferior y varillas de tensión para un automóvil de tracción delantera.

Figura 42. Sistema de suspensión trasera



Fuente: <http://www.km77.com/00/mercedes-benz/clase-e/2009/t04.asp>

2.4 Suspensiones especiales

2.4.1 Suspensión neumática. Este tipo de suspensión se utiliza sobre todo en vehículos de alta gama. La suspensión neumática basa su funcionamiento en las propiedades que ofrece el aire sometido a presión. En esta suspensión, se sustituye el resorte mecánico (muelle, ballesta o barra de torsión) por un fuelle o cojín de aire que varía su rigidez.

La suspensión neumática permite:

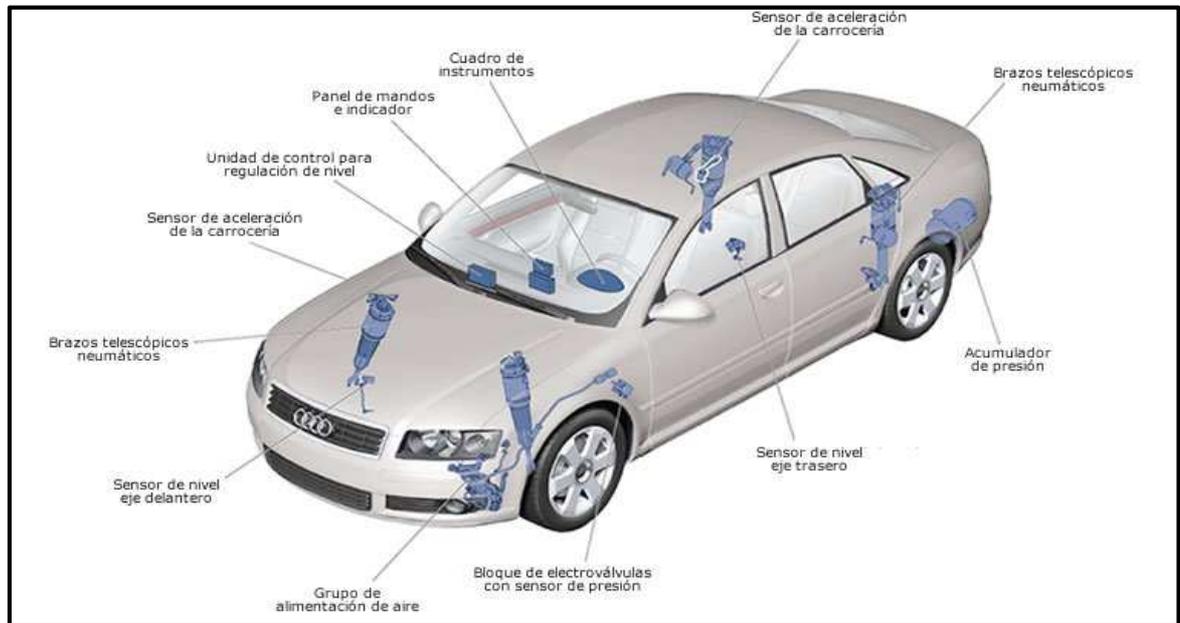
- Adaptar la carrocería a distintas alturas en función de las necesidades de marcha.
- Adaptar la suspensión y la amortiguación a la situación de la calzada y a la forma de conducir.

Se caracteriza por su elevada flexibilidad, notable capacidad de amortiguación de las vibraciones y por la autorregulación del sistema que permite mantener constante la distancia entre el chasis y la superficie de carretera independientemente de la carga presente en el vehículo.

La suspensión neumática se puede aplicar tanto en el eje trasero o integral a las cuatro ruedas. Con esta suspensión se puede variar la altura de la carrocería manual o automáticamente en función de la velocidad, de las características de la calzada y el estilo

de conducción. Se conecta o desconecta la suspensión en las patas telescópicas con un volumen de aire adicional.

Figura 43. Componentes de la suspensión neumática



Fuente: <http://www.fullextreme.com.mx/index.php/component/content/article/1-latest-news/57-suspension>

2.4.2 Suspensión hidroneumática. A diferencia de la suspensión convencional, en la que los muelles de la suspensión son fabricados con acero especial para muelles, en la suspensión hidroneumática, dichos muelles son sustituidos por gas de nitrógeno, de manera que las oscilaciones de la carrocería provocadas por las irregularidades del terreno, son absorbidas a través de la variación de presión que genera el aceitesobre el gas.

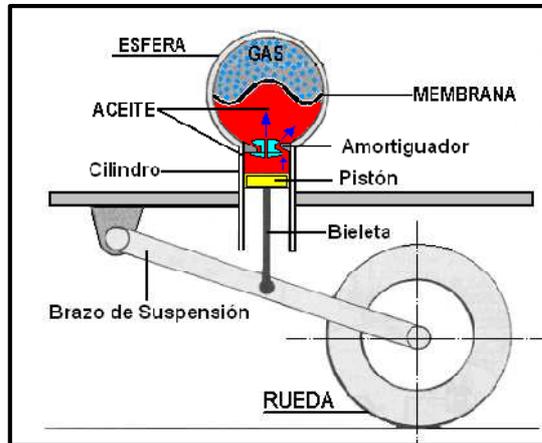
La característica principal de este sistema es que mantiene una altura constante de la carrocería respecto al suelo, independiente de la carga que soporte el vehículo.

El sistema utiliza para cada una de las ruedas, una esfera que tiene en su interior gas (nitrógeno).

La función que realiza el gas es la del muelle, el cual absorbe las oscilaciones de los elementos mecánicos cuando es comprimido por la acción de un líquido, que recorre un circuito hidráulico y comunica cada una de las cuatro ruedas. La suspensión

hidroneumática es una suspensión suave y elástica, que mejora la aerodinámica del vehículo y contribuye a la estabilidad y seguridad activa en carretera. [7]

Figura 44. Bloque de suspensión



Fuente: <http://www.fullextreme.com.mx/index.php/component/content/article/1-latest-news/57-suspension>

2.5 Alineación

La alineación de ruedas es el término usado para describir al ángulo en el cual los neumáticos son montados en el vehículo. Si la alineación de ruedas es inadecuada, el manejo tiende a ser inestable, los neumáticos pueden desgastarse anormalmente, hay una gran influencia sobre la operación de la dirección.

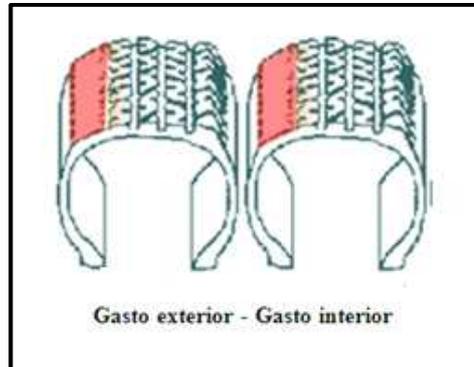
La alineación inapropiada puede reducir la vida de la llanta en más de 70%. El efecto es tan grande que en algunos casos extremos un juego de llantas nuevo puede ser completamente gastado en un recorrido corto.

Las señales de una incorrecta alineación de llantas incluyen vibración, bamboleo, tendencia del vehículo a tambalearse o jalar hacia un lado cuando se maneja a altas velocidades. Los factores que causan desalineación incluyen: curvas agresivas, frenazos, o chocar las aceras.

La alineación implica ajustar las ruedas a las especificaciones establecidas por el fabricante del vehículo de forma que mantengan una línea recta. Cuando se maneja un

vehículo que está desalineado las llantas se desgastan de manera desigual, usualmente en un borde interior o exterior (sólo un lado).

Figura 45. Desgaste irregular del neumático

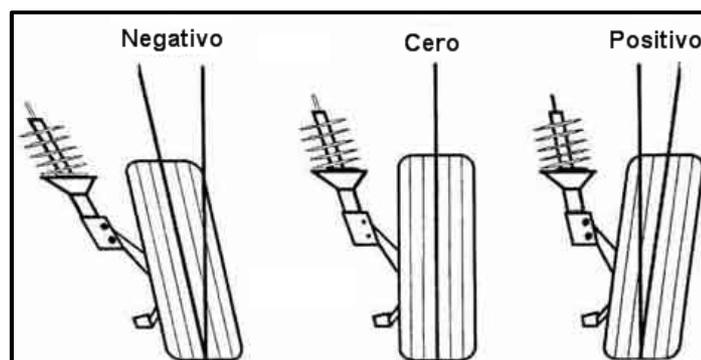


Fuente: http://www.goodyear.com.ar/serv_supp/t_maintenance/

2.5.1 Camber. Es una medida angular que representa la inclinación de la parte superior de las ruedas, hacia fuera (positivo) o hacia adentro (negativo), a partir de la vertical, vista desde el frente del vehículo.

Cuando está adecuadamente ajustado, el ángulo del camber mantiene las llantas exteriores rectas y estables cuando se da un giro. El camber de las ruedas delanteras es medido con precisión cuando las ruedas están orientadas paralelas a la línea direccional del eje trasero.

Figura 46. Posiciones del camber



Fuente: <http://automecanico.com/auto2029/susp7.html>

Su función es distribuir el peso del vehículo sobre la superficie de las llantas para evitar el desgaste desigual en las mismas.

Determinada magnitud de camber positivo es generalmente incluido en vehículos en reposo con el objetivo de contrarrestar tendencias a crear camber negativo mientras que el vehículo está en movimiento debido a la curvatura de las carreteras, peso de los ocupantes, fuerzas creadas por condiciones de superficie de carreteras y otros factores de la geometría de la suspensión. El propósito es lograr “cero camber” de promedio con el vehículo en movimiento.

La variación del camber es lograda con el desplazamiento, hacia afuera y hacia adentro de la parte superior de las ruedas mientras se mantiene la parte inferior equidistante una de otra para evitar fricción por resbalamiento. Un desgaste excesivo del borde de las ruedas es generalmente atribuido a ajustes impropios del camber.

Con el camber mal ajustado y la rueda desplazándose en línea recta, el lado hacia el cual existe la inclinación tiende a desplazarse más de prisa y a recibir mayor proporción del peso del vehículo. Un vehículo con demasiado camber positivo o negativo gastará más combustible, pues le cuesta más trabajo moverse. El camber excesivo tiende a frenar el vehículo.

Los tres posibles ángulos de camber son:

Camber negativo

El camber negativo tiende a causar que la llanta ruede hacia el centro del vehículo. Un vehículo tiende a moverse a la deriva hacia el lado que tiene el mayor camber negativo.

Demasiada caída negativa inclina la parte superior de la llanta hacia adentro, lo cual coloca la carga en la orilla interior de la llanta, causando un desgaste desigual.

Camber positivo

El camber positivo tiende a causar que la llanta del vehículo se aleje del centro del vehículo. Demasiado camber positivo hala al vehículo en dirección hacia el lado que tiene más caída o camber. Demasiada caída positiva hace inclinar la parte superior de la llanta hacia afuera, lo cual coloca la carga del vehículo en la orilla exterior de la llanta causando un desgaste desigual.

Camber nulo

La rueda no tiene inclinación alguna.

2.5.2 Caster. El caster o avance es la inclinación hacia adelante o hacia atrás del eje de la suspensión (amortiguador – resorte) con respecto a la vertical, viendo la rueda delantera de lado. Se tienen tres posibilidades para el ángulo de caster:

Caster positivo

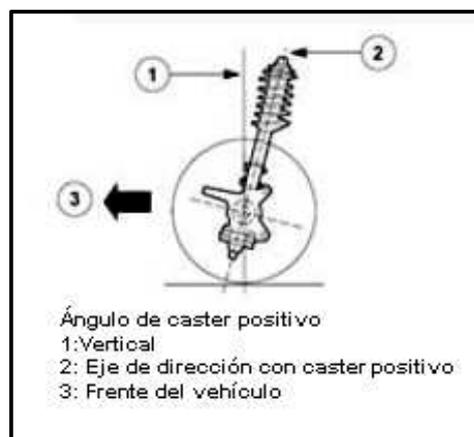
El caster o avance positivo ocurre cuando el eje de la dirección o la línea central del vehículo se encuentra adelante del punto de contacto de la llanta con el camino. El caster positivo causa arrastre en la parte trasera de la llanta.

El efecto de arrastre, llamado recorrido de caster, fuerza la llanta a viajar en línea recta o a retornar la dirección recta (hacia el frente). La mayoría de los vehículos utilizan un caster positivo para ayudar al vehículo a conservar una dirección recta hacia adelante. Un avance positivo en exceso puede causar:

- Volante duro y vibraciones a bajas velocidades.
- Serpenteo a altas velocidades.

Este tipo de caster es comúnmente usado en las bicicletas, donde, al ir hacia la derecha, se siente que la bicicleta tira hacia la izquierda y viceversa, es decir, fuerza hacia el frente.

Figura 47. Caster positivo



Fuente: http://e-auto.com.mx/manual_detalle.php?manual_id=253

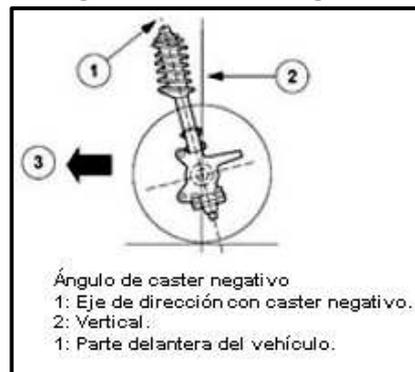
Caster negativo

Facilita tomar las curvas. Con caster negativo, la línea central del eje de la dirección tiende a alejar la llanta de la posición directamente hacia adelante y facilitar el giro del volante. La desventaja del caster negativo es que el manejo recto hacia adelante se dificulta más, ya que el vehículo quiere moverse a la derecha o a la izquierda y no en la dirección recta hacia el frente como con el caster positivo.

Aunque el caster negativo facilita el manejo, un caster negativo excesivo causa:

- Serpenteo del vehículo.
- Disminución del retorno al centro de la dirección.
- Menor estabilidad durante el frenado.

Figura 48. Caster negativo



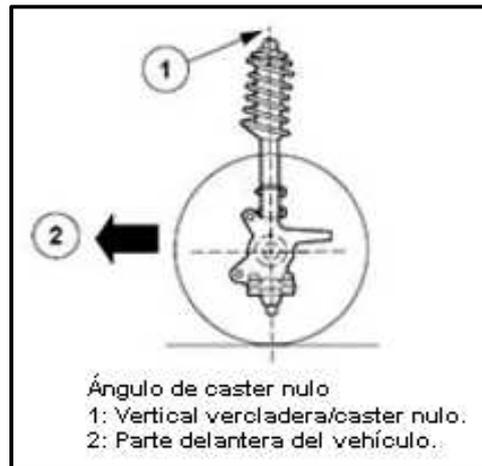
Fuente: http://e-auto.com.mx/manual_detalle.php?manual_id=253

Casternulo

Cuando el eje de la dirección es vertical, el ángulo del caster es cero o nulo. El caster nulo tiende a tener un efecto neutral en la estabilidad direccional y el manejo. Con el caster nulo, la línea central extendida del eje de la dirección se alinea con el punto de contacto de la llanta con el piso.

Por lo tanto, no hay arrastre de la llanta en ninguna dirección. Al no haber arrastre, no se presentan las fuerzas para hacer girar las ruedas ya sea hacia la izquierda o hacia la derecha.

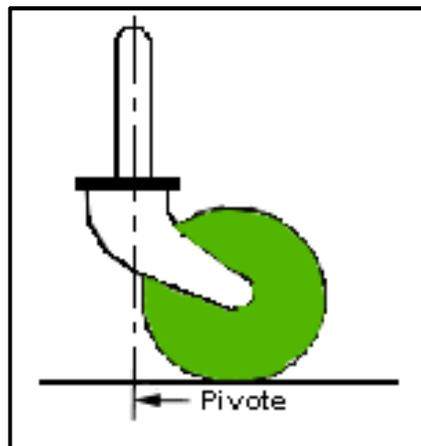
Figura 49. Camber nulo



Fuente: http://e-auto.com.mx/manual_detalle.php?manual_id=253

Un caster ajustado adecuadamente permite a las ruedas seguir en línea recta y previene el tambaleo. El ángulo caster puede a menudo ser mejor comprendido viendo el caster de un típico carrito de compras. [8]

Figura 50. Caster de un carrito de compras



Fuente: <http://www.tire-information-world.com/alignment-es.html>

Al empujar un carrito de compras equipado con ruedas caster, las mismas tienden a rodar en línea recta porque avanzan detrás del punto de donde se halan. Mientras más grande sea la distancia de rastreo, la tendencia de rodar en forma recta es mayor. El caster en el vehículo es ajustable para efectos de incrementar o disminuir la distancia de rastreo efectiva.

2.5.3 *Inclinación del eje de dirección o ángulo SAI.* La inclinación del eje de dirección o ángulo SAI. (shaft angle inclination), algunas veces llamada inclinación de la rótula o

pivote del mango de la dirección, es la inclinación del eje de dirección que se observa por el frente del vehículo.

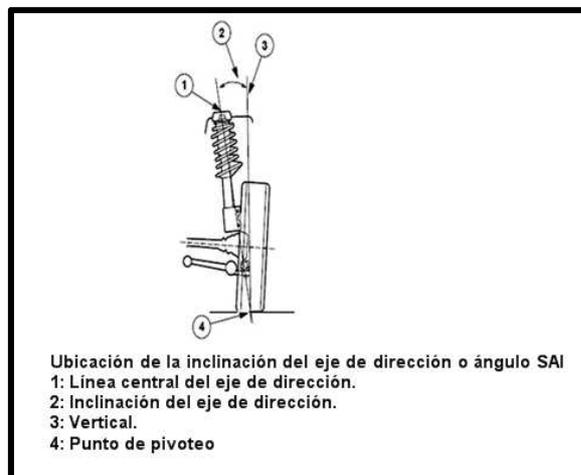
Para determinar el ángulo SAI, dibujar una línea imaginaria a través del centro del componente de la dirección.

El ángulo entre esta línea y la vertical es la inclinación del eje de dirección. La inclinación del eje de dirección es similar al ángulo del caster ya que ambos se relacionan con el ángulo del eje de dirección. [9]

A diferencia del caster, la inclinación del eje de dirección no se puede ajustar, excepto mediante el reemplazo de los componentes de la dirección. Al igual que el caster, el peso del vehículo sobre el eje de dirección ayuda a las ruedas a mantenerse en posición recta hacia adelante y retomar al centro cuando se sale de una curva.

Como el ángulo SAI es mayor que el ángulo del caster, tiene un mayor efecto sobre el control de la dirección. Cuando el ángulo es el correcto, la línea central del eje de dirección se extiende hasta un punto cerca del centro del área de contacto de la llanta con el camino, causando menor derrape de las llantas al tomar una curva, reduciendo el desgaste de los neumáticos y requiriendo menor fuerza para girar el volante.

Figura 51. Inclinación del eje de dirección

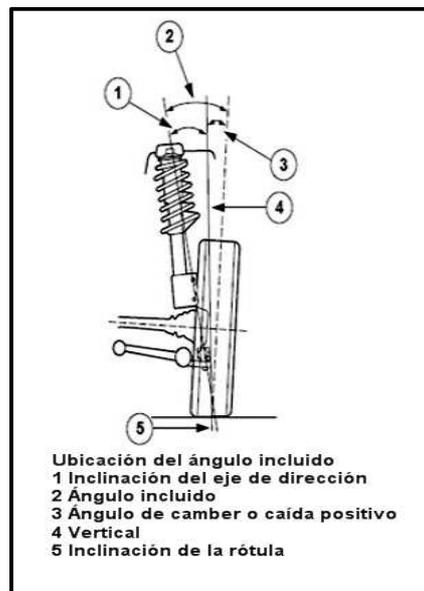


Fuente: <http://www.tire-information-world.com/alignment-es.html>

2.5.4 Ángulo incluído. El ángulo incluído se encuentra sumando el ángulo de camber y el ángulo de inclinación del eje de dirección (SAI). [9]

El ángulo incluído muestra la relación entre la posición del eje de dirección y el mango. Si el ángulo de camber es negativo, el ángulo incluído es menor que el SAI. Si el ángulo de camber es positivo, el ángulo incluído es mayor que el SAI. El entender esta relación ayuda a identificar si el vehículo tiene un mango o puntal doblado.

Figura 52. Ángulo incluído

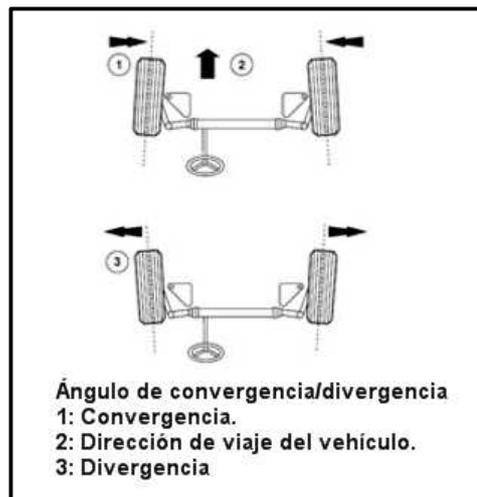


Fuente: <http://www.tire-information-world.com/alignment-es.html>

2.5.5 Convergencia / divergencia. La convergencia/divergencia mide la diferencia en la distancia entre el frente de las dos llantas delanteras y la parte trasera de ambas llantas. El objetivo de la convergencia/divergencia es mantener las llantas en la misma línea recta una con la otra cuando ruedan. La convergencia/divergencia ayuda a controlar el vehículo y a prolongar la vida de las llantas.

Los ajustes del caster y camber y otras fuerzas en el manejo tienden a dirigir las llantas hacia afuera cuando el vehículo está en movimiento. Tanto la convergencia como la divergencia tienden a contrarrestar estas fuerzas.

Figura 53. Ángulo de convergencia y divergencia



Fuente: <http://www.tire-information-world.com/alignment-es.html>

CAPÍTULO III

3. IMPLEMENTACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS

3.1 Selección de los elementos del soporte para la suspensión McPherson

Para la construcción del soporte se toma en cuenta características mínimas de funcionamiento como:

- Liviano.
- Resistente a la corrosión.
- Que sea robusto.
- Económico.
- Disponibilidad en el mercado.

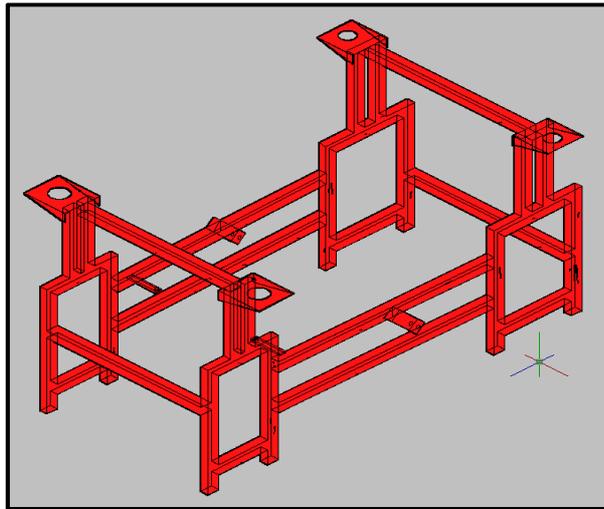
Una vez encontrada todas estas características seleccionamos para la construcción del soporte, un tubo rectangular estructural que posee las siguientes características de fabricación.

- Norma de Fabricación NTE INEN 2415-08.
- Límite de fluencia mínimo $f_y=2400 \text{ kg/cm}^2$.
- Altura= 40mm.
- Ancho= 60mm.
- Espesor=2mm.
- Peso (kg/m)= 3,13kg

3.2 Modelación de la estructura de soporte

Obtenidas las medidas se realiza el diseño del soporte en un programa de diseño asistido por computadora (AutoCAD).

Figura 54. Modelación de soporte de suspensión

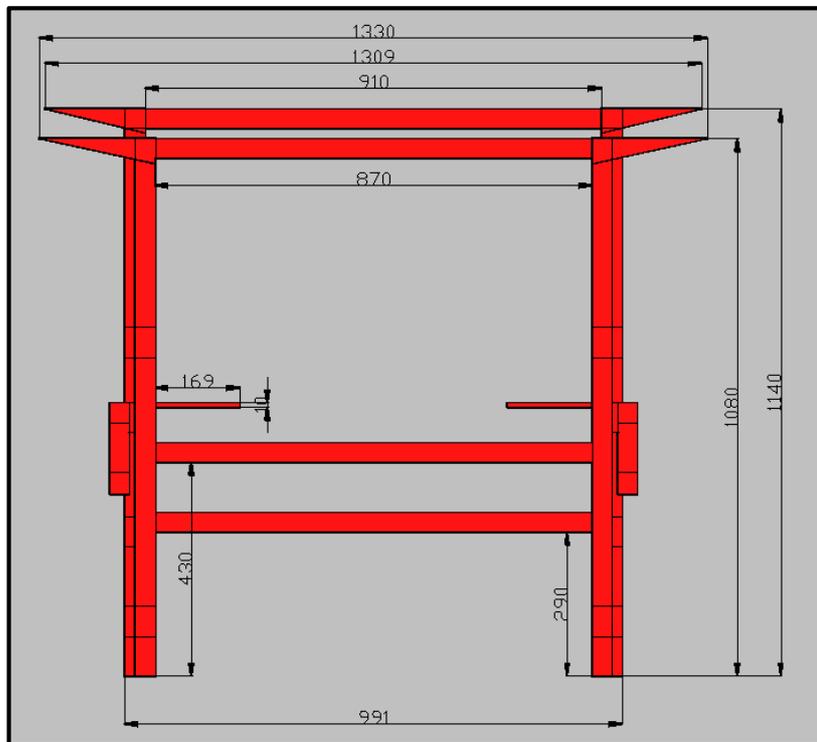


Fuente: Autores

3.2.1 Vistas frontal y lateral derecha acotadas.

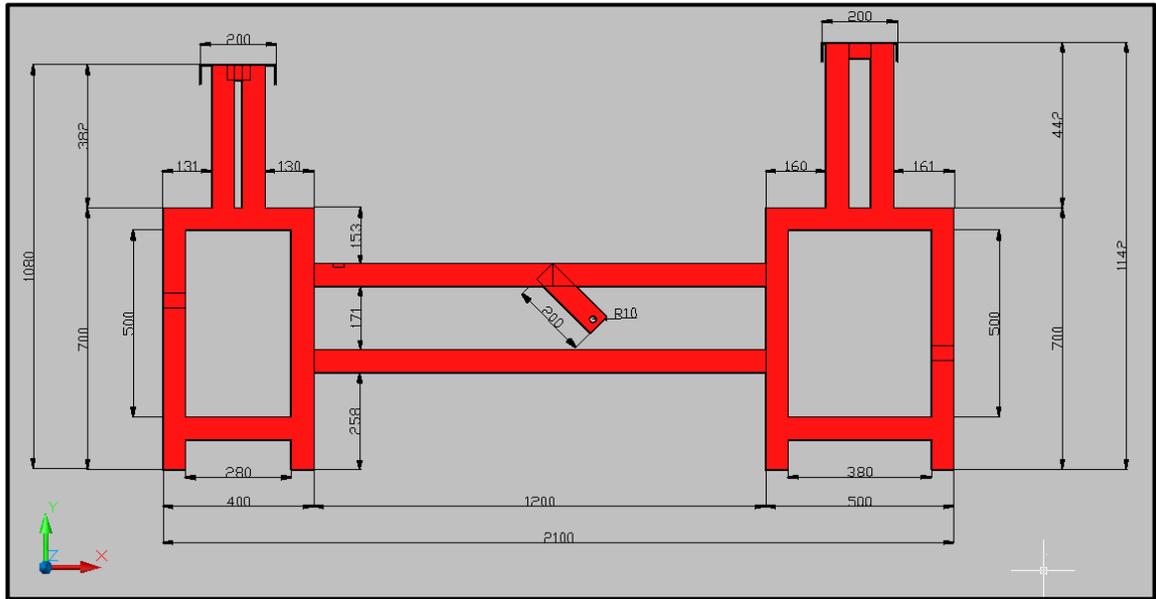
- Unidades en milímetros

Figura 55. Vista frontal acotada



Fuente: Autores

Figura 56. Vista lateral derecha acotada

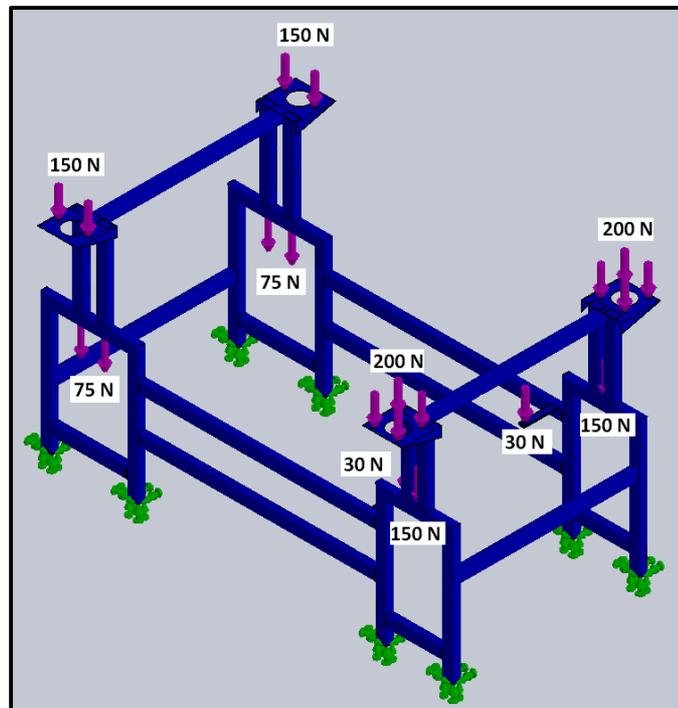


Fuente: Autores

3.3 Simulación de cargas sobre la estructura

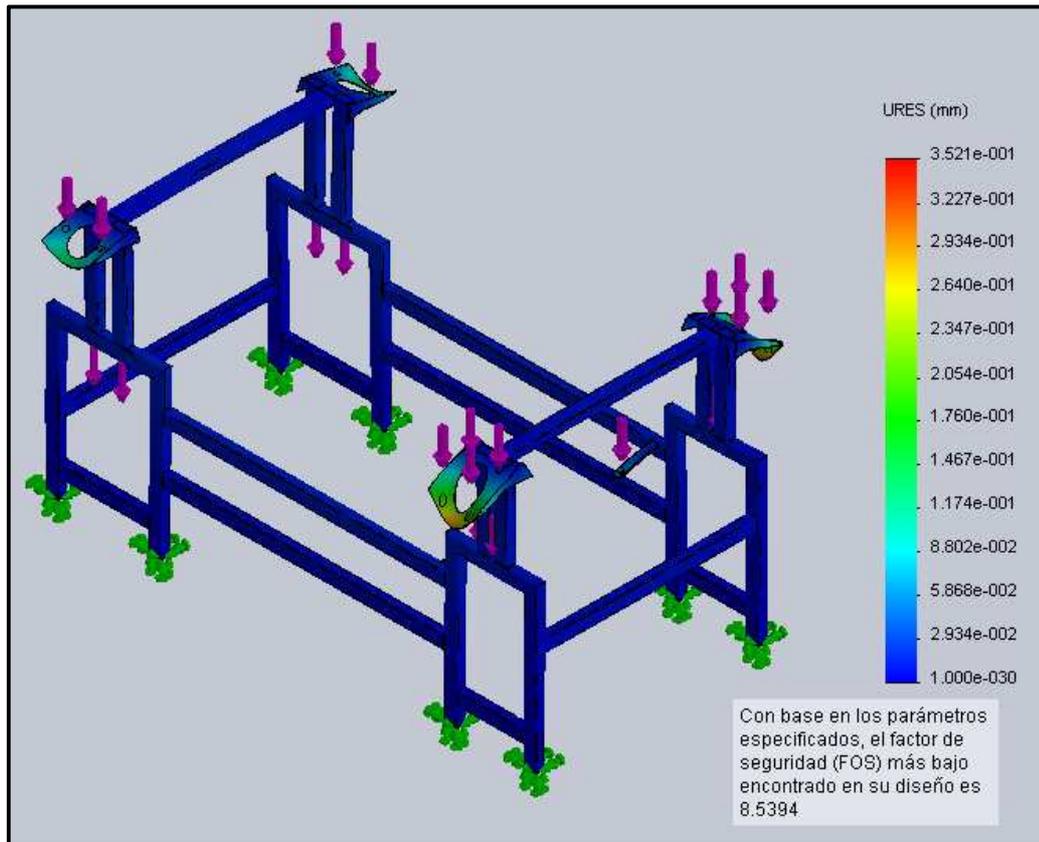
La simulación es realizada en el paquete electrónico Solidworks.

Figura 57. Cargas sobre la estructura



Fuente: Autores

Figura 58. Simulación de cargas sobre la estructura



Fuente: Autores

La deformación máxima calculada por el software es de 0.35 mm y un factor de seguridad de 8.5.

En base a los resultados del software, se determina que la estructura soportara todas las cargas presentes y posibles cargas adicionales.

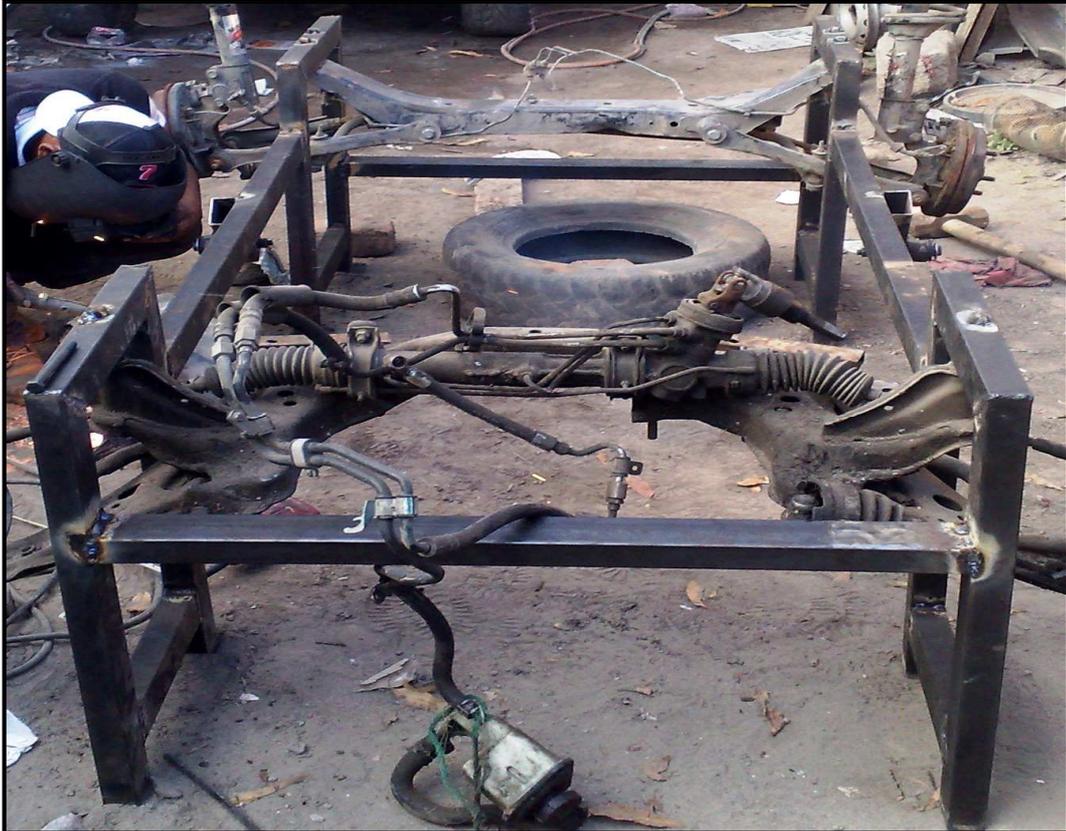
3.4 Construcción de la estructura de soporte

Para la construcción del soporte se realizó una serie de pasos que se detallan a continuación:

- Corte y unión por solda: se realizó una serie de cortes al tubo rectangular con las medidas ya estudiadas, para realizar las uniones a 90° se cortó cada uno de los tubos con un ángulo de 45°, estos cortes se realizaron con una sierra circular eléctrica.

La estructura se formó por medio de suelda por arco eléctrico usando un electrodo 6011, este posee características como alta penetración y rápida solidificación, se usa para soldar hierro estructural.

Figura 59. Corte y unión del tubo estructural



Fuente: Autores

- Pulido de soldaduras, aplicación de masilla y pintura: luego de un sinnúmero de soldaduras se procedió al rectificado, esto se realizó con una amoladora circular y una piedra de pulido, se limó las protuberancias producidas por la soldadura para obtener una apariencia lisa en la estructura.

Masilla poliéster se usa para rellenar pequeños desniveles producidos por el pulido de la soldadura, posee propiedades como adherencia sobre cualquier superficie sólida, es necesario aplicar capas delgadas. Luego se procede a retirar el exceso de masilla con lija, esto proporciona un acabado suave.

Figura 60. Masillado del soporte



Fuente: Autores

- Pintura: Para el proyecto se aplicaron 3 capas de diferentes pinturas, cada una con fines específicos que se detallaa continuación.
 - Primera capa: Pintura anticorrosiva aplicada directamente sobre la estructura luego de limpiar y lijar la superficie, se constituye por componentes químicos básicos tales como el silicato de sodio que inhibe el óxido.
 - Segunda capa: Pintura de color rojo semibrillante.
 - Tercera capa: Barniz o brillo, sirve para dar un acabado más brillante y también cumple la misión de proteger la pintura ante condiciones climáticas como lluvia.

Figura 61. Soporte pintado

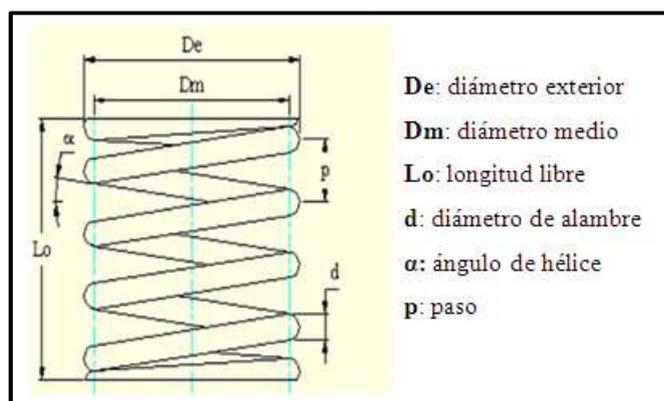


Fuente: Autores

3.5 Descripción de los elementos

3.5.1 Resortes helicoidales. Son los más utilizados actualmente tanto en suspensión delantera como la trasera. Un resorte en espiral es una varilla de acero enrollada, la presión requerida para comprimir el resorte es el coeficiente del resorte.

Figura 62. Datos de un resorte helicoidal



Fuente: <http://www.vanel.com/compression.php?lang=spanish>

La función principal del resorte es amortiguar el impacto de los saltos en el camino y mantener el peso del vehículo. Los espirales pertenecen a un vehículo Ford Escort, modelo 1993, sus características varían de acuerdo a su ubicación, suspensión delantera y suspensión posterior.

Datos de la suspensión delantera.

Tabla 1. Medidas de resortes delanteros

Diámetro Interno	14.3 cm
Diámetro externo	17 cm
Número de espiras	4
Paso	5,9 cm
Longitud libre	20 cm
Diámetro de alambre	1,4 cm

Fuente: Autores

Datos de la suspensión trasera.

Tabla 2. Medidas de resortes traseros.

Diámetro Interno	11,5 cm
Diámetro externo	14 cm
Número de espiras	6
Paso	5,5 cm
Longitud libre	30 cm
Diámetro de alambre	1,2 cm

Fuente: Autores

Los resortes helicoidales montados en el sistema de suspensión presentan las siguientes características:

- Fácil desmontaje.
- Espacio suficiente para realizar mediciones.
- Se encuentran en buenas condiciones.
- No presentan fatiga ni rupturas.

Estas son las características más relevantes que presentan los resortes helicoidales permitiendo una mejor idea del funcionamiento de los mismos.

Nota: Se debe tener precaución cuando se manipule los resortes debido a que estos almacenan energía y cuando esta es liberada el muelle salta si no se encuentra anclado a un elemento sólido, también se debe tener cuidado de no dejarlos caer porque en el revote podrían golpear cualquier parte del cuerpo.

Figura 63. Resorte helicoidal delantero



Fuente: Autores

3.5.2 Amortiguadores. El elemento principal es el amortiguador que se conoce como conjunto estructural McPherson o pierna, ya que soporta al elemento elástico o resorte y une la carrocería con la rueda y el sistema de dirección.

La función más importante es mantener el neumático en contacto permanente con el pavimento, siendo esta la única manera de asegurar una mejor distancia de frenado y maniobrabilidad.

Tabla 3. Frecuencias ideales para un amortiguador

Periodo de oscilación y Frecuencia (seg.-Hz)	Deflexión Estática en mm	Impresión de confort pasajeros	Tolerancia física según el periodo de oscilación
0,2 / 5	10,0	Muy mala	Intolerable
0,4 / 2,5	40,0	Muy mala	Intolerable
0,5 / 2	62,5	Suspensión seca (sport)	Tolerable por poco tiempo
0,9 / 1,1	200	Confortable	Tolerable indefinidamente
1,0 / 1	250	Confortable	Tolerable indefinidamente
1,26 / 0,8	400	Excesivamente confortable	Tendencia al mareo

Fuente: <http://www.canbus.galeon.com/suspension/suspension1.htm>

Para este proyecto se tienen amortiguadores hidráulicos que presentan las siguientes propiedades:

- Buen estado.

- Incorporan guardapolvo.
- No existe presencia de aceite en los costados.
- Embolo perfectamente lizo, sin ralladuras.
- Elemento principal de unión entre el soporte y la rueda.

Todas estas características permiten ser comprobadas en el proyecto, esto lo hace ideal para que forme parte del proceso de aprendizaje de los estudiantes.

Nota: La duración promedio es de 50.000 km, pero se recomienda realizar un control cada 20.000 km. Se debe tener precaución de no rayar el pistón, golpear el amortiguador, esto puede doblarlo y no permitir el funcionamiento correcto.

Figura 64. Amortiguador



Fuente: Autores

3.5.3 Mangueta. Elemento de la suspensión delantera que hace las funciones de apoyo de las ruedas y les permite girar. Está constituida por el eje y por el montante (llamado también cuerpo).

El montante de la mangueta suele ser de acero, forjado conjuntamente con el eje, o bien, montado sobre el mismo por unión con interferencia. En los vehículos de competición es de aleación ligera. Muchas veces, sobre el montante se realizan las fijaciones para las pinzas de los frenos. En la suspensión de tipo McPherson, en la cual el montante es muy alargado y termina en la parte superior con una fijación telescópica en la que incorpora el amortiguador. La fijación superior a la carrocería se consigue mediante un silentblock, mientras que la inferior al brazo de la suspensión es realizada con la clásica rótula esférica.

Figura 65. Mangueta



Fuente: Autores

La mangueta es la parte más importante, esta realiza la unión de muchas partes por ejemplo, une el amortiguador, sirve de punto pivote, permite tener dirección, permite todo el montaje del sistema de freno y además se monta la rueda.

Nota: Se debe mantener lubricada en la parte central, en esta parte se alojan los rodamientos y eje de transmisión, no se debe golpear en los agujeros, esto puede producir una disminución a las medidas originales de los orificios.

3.5.4 Rótulas de carga. Es una junta esférica que permite el movimiento vertical y de rotación de las ruedas directrices de la suspensión delantera. La rótula de suspensión compuesta básicamente por casquillos de fricción y de perno encerrados en una carcasa.

Soporta la fuerza ejercida por el resorte de suspensión o cualquier otro elemento elástico utilizado para sostener el peso del vehículo. En una suspensión independiente, es el dispositivo que esté montado en el brazo de suspensión que proporcione la reacción al elemento elástico. La rótula elástica puede trabajar a tensión o compresión según el diseño del sistema de suspensión del vehículo.

A continuación se describen algunas características de las rotulas montadas en el sistema.

- Buje de metal sinterizado.
- Maquinado de precisión por CNC.
- Superficie endurecida por inducción.

- Estriado en caja.
- Posible lubricación.
- Cubre polvo de neopreno.
- Chaveta y tuerca de castillo.

Se describieron algunas de las características de las rotulas, con el fin de tener una mejor comprensión de su funcionamiento y fabricación.

Nota: Se deben mantener lubricadas para evitar el óxido o endurecimiento de la misma.

Figura 66. Rótulas de carga



Fuente: Autores

3.5.5 Brazo de control. Es un acoplamiento que conecta la articulación de la dirección, la punta del eje de la rueda con el chasis o la carrocería durante el movimiento hacia arriba y hacia abajo.

Están construidas en acero estampado, forjado o de aluminio forjado. Los brazos de control lateralmente angostos requieren de una varilla de refuerzo para mantener el control de la rueda hacia delante o hacia atrás. Además, los brazos de control oscilan en ambos extremos, permitiendo movimientos hacia arriba y hacia abajo y los extremos exteriores permiten acción oscilatoria para la conducción.

Figura 67. Brazo inferior



Fuente: Autores

Los brazos de control utilizados en este proyecto son del tipo L, fabricado en acero estampado y presenta las siguientes características:

- Buen estado.
- No presentan golpes.
- Transmite parte de los esfuerzos.
- Punto de unión entre el chasis y la rueda.

Con estas características podemos identificar rápidamente un brazo de control en el sistema de suspensión tipo McPherson.

Nota: Se debe prestar atención en el desarmado, para no confundir el dado de funcionamiento de cada uno de los brazos de control, en el caso contrario no encajan los brazos en los alojamientos, También se debe mantener los pernos y tuercas ajustados.

3.5.6 Barra estabilizadora. Es un componente de la suspensión que permite solidarizar el movimiento vertical de las ruedas opuestas, minimizando con ello la inclinación lateral que sufre la carrocería de un vehículo cuando es sometido a la fuerza centrífuga, típicamente en curvas.

Figura 68. Barra estabilizadora delantera y posterior



Fuente: Autores

La elasticidad asociada a la barra determina cuán efectiva es para contrarrestar la inclinación del vehículo. Esta elasticidad típicamente viene dada por el diámetro de la barra. Una barra muy elástica no transferirá mucha fuerza desde una rueda a otra, por lo que no será muy efectiva para impedir la inclinación.

Una barra rígida transferirá mayor fuerza, pero esto impactará en el confort de conducción, ya que si una rueda circulando en línea recta pasa por sobre un obstáculo, perturbará más la rueda opuesta que una barra muy elástica.

Para este proyecto las barras estabilizadoras utilizadas poseen las siguientes características:

- Barra sólida.
- Diámetros iguales tanto en la delantera como en la posterior.
- Anclajes directos a los brazos de control y al subchasis.
- Silentblock de fijación en perfectas condiciones.

Características muy importantes para el estudio y aplicaciones de estas barras estabilizadoras.

Nota: Tener precaución al desarmar que no se pierda ninguno de los silentblock que la conforman, mantener con los respectivos torques en los pernos y tuercas.

3.5.7 Brazos y tirantes. Con este tipo de suspensión, los amortiguadores son hechos parte de los brazos que soportan los neumáticos, haciendo que la holgura entre el punto de apoyo

izquierdo y derecho sea más grande y los cambios en el ángulo montante de los neumáticos debido a sacudidas y baches en la pista, es minimizado.

Figura 69. Brazos y tirantes



Fuente: Autores

Este tipo de suspensión es utilizado principalmente para la suspensión delantera de vehículos de pasajeros de tamaño mediano. Cuando es usado para la suspensión posterior, los brazos son de doble articulación fijados y montados en paralelo en cada lado izquierdo y derecho de la dirección en la carrocería.

Presentan características a ser tomadas en cuenta como:

- Permiten rigidez a la suspensión.
- Puntos de unión de la mangueta y barra estabilizadora hacia el subchasis.
- Silentblocks en buen estado.
- Únicamente se encuentran en la parte posterior.

Nota: Al desarmar la suspensión se debe tener precaución de no cambiar las posiciones de los brazos y tirantes de lo contrario será imposible armar el sistema, se debe mantener los torques ideales en los pernos y tuercas.

3.5.8 *Silentblock*. Bloque silencioso, antivibratorio, es una pieza de un material flexible o elastómero, normalmente de algún tipo de caucho para absorber los choques y las vibraciones entre los componentes mecánicos y la estructura en la que se apoya, como

consecuencia de absorber los choques y las vibraciones también elimina los ruidos, de donde procede su nombre.

Por ejemplo, se utiliza para aislar las vibraciones de los motores, para la fijación de una tubería de escape de gases, utilizando silentblocks que absorben las vibraciones de este último. Pueden ser de caucho, de plástico u otros materiales que cumplan los criterios de elasticidad y de la absorción de las vibraciones que reciben.

Figura 70. Silentblock



Fuente: <http://guzzistas.mforos.com/656247/8253737-rotura-silencioso-1200-sport/?pag=2>

Elementos del sistema de suspensión tipo McPherson donde se encuentran silentblock.

- En los extremos de los tirantes y Brazos de control.
- Como asiento para los muelles helicoidales.
- En las barras estabilizadoras.

Nota: No deben ser golpeados ni sometidos a altas temperaturas, tampoco sumergidos en gasolina.

3.6 Propiedades físicas del bastidor

3.6.1 Datos obtenidos en el paquete electrónico AutoCAD.

```
Comando: _massprop
Diseñe objetos: 1 encontrados
Diseñe objetos:
----- SOLIDOS -----
Volumen: 49311455.8702 mm3
Cuadro delimitador: X: -190.0000 -- 1140.0000
                    Y: 0.0000 -- 2100.0000
                    Z: 0.0000 -- 1142.0000
Centro de gravedad: X: 475.0000
                    Y: 1053.5550
                    Z: 534.6448
```

3.6.2 Cálculo de masa de la estructura de soporte

Peso del tubo rectangular (kg/m)= 3,13kg

Volumen de un metro de tubo:

$$\begin{aligned} V &= \text{largo} \times \text{altura} \times \text{ancho} & (1) \\ V &= 1000\text{mm} \times 40\text{mm} \times 60\text{mm} \\ V &= 2400000 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Densidad del tubo

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{M_{\text{tubo}}}{V} & (2) \\ \delta &= \frac{3.13 \text{ kg}}{2400000 \text{ mm}^3} \\ \delta &= 13 \times 10^{-7} \frac{\text{kg}}{\text{mm}^3} \end{aligned}$$

Masa de la estructura

$$\begin{aligned} M &= \delta \times V_{\text{estructura}} & (3) \\ M &= 3 \times 10^{-7} \times 49311455,87 \text{ mm}^3 \\ M &= 64,31 \text{ kg} \end{aligned}$$

Peso de la suspensión

$$Ps = 107\text{kg}$$

Peso total del banco

$$Pt = 171\text{ kg}$$

3.7 Resumen de especificaciones

3.7.1 Par de aprietes de tuercas y pernos.

Tabla 4. Pares de aprietes suspensión delantera

PARES DE APRIETES SUSPENSION DELANTERA	
ELEMENTOS	PAR DE APRIETE (N-m)
Tuerca del vástago del amortiguador.	79- 110
Perno y tuerca entre amortiguador y mangueta.	93 - 127
Tuercas de sujeción a la aleta.	29-40
Perno y tuerca entre mangueta y rotula.	43 - 59
Perno y tuerca entre rotula y brazo de control.	35 - 45
Tuerca de terminal de dirección.	34-46
Pernos de mordaza.	49-59
Tuercas de sujeción del brazo de suspensión delantero al puente.	93-117
Perno y tuerca del brazo delantero al puente.	93-127
Perno entre brazo de control y barra estabilizadora.	17 - 19
Perno de la abrazadera de la barra estabilizadora.	43 - 59

Fuente: Autores

Tabla 5. Pares de aprietes suspensión trasera

PARES DE APRIETES SUSPENSIÓN TRASERA	
ELEMENTOS	PAR DE APRIETE (N-m)
Tuerca del vástago del amortiguador.	55- 67
Perno y tuerca entre amortiguador y mangueta.	103 - 136
Tuercas de sujeción a la aleta.	47-62
Perno de sujeción del brazo a la mangueta.	87-116
Perno de sujeción del tirante a la mangueta.	94-126
Tuerca de sujeción de masa de rueda.	117-235
Tornillos de sujeción del tambor de freno.	10-14
Tuercas de sujeción del brazo de suspensión al puente.	86-116
Perno entre brazo de suspensión y barra estabilizadora.	17-19
Perno de la abrazadera de la barra estabilizadora.	45-58
Perno de sujeción del tirante al chasis.	94-126

Fuente: Autores

CAPÍTULO IV

4. MANTENIMIENTO

4.1 Fallas más comunes en la suspensión

Tabla 6. Fallas más comunes en la suspensión

Desperfecto	Causa	Solución
Rueda va dando saltos	Muelles debilitados. Barra estabilizadora debilitada. Amortiguador averiado. Llanta o rueda deformada. Presión desigual en los neumáticos.	Reemplazarelementos debilitados o deformados. Regular la presión adecuada a los neumáticos.
Neumáticos excesivamente desgastados	Presión excesiva en los neumáticos. Incorrecta inclinación de las ruedas. Juego excesivo en rodamientos de la mangueta.	Regular la presión adecuada a los neumáticos. Alinear ruedas. Reemplazarrodamientos de la mangueta.
El vehículo tiende a desviarse hacia un lado	Presión de neumáticos baja o irregular. Incorrecta alineación de las ruedas. Juego en rodamientos de ruedas delanteras. Mangueta deformada. Amortiguadores defectuosos. Muelle debilitado o roto.	Regular la presión adecuada a los neumáticos. Alinear ruedas. Reemplazarrodamientos de la mangueta. Reemplazarmangueta. Reemplazar amortiguador. Reemplazar Muelle.
Suspensión ruidosa	Insuficiente lubricación de las manguetas. Amortiguadores ineficientes. Barra estabilizadora floja. Articulaciones de brazos oscilantes desgastados. Tornillos o tuercas de unión a la carrocería flojas. Rodamientos de ruedas desgastados. Silentblocks desgastados. Muelle roto.	Lubricar rodamientos de las manguetas. Reemplazar amortiguador. Ajustar barra estabilizadora. Reemplazar brazos oscilantes. Ajustar pernos y tuercas. Reemplazar rodamientos de ruedas. Reemplazar silentblocks. Reemplazar muelle.
Abaniquo de las ruedas	Presión desigual de neumáticos. Cojinetes de rueda desgastados. Mangueta deformada o floja. Articulaciones elásticas de brazos oscilantes desgastados. Excesivo juego en tirantes de dirección.	Regular la presión adecuada a los neumáticos. Reemplazar cojinetes de rueda. Reemplazar o ajustar mangueta. Reemplazar articulaciones de brazos oscilantes. Ajustar o reemplazar tirantes de dirección.

Fuente: Autores

4.2 Plan de mantenimiento

Tabla 7. Plan de mantenimiento suspensión delantera

SUSPENSIÓN DELANTERA		
AMORTIGUADOR-MUELLE		
PROCESO	HERRAMIENTAS	TIEMPO
Desmontar conjunto amortiguador-muelle: Retirar tuercas de la aleta. Retirar los pernos de sujeción a la mangueta.	Dado 14,17 (mm)	10 min
Desmontar amortiguador y muelle: Situarse el conjunto en una prensa. Fijar los compresores de muelles. Comprimir el muelle hasta liberar la tapa superior. Retirar la tuerca del vástago del amortiguador. Retirar la tapa superior. Retirar el muelle sin quitar los compresores.	Dado 18,21 (mm) Compresores de muelles	10 min
Revisión: Inspeccionar asientos de goma del muelle. Inspeccionar fisuras en el muelle o amortiguador. Inspeccionar fugas de líquido en amortiguador. Inspeccionar daños o deformaciones en roscas y pernos. Reemplazarelementos que presenten estos problemas.		5 min
MANGUETA		
Desmontar la mordaza de freno, retirando las tuercas de fijación. Desmontar el disco de freno. Retirar la chaveta y tuerca de fijación del brazo de la cremallera de dirección. Retirar la tuerca de fijación de la rótula del brazo de suspensión. Retirar los pernos de fijación del amortiguador con la mangueta. Retirar la mangueta.	Dado 14,17, (mm) Extractor de rótulas	15 min
Revisión: Inspeccionar daños en rodamiento de la mangueta. Inspeccionar fisuras en la mangueta. Inspeccionar deformaciones en la mangueta. Inspeccionar daños o deformaciones en roscas y pernos. Reemplazarelementos que presenten estos problemas.		5 min

BRAZO DE SUSPENSIÓN		
Retirar la varilla de la barra estabilizadora. Retirar la tuerca de fijación con la mangueta y separe. Retirar el perno pivote de sujeción al puente. Retirar los pernos de sujeción de la parte delantera al puente, y retire el brazo.	Dado 12,14,21,19 (mm) Extractor de rótulas	10 min
Revisión: Inspeccionar daños en silentblocks. Inspeccionar fisuras en el brazo de suspensión. Inspeccionar deformaciones en el brazo de suspensión. Inspeccionar daños o deformaciones en roscas y pernos. Reemplazamientos que presenten estos problemas.		5 min
BARRA ESTABILIZADORA		
Retirar la varilla de la barra estabilizadora. Retirar los pernos de fijación de la barra con el puente. Retirar la barra.	Dado 12,14 (mm)	10 min
Revisión: Inspeccionar daños en silentblocks. Inspeccionar fisuras en la barra estabilizadora. Inspeccionar deformaciones en la barra estabilizadora. Inspeccionar daños o deformaciones en roscas y pernos. Remplazamientos que presenten estos problemas.		5 min

Fuente: Autores

Tabla 8. Plan de mantenimiento suspensión posterior

SUSPENSIÓN TRASERA		
AMORTIGUADOR Y MUELLE DE SUSPENSIÓN		
PROCESO	HERRAMIENTAS	TIEMPO
Desmontar conjunto amortiguador-muelle: Retirar los pernos de sujeción a la mangueta. Retirar tuercas de la aleta.	Dado 14,17 (mm)	10 min
Desmontar amortiguador y muelle: Situarse el conjunto en una prensa. Fijar los compresores de muelles. Comprimir el muelle hasta liberar la tapa superior. Retirar la tuerca del vástago del amortiguador. Retirar la tapa superior. Retirar el muelle sin quitar los compresores.	Dado 18,21 (mm) Compresores de muelles	10 min
Revisión: Inspeccionar asientos de goma del muelle. Inspeccionar fisuras en el muelle o amortiguador. Inspeccionar fugas de líquido en amortiguador. Inspeccionar daños o deformaciones en roscas y pernos. Remplazarelementos que presenten estos problemas.		5 min
MANGUETA		
Desmontar el tambor de freno, retirando los tornillos de fijación. Retirar la tuerca de fijación de la masa de rueda. Desmontar el mecanismo de freno. Desmontar la placa de respaldo retirando los pernos de fijación. Retirar los pernos de fijación al amortiguador. Retirar el perno de fijación con el tirante. Retirar los pernos de sujeción a los brazos de suspensión. Retirar la mangueta.	Dado 12,14,17,21,32 (mm) Destornillador estrella	15 min
Revisión: Inspeccionar daños en rodamiento de la mangueta. Inspeccionar fisuras en la mangueta. Inspeccionar deformaciones en la mangueta. Inspeccionar daños o deformaciones en roscas y pernos. Remplazarelementos que presenten estos problemas.		5 min

BRAZO DE SUSPENSIÓN		
Retirar la varilla de la barra estabilizadora. Retirar las tuercas de fijación con la mangueta y separe. Retirar los pernos de sujeción al travesaño. Retirar los dos elementos que conforman el brazo.	Dado 12,17,21,19 (mm)	10 min
Revisión: Inspeccionar daños en silentblocks. Inspeccionar fisuras en el brazo de suspensión. Inspeccionar deformaciones en el brazo de suspensión. Inspeccionar daños o deformaciones en roscas y pernos. Remplazarelementos que presenten estos problemas.		5 min
BARRA ESTABILIZADORA		
Retirar el perno de sujeción de la barra estabilizadora con el brazo de suspensión. Retirar los pernos de fijación de la barra con el travesaño Retirar la barra estabilizadora.	Dado 12,14 (mm)	10 min
Revisión: Inspeccionar daños en silentblocks. Inspeccionar fisuras en la barra estabilizadora. Inspeccionar deformaciones en la barra estabilizadora. Inspeccionar daños o deformaciones en roscas y pernos. Remplazarelementos que presenten estos problemas.		5 min
TIRANTES TRASEROS		
Retirar el perno de sujeción a la mangueta. Retirar el perno de sujeción al chasis. Retirar el tirante.	Dado 17,19 (mm)	5min
Revisión: Inspeccionar daños en silentblocks. Inspeccionar fisuras en los tirantes. Inspeccionar deformaciones en los tirantes. Inspeccionar daños o deformaciones en roscas y pernos. Remplazar elementos que presenten estos problemas.		5 min

Fuente: Autores

4.3 Manual de prácticas

PRÁCTICA N°1

DESMONTAJE Y MONTAJE DE AMORTIGUADORES Y MUELLES DE SUSPENSIÓN DELANTERA



Fuente: Autores

Herramientas

- Caja de dados.
- Juego de llaves.
- Compresores para muelles.

Productos

- Líquido penetrante para roscas.
- Cepillo metálico.

Objetivos generales

- Identificar los elementos acoplados al amortiguador.
- Desmontar y montar el amortiguador.
- Verificar estado de funcionamiento del amortiguador y muelle.
- Solucionar desperfectos existentes.

Objetivos experimentales

- Utilizar las herramientas adecuadas.
- Manipular correctamente las herramientas.
- Aplicar los torques adecuados.

Objetivos conceptuales

- Identificar el tipo de amortiguador.
- Identificar el tipo de muelle.
- Definir la función del amortiguador.
- Definir la función del muelle.
- Definir posibles desperfectos.

Fundamentos

Elementos de amortiguación

Los elementos de amortiguación tienen como misión absorber el exceso de fuerza rebote del vehículo eliminando los efectos oscilatorios de los muelles y evitando así que se transmitan a la carrocería, lo cual permite que las oscilaciones producidas por las irregularidades de la marcha sean más elásticas.

Cuando el vehículo encuentra alguna irregularidad en el terreno, la rueda hace que se comprima o alargue el muelle, recogiendo éste la energía producida en la oscilación, pero al no tener capacidad de absorción, devuelve la energía inmediatamente rebotando sobre la carrocería.

Este rebote en forma de oscilaciones es el que tiene que frenar el amortiguador, recogiendo en primer lugar el efecto de compresión del muelle y luego el de tracción, actuando de freno en ambos sentidos y disminuyendo la amplitud de las oscilaciones progresivamente. Los amortiguadores se clasifican según:

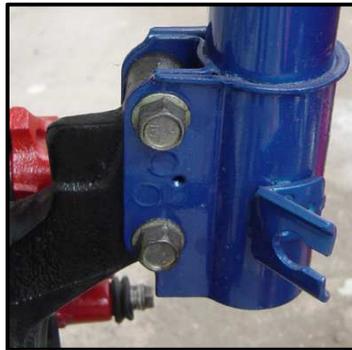
- El sentido de trabajo.
- El número de tubos que los conforman: Monotubo y bitubo.
- El fluido del amortiguador: Hidráulico y gas.

Procedimiento

Desmontaje

Antes de empezar a desmontar el conjunto del brazo es importante tomar nota de la exacta posición de cada arandela, goma y espaciador, para volver a montarlos posteriormente de forma correcta. Si se observa suciedad u oxidación en los pernos de fijación, limpiar vigorosamente con un cepillo metálico y lubricar sus roscas con líquido penetrante.

1. Desmontar los dos pernos que unen el amortiguador con la mangueta.



Fuente: Autores

2. Para liberar la parte superior del brazo, retirar las tuercas que unen el conjunto a la aleta.



Fuente: Autores

Nota: No soltar la tuerca central que hay entre ambas (la cual puede estar recubierta por una banda protectora de goma) o se le soltará el muelle helicoidal con desastrosos resultados.

3. A continuación sacar el conjunto y situarlo sobre un banco de trabajo o una superficie plana para revisar el muelle y el amortiguador.

Desmontaje del conjunto muelle - amortiguador

4. Situar el conjunto en una prensa.
5. Fijar los compresores en lados opuestos del muelle, comprobando que al menos cuatro de sus espiras estén sujetas.
6. Atornillar los dos compresores hasta que su presión libere la tapa del muelle fijada en el tope de conjunto.



Fuente: Autores

7. Retirar la tuerca del vástago del amortiguador.



Fuente: Autores

8. Retirar la tapa del muelle y posteriormente el muelle.

Nota: No retirar los compresores.

Revisión

Revisar para ver si existen señales de fuga de líquido desde el amortiguador o si existe alguna fisura o desgaste en el muelle de suspensión.

VERIFICACIÓN DE PARTES	SI	NO
Fugas de líquido.		
Deformaciones (amortiguador).		
Deformaciones (muelle).		
Fisuras (amortiguador).		
Fisuras (muelle).		
Daños en roscas.		
Daños en tapa superior.		
Daños en asientos de muelle.		
Daños en rodamiento.		

Fuente: Autores

Montaje

1. Asegurar el amortiguador en la prensa.
2. Montar el muelle y su tapa.

Nota: Asegurarse que el resorte se asienta bien en su alojamiento.

3. Ajustar la tuerca del vástago.



Fuente: Autores

4. Liberar los compresores cuidadosamente.
5. Montar el conjunto en la mangueta ajustando parcialmente las tuercas.



Fuente: Autores

6. Colocar las tuercas que unen el amortiguador con la aleta superior.



Fuente: Autores

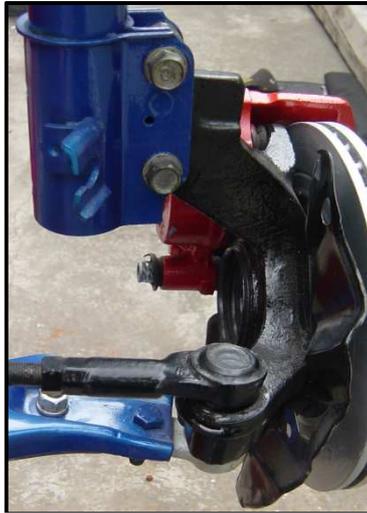
7. Ajustar todas las tuercas con los torques adecuados para evitar daños en las roscas.

Conclusiones

Observaciones

PRÁCTICA N° 2

DESMONTAJE Y MONTAJE DE MANGUETA DE SUSPENSIÓN DELANTERA



Fuente: Autores

Herramientas

- Caja de dados.
- Juego de llaves.
- Extractor de rotulas.

Productos

- Líquido penetrante para roscas.
- Cepillo metálico.

Objetivos generales

- Identificar los elementos acoplados a la mangueta.
- Desmontar y montar la mangueta.
- Verificar estado de funcionamiento de la mangueta.
- Solucionar desperfectos existentes.

Objetivos experimentales

- Utilizar las herramientas adecuadas.
- Manipular correctamente las herramientas.
- Aplicar los torques adecuados.

Objetivos conceptuales

- Identificar el tipo de mangueta.
- Definir la función de la mangueta.
- Identificar la posible existencia de desperfectos.

Fundamentos

Manguetas

La mangueta de la suspensión es aquella en la que se fijan, directa o indirectamente, la mayoría de los elementos de los sistemas de suspensión (tirantes, trapecios, amortiguador, etc.) y dirección, incluyendo la rueda. La mangueta va fijada a través del buje, que es el elemento giratorio al que también va fijada la rueda, el disco o el tambor de freno. En el interior del buje se montan los rodamientos o cojinetes que garantizan el giro de la rueda.

Procedimiento

Desmontaje

Antes de empezar a desmontar. Si se observa suciedad u oxidación en los pernos de fijación, limpiar vigorosamente con un cepillo metálico y lubricar sus roscas con líquido penetrante.

1. Desmontar la mordaza de freno, retirando las tuercas de fijación.



Fuente: Autores

2. Desmontar el disco de freno.



Fuente: Autores

3. Retirar la chaveta y tuerca de fijación del brazo de la cremallera de dirección.



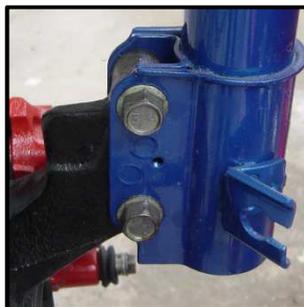
Fuente: Autores

4. Usar el extractor de rótulas para liberar la mangueta.
5. Retirar la tuerca de fijación de la rótula del brazo de suspensión y liberar posteriormente.



Fuente: Autores

6. Retirar los pernos de fijación del amortiguador con la mangueta.



Fuente: Autores

7. Retirar la mangueta.

Revisión

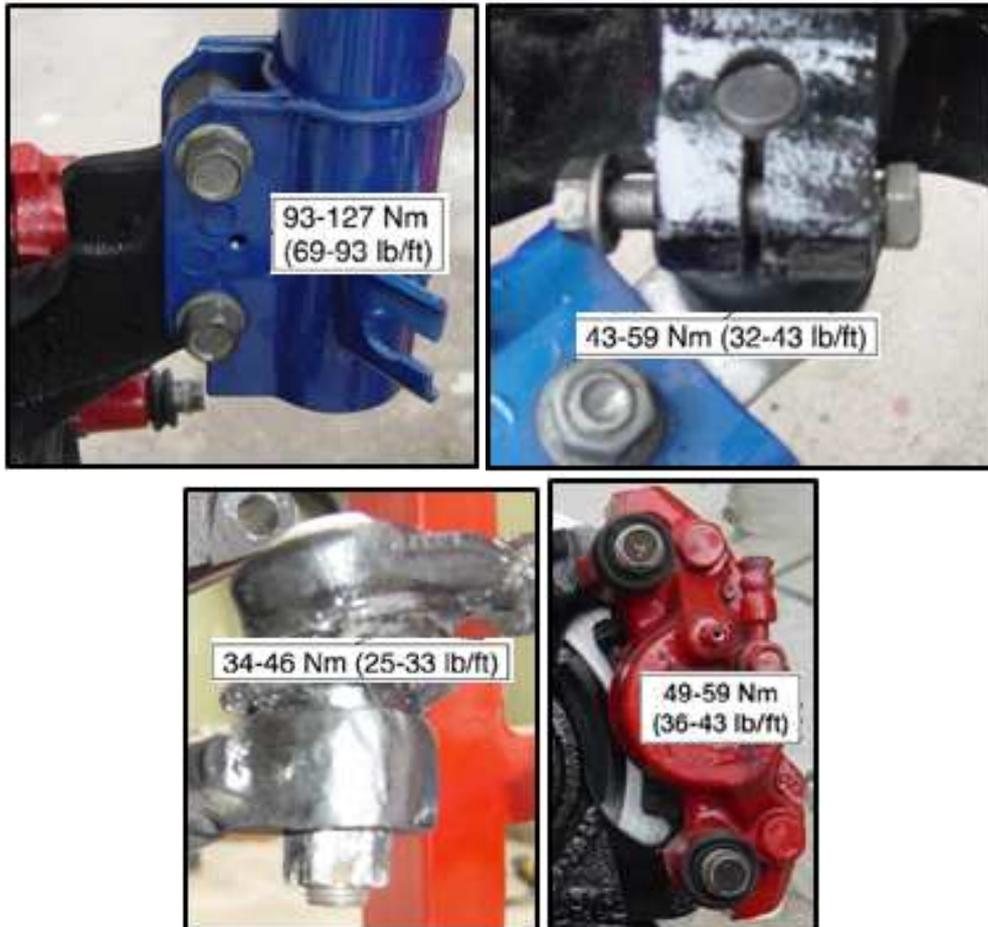
Inspeccionar el estado del rodamiento.

VERIFICACIÓN DE PARTES	SI	NO
Deformaciones.		
Fisuras.		
Daños en rodamiento.		

Fuente: Autores

Montaje

Realizar el montaje en orden inverso al desmontaje, teniendo precaución de respetar los torques de apriete adecuados.



Fuente: Autores

Conclusiones

Observaciones

PRÁCTICA N° 3

DESMONTAJE Y MONTAJE DEL BRAZO DE SUSPENSIÓN DELANTERA



Fuente: Autores

Herramientas

- Caja de dados.
- Juego de llaves.

Productos

- Líquido penetrante para roscas.
- Cepillo metálico.

Objetivos generales

- Identificar los elementos articulados al brazo de suspensión.
- Desmontar y montar el brazo de suspensión.
- Verificar estado de funcionamiento.
- Solucionar desperfectos existentes.

Objetivos experimentales

- Utilizar las herramientas adecuadas.
- Manipular correctamente las herramientas.
- Aplicar los torques adecuados.
- Realizar el procedimiento con agilidad.

Objetivos conceptuales

- Identificar el tipo de brazo.
- Definir la función del brazo.
- Identificar la posible existencia de desperfectos.

Fundamentos

Brazo de Control

Es un acoplamiento que conecta la articulación de la dirección, la punta del eje de la rueda con el chasis o la carrocería durante el movimiento hacia arriba y hacia abajo.

Están construidas en acero estampado, forjado o de aluminio forjado. Los brazos de control lateralmente angostos requieren de una varilla de refuerzo para mantener el control de la rueda hacia delante o hacia atrás.

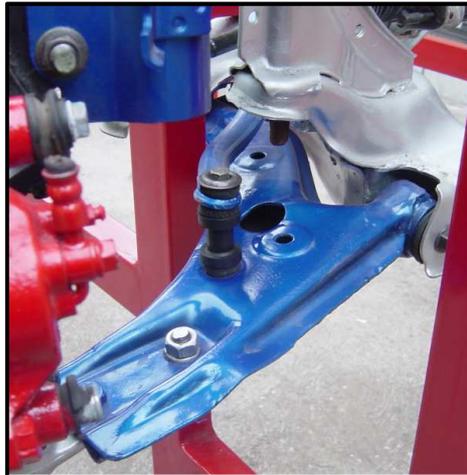
Además, los brazos de control oscilan en ambos extremos, permitiendo movimientos hacia arriba y hacia abajo y los extremos exteriores permiten acción oscilatoria para la conducción.

Procedimiento

Desmontaje

Antes de empezar a desmontar. Examinar el mecanismo en busca de señales de oxidación o corrosión, en caso de existir esto en los pernos o tuercas, limpiar con el cepillo metálico y rosear con líquido penetrante.

1. Retirar la varilla de la barra estabilizadora.



Fuente: Autores

2. Retirar la tuerca de fijación con la mangueta y separe.



Fuente: Autores

3. Retirar el perno pivote de sujeción al puente.



Fuente: Autores

4. Retirar los pernos de sujeción de la parte delantera, y retirar el brazo.



Fuente: Autores

Revisión

Inspeccionar que el brazo no presente deformaciones

VERIFICACIÓN DE PARTES	SI	NO
Deformaciones.		
Fisuras.		
Daños en silentblock.		

Fuente: Autores

Montaje

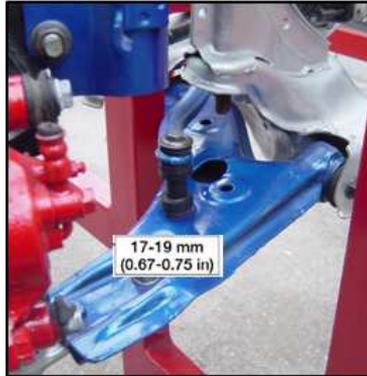
Realizar el montaje en orden inverso al desmontaje, teniendo precaución de respetar los torques de apriete adecuados.

Nota: Ubicar el brazo en su posición con los pernos parcialmente ajustados para ubicarlo en la posición correcta, y posteriormente ajustar (ajustar el perno pivote al final).



Fuente: Autores

Barra estabilizadora



Fuente: Autores

Conclusiones

Observaciones

PRÁCTICA N° 4

DESMONTAJE Y MONTAJE DE LA BARRA ESTABILIZADORA DELANTERA



Fuente: Autores

Herramientas

- Caja de dados.
- Juego de llaves.

Productos

- Líquido penetrante para roscas.
- Cepillo metálico.

Objetivos generales

- Identificar los elementos articulados a la barra estabilizadora.
- Desmontar y montar la barra estabilizadora.
- Verificar estado de funcionamiento.
- Solucionar desperfectos existentes.

Objetivos experimentales

- Utilizar las herramientas adecuadas.
- Manipular correctamente las herramientas.
- Aplicar los torques adecuados.
- Realizar el procedimiento con agilidad.

Objetivos conceptuales

- Identificar el tipo de sujeción de la barra estabilizadora.
- Definir la función de la barra estabilizadora.
- Identificar la posible existencia de desperfectos.

Fundamentos

Barra Estabilizadora.

Es un componente de la suspensión que permite solidarizar el movimiento vertical de las ruedas opuestas, minimizando con ello la inclinación lateral que sufre la carrocería de un vehículo cuando es sometido a la fuerza centrífuga, típicamente en curvas.

La elasticidad asociada a la barra determina cuán efectiva es para contrarrestar la inclinación del vehículo. Esta elasticidad típicamente viene dada por el diámetro de la barra. Una barra muy elástica no transferirá mucha fuerza desde una rueda a otra, por lo que no será muy efectiva para impedir la inclinación.

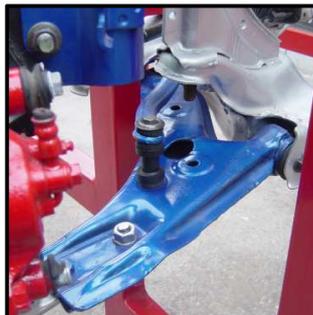
Una barra rígida transferirá mayor fuerza, pero esto impactará en el confort de conducción, ya que si una rueda circulando en línea recta pasa sobre un obstáculo, perturbará más la rueda opuesta que una barra muy elástica.

Procedimiento

Desmontaje

Antes de empezar a desmontar. Examinar el mecanismo en busca de señales de oxidación o corrosión, en caso de existir esto en los pernos o tuercas, limpiar con el cepillo metálico y rosear con líquido penetrante.

1. Retirar la varilla de la barra estabilizadora.



Fuente: Autores

2. Retirar los pernos de fijación de la barra con el puente.



Fuente: Autores

3. Retirar la barra.

Revisión

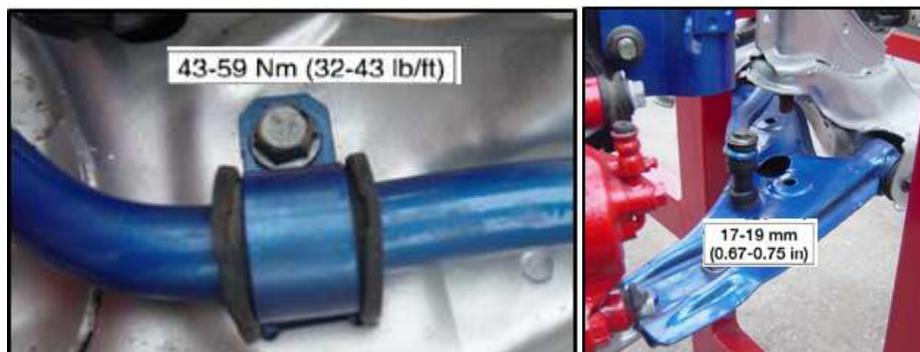
Inspeccionar que los bujes estén en buenas condiciones, y que la barra no presente deformaciones o fisuras.

VERIFICACIÓN DE PARTES	SI	NO
Deformaciones.		
Fisuras.		
Daños en silentblock.		

Fuente: Autores

Montaje

Realizar el montaje en orden inverso al desmontaje, teniendo precaución de respetar los torques de apriete adecuados.



Fuente: Autores

Conclusiones

Observaciones

PRÁCTICA N° 5

DESMONTAJE Y MONTAJE DE AMORTIGUADORES Y MUELLES DE SUSPENSIÓN TRASERA



Fuente: Autores

Herramientas

- Caja de dados.
- Juego de llaves.
- Compresores para muelles.

Productos

- Líquido penetrante para roscas.
- Cepillo metálico.

Objetivos generales

- Identificar los elementos acoplados al amortiguador.
- Desmontar y montar el amortiguador.
- Verificar estado de funcionamiento del amortiguador y muelle.
- Solucionar desperfectos existentes.

Objetivos experimentales

- Utilizar las herramientas adecuadas.
- Manipular correctamente las herramientas.
- Aplicar los torques adecuados.

Objetivos conceptuales

- Identificar el tipo de amortiguador.
- Identificar el tipo de muelle.
- Definir la función del amortiguador.
- Definir la función del muelle.
- Definir posibles desperfectos.

Fundamentos

Elementos de amortiguación

Los elementos de amortiguación tienen como misión absorber el exceso de fuerza rebote del vehículo eliminando los efectos oscilatorios de los muelles y evitando así que se transmitan a la carrocería, lo cual permite que las oscilaciones producidas por las irregularidades de la marcha sean más elásticas.

Cuando el vehículo encuentra alguna irregularidad en el terreno, la rueda hace que se comprima o alargue el muelle, recogiendo éste la energía producida en la oscilación, pero al no tener capacidad de absorción, devuelve la energía inmediatamente rebotando sobre la carrocería.

Este rebote en forma de oscilaciones es el que tiene que frenar el amortiguador, recogiendo en primer lugar el efecto de compresión del muelle y luego el de tracción, actuando de freno en ambos sentidos y disminuyendo la amplitud de las oscilaciones progresivamente.

Los amortiguadores se clasifican según:

- El sentido de trabajo.
- El número de tubos que los conforman: Monotubo y bitubo.
- El fluido del amortiguador: Hidráulico y gas.

Procedimiento

Desmontaje

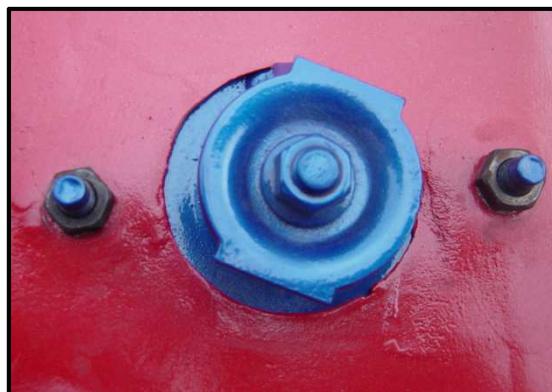
Antes de empezar a desmontar el conjunto del brazo es importante tomar nota de la exacta posición de cada arandela, goma y espaciador, para volver a montarlos posteriormente de forma correcta. Si se observa suciedad u oxidación en los pernos de fijación, limpiar vigorosamente con un cepillo metálico y lubricar sus roscas con líquido penetrante.

1. Desmontar los dos pernos que unen el amortiguador con la mangueta.



Fuente: Autores

2. Para liberar la parte superior del brazo, retirar las tuercas que unen el conjunto a la aleta.



Fuente: Autores

Nota: No soltar la tuerca central que hay entre ambas (la cual puede estar recubierta por una banda protectora de goma) o se le soltará el muelle helicoidal con desastrosos resultados.

3. Sacar el conjunto y situarlo sobre un banco de trabajo o una superficie plana para revisar el muelle y el amortiguador.

Desmontaje conjunto muelle - amortiguador

4. Situar el conjunto en una prensa.
5. Fijar los compresores en lados opuestos del muelle, comprobando que al menos cuatro de sus espiras estén sujetas.
6. Atornillar el compresor hasta que su presión libere la tapa del muelle fijada en el tope de conjunto.



Fuente: Autores

7. Quitar el aislador del amortiguador, retirando la tuerca superior.



Fuente: Autores

- Retirar resorte.

Revisión

Inspeccionar para ver si existen señales de fuga de líquido desde el amortiguador o si existe alguna fisura o desgaste en el muelle de suspensión.

VERIFICACIÓN DE PARTES	SI	NO
Fugas de líquido.		
Deformaciones (amortiguador).		
Deformaciones (muelle).		
Fisuras (amortiguador).		
Fisuras (muelle).		
Daños en roscas.		
Daños en tapa superior.		
Daños en asientos de muelle.		
Daños en rodamiento.		

Fuente: Autores

Montaje

- Asegurar el amortiguador en la prensa.
- Montar el muelle y su tapa.

Nota: Asegurarse que el resorte se asienta bien en su alojamiento.

- Ajustar la tuerca del vástago.



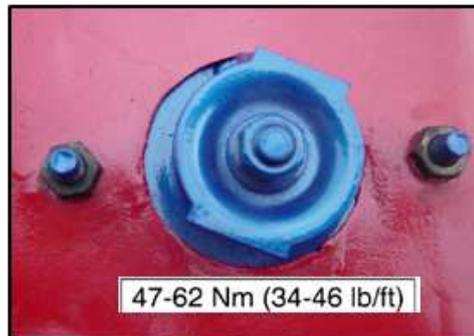
Fuente: Autores

4. Liberar los compresores cuidadosamente.
5. Montar el conjunto en la mangueta ajustando parcialmente las tuercas.



Fuente: Autores

6. Colocar las tuercas que unen el amortiguador con la aleta superior.



Fuente: Autores

7. Ajustar todas las tuercas con los torques adecuados para evitar daños en las roscas.

Conclusiones

Observaciones

PRÁCTICA N° 6

DESMONTAJE Y MONTAJE DE MANGUETA DE SUSPENSIÓN TRASERA



Fuente: Autores

Herramientas

- Caja de dados.
- Juego de llaves.
- Martillo.

Productos

- Líquido penetrante para roscas.
- Cepillo metálico.

Objetivos generales

- Identificar los elementos acoplados a la mangueta.
- Desmontar y montar la mangueta.
- Verificar estado de funcionamiento de la mangueta.
- Solucionar desperfectos existentes.

Objetivos experimentales

- Utilizar las herramientas adecuadas.
- Manipular correctamente las herramientas.
- Aplicar los torques adecuados.

Objetivos conceptuales

- Identificar el tipo de mangueta.
- Definir la función de la mangueta.
- Identificar la posible existencia de desperfectos.

Fundamentos

Manguetas

La mangueta de la suspensión es aquella en la que se fijan, directa o indirectamente, la mayoría de los elementos de los sistemas de suspensión (tirantes, trapecios, amortiguador, etc.) y dirección, incluyendo la rueda. La mangueta va fijada a través del buje, que es el elemento giratorio al que también va fijada la rueda, el disco o el tambor de freno. En el interior del buje se montan los rodamientos o cojinetes que garantizan el giro de la rueda.

Procedimiento

Desmontaje

Antes de empezar a desmontar. Si se observa suciedad u oxidación en los pernos de fijación, limpiar vigorosamente con un cepillo metálico y lubricar sus roscas con líquido penetrante.

1. Desmontar el tambor de freno, retirando los tornillos de fijación.



Fuente: Autores

Nota: En caso de no salir fácilmente, golpear con un martillo para aflojarlo.

2. Retirar la tuerca de fijación de la masa de rueda y retírela.



Fuente: Autores

3. Desmontar la placa de respaldo retirando los pernos de fijación (previamente desmontar el mecanismo de zapatas).



Fuente: Autores

4. Retirar los pernos de fijación al amortiguador.



Fuente: Autores

5. Retirar el perno de fijación con al tirante.



Fuente: Autores

6. Retirar los pernos de sujeción a los brazos de suspensión.



Fuente: Autores

7. Retirar la mangueta.

Revisión

Inspeccionar el estado del rodamiento y la punta de eje.

VERIFICACIÓN DE PARTES	SI	NO
Deformaciones.		
Fisuras.		
Daños en rodamiento.		

Fuente: Autores

Montaje

Realizar el montaje en orden inverso al desmontaje, teniendo precaución de respetar los torques de apriete adecuados.



Fuente: Autores

Conclusiones

Observaciones

PRÁCTICA N° 7

DESMONTAJE Y MONTAJE DEL BRAZO DE SUSPENSIÓN TRASERA



Fuente: Autores

Herramientas

- Caja de dados.
- Juego de llaves.

Productos

- Líquido penetrante para roscas.
- Cepillo metálico.

Objetivos generales

- Identificar los elementos articulados al brazo de suspensión.
- Desmontar y montar el brazo de suspensión.
- Verificar estado de funcionamiento.
- Solucionar desperfectos existentes.

Objetivos experimentales

- Utilizar las herramientas adecuadas.
- Manipular correctamente las herramientas.
- Aplicar los torques adecuados.
- Realizar el procedimiento con agilidad.

Objetivos conceptuales

- Identificar el tipo de brazo
- Definir la función del brazo
- Identificar la posible existencia de desperfectos

Fundamentos

Brazo de Suspensión

Es un acoplamiento que conecta la mangueta, con el travesaño inferior, para dar flexibilidad a la suspensión. Además, los brazos oscilan en ambos extremos, permitiendo movimientos hacia arriba y hacia abajo y los extremos exteriores permiten acción oscilatoria para la conducción.

Procedimiento

Desmontaje

Antes de empezar a desmontar. Examinar el mecanismo en busca de señales de oxidación o corrosión, en caso de existir esto en los pernos o tuercas, limpiar con el cepillo metálico y rosear con líquido penetrante.

1. Retirar la varilla de la barra estabilizadora.



Fuente: Autores

- Retirar las tuercas que unen la mangueta al brazo de la suspensión.



Fuente: Autores

- Retirar los pernos de sujeción al travesaño.



Fuente: Autores

- Retirar los dos elementos que conforman el brazo.

Revisión

Inspeccionar que el brazo no presente deformaciones y que no exista muestra de corrosión.

VERIFICACIÓN DE PARTES	SI	NO
Deformaciones.		
Fisuras.		
Daños en silentblock.		

Fuente: Autores

Montaje

Realizar el montaje en orden inverso al desmontaje, teniendo precaución de respetar los torques de apriete adecuados.

Nota: Ubicar el brazo en su posición con los pernos parcialmente ajustados para ubicarlo en la posición correcta, y posteriormente ajustar.



Fuente: Autores

Conclusiones

Observaciones

PRÁCTICA N° 8

DESMONTAJE Y MONTAJE DE LA BARRA ESTABILIZADORA TRASERA



Fuente: Autores

Herramientas

- Caja de dados.
- Juego de llaves.

Productos

- Líquido penetrante para roscas.
- Cepillo metálico.

Objetivos generales

- Identificar los elementos articulados a la barra estabilizadora.
- Desmontar y montar la barra estabilizadora.
- Verificar estado de funcionamiento.
- Solucionar desperfectos existentes.

Objetivos experimentales

- Utilizar las herramientas adecuadas
- Manipular correctamente las herramientas
- Aplicar los torques adecuados
- Realizar el procedimiento con agilidad

Objetivos conceptuales

- Identificar el tipo de sujeción de la barra estabilizadora.
- Definir la función de la barra estabilizadora.
- Identificar la posible existencia de desperfectos.

Fundamentos

Barra Estabilizadora.

Es un componente de la suspensión que permite solidarizar el movimiento vertical de las ruedas opuestas, minimizando con ello la inclinación lateral que sufre la carrocería de un vehículo cuando es sometido a la fuerza centrífuga, típicamente en curvas.

La elasticidad asociada a la barra determina cuán efectiva es para contrarrestar la inclinación del vehículo. Esta elasticidad típicamente viene dada por el diámetro de la barra. Una barra muy elástica no transferirá mucha fuerza desde una rueda a otra, por lo que no será muy efectiva para impedir la inclinación.

Una barra rígida transferirá mayor fuerza, pero esto impactará en el confort de conducción, ya que si una rueda circulando en línea recta pasa sobre un obstáculo, perturbará más la rueda opuesta que una barra muy elástica.

Procedimiento

Desmontaje

Antes de empezar a desmontar. Examinar el mecanismo en busca de señales de oxidación o corrosión, en caso de existir esto en los pernos o tuercas, limpiar con el cepillo metálico y rosear con líquido penetrante.

1. Retirar el perno de sujeción de la barra estabilizadora con el brazo de suspensión.



Fuente: Autores

2. Retirar los pernos de fijación de la barra con el travesaño.



Fuente: Autores

3. Retirar la barra estabilizadora.

Revisión

Inspeccionar que los bujes estén en buenas condiciones, y que la barra no presente deformaciones o fisuras.

VERIFICACIÓN DE PARTES	SI	NO
Deformaciones.		
Fisuras.		
Daños en silentblock.		

Fuente: Autores

Montaje

Realizar el montaje en orden inverso al desmontaje, teniendo precaución de respetar los torques de apriete adecuados.



Fuente: Autores

Conclusiones

Observaciones

PRÁCTICA N° 9

DESMONTAJE Y MONTAJE DE TIRANTES TRASEROS



Fuente: Autores

Herramientas

- Caja de dados.
- Juego de llaves.

Productos

- Líquido penetrante para roscas.
- Cepillo metálico.

Objetivos generales

- Identificar los elementos acoplados al tirante.
- Desmontar y montar tirante.
- Verificar estado de funcionamiento del tirante.
- Solucionar desperfectos existentes.

Objetivos experimentales

- Utilizar las herramientas adecuadas.
- Manipular correctamente las herramientas.
- Aplicar los torques adecuados.

Objetivos conceptuales

- Definir la función del tirante.
- Identificar la posible existencia de desperfectos.

Fundamentos

Tirantes

Los tirantes de suspensión son brazos de acero longitudinales o transversales situados entre la carrocería y la mangueta que sirven como sujeción de estos y facilitan su guiado. Absorben los desplazamientos y esfuerzos de los elementos de la suspensión a través de los silentblocks o cojinetes elásticos montados en sus extremos.

Procedimiento

Desmontaje

Antes de empezar a desmontar. Si se observa suciedad u oxidación en los pernos de fijación, limpiar vigorosamente con un cepillo metálico y lubricar sus roscas con líquido penetrante.

1. Retirar el perno de sujeción a la mangueta.



Fuente: Autores

- Retirar el perno de sujeción al chasis.



Fuente: Autores

- Retirar el tirante

Revisión

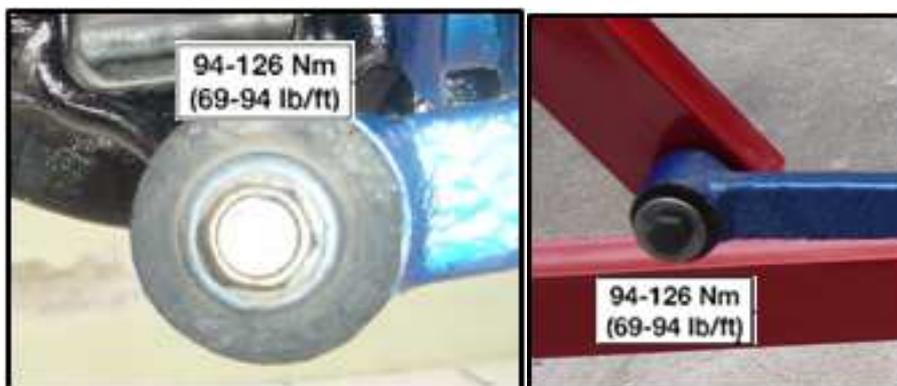
Inspeccionar el estado de los silentblock y verificar que los tirantes no presenten deformaciones.

VERIFICACIÓN DE PARTES	SI	NO
Deformaciones.		
Fisuras.		
Daños en silentblock.		

Fuente: Autores

Montaje

Realizar el montaje en orden inverso al desmontaje, teniendo precaución de respetar los torques de apriete adecuados.



Fuente: Autores

Conclusiones

Observaciones

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

El 87% de los autos tienen sistema de suspensión McPherson, por lo que el banco implementado constituye una herramienta de gran utilidad en el aprendizaje del sistema de suspensión más utilizado.

El banco de suspensión McPherson reforzara los laboratorios de la Escuela de Ingeniería Automotriz, con la finalidad de que los estudiantes lo utilicen para fortalecer sus conocimientos teórico – práctico.

El mantenimiento del sistema de suspensión garantiza su óptimo funcionamiento por lo que es necesario un correcto aprendizaje de los procedimientos para llevarlo a cabo. El banco implementado presenta todas las facilidades para el aprendizaje de cómo realizarlo.

El banco de suspensión McPherson permite una clara visión de todos los elementos que conforman la suspensión y su geometría, aspectos que son de mucha importancia para la total comprensión del sistema.

Se cumplió con el tiempo establecido para la elaboración de este proyecto.

5.2 Recomendaciones

Utilizar las herramientas especificadas en el plan de mantenimiento con el objetivo de evitar accidentes y daños en los elementos.

Realizar una inspección visual, previa al desmontaje de cualquier parte, para evaluar el estado en que se encuentra.

Seguir los pasos y sugerencias de las guías de prácticas.

Dar mantenimiento a las partes que lo requieran.

Accionar los frenos en las ruedas de soporte para evitar desplazamiento del mismo.

No golpear los amortiguadores y tener precaución de no dejar caer los muelles helicoidales.

Al desmontar los muelles helicoidales, utilizar compresores para muelles con la finalidad de evitar accidentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] http://multiservicioautomotriz3h.blogspot.com/2011_09_01_archive.html.
- [2] <http://aficionadosalamecanica.com/suspension2.htm>.
- [3] <http://www.monografias.com/trabajos22/sistema-suspension/sistema-suspension.shtml>.
- [4] <http://es.scribd.com/doc/58658316/caratula>.
- [5] <http://www.cars.com.ar/glosario.php?letra=M>.
- [6] <http://www.monografias.com/trabajos22/sistema-suspension/sistema-suspension.shtml>.
- [7] http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&ved=0CCMQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.portaltecnicofp.com%2Findex.php%2Fdescargas%2Fdoc_download%2F162-suspension-hidroneumatica&ei=kyGXULHWCiK09QT53ICACg&usg=AFQjCNGEHVs35BT6aAPugR20E.
- [8] <http://www.automotriz.net/tecnica/conocimientos-basicos-44.html>.
- [9] http://e-auto.com.mx/manual_detalle.php?manual_id=253.

BIBLIOGRAFÍA

ARIAS, Paz. Manual del Automóvil. 56ª Edición.

GRUPO CEAC. Manual ceac del automóvil. Grupo Editorial Ceac S.A.: España, 2003.

MARTÍNEZ Hermógenes. Manual Práctico Del Automóvil. Cultural S.A.: Colombia, 2000.

RUEDA Santander, RODRIGO. Mecánica Automotriz. Diseli: Colombia, 2003.

LINKOGRAFÍA

COMPONENTES DE LA SUSPENSIÓN

http://certifica2.com.mx/dicc_public/articulo.php?id=7

2012-03-15

ELEMENTOS DE AMORTIGUACIÓN

<http://es.scribd.com/doc/61340757/9/Tipos-de-amortiguadores>

2012-03-16

CLASIFICACIÓN DE LA SUSPENSIÓN

<http://es.scribd.com/doc/6588296/Suspension>

2012-03-18

SUSPENSIÓN McPherson

<http://suspensionmcpherson.galeon.com>

2012-03-20

ALINEACIÓN

automecanico.com

2012-03-21