

PUESTO DE FORMACION TECNOLOGICO DE SISTEMAS DE CONTROL Y  
SEGURIDAD DEL AUTOMOVIL

ANGEL HARVEY RODRIGUEZ QUIRA  
MIGUEL ANTONIO ROMERO MORALES  
NELSON ENRIQUE PEREZ IZQUIERDO

UNIVERSIDAD ECCI  
COORDINACION DE INGENIERIA MECANICA  
TECNOLOGIA EN MECANICA AUTOMOTRIZ  
BOGOTA  
2016

ANGEL HARVEY RODRIGUEZ QUIRA  
MIGUEL ANTONIO ROMERO MORALES  
NELSON ENRIQUE PEREZ IZQUIERDO

Trabajo de grado para optar el título de tecnólogo en mecánica automotriz

Director

Arturo Andrés Villaneda

MSc. Energías renovables

UNIVERSIDAD ECCI  
COORDINACION DE INGENIERIA MECANICA  
TECNOLOGIA EN MECANICA AUTOMOTRIZ  
BOGOTA  
2016

Nota de aceptación

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Presidente del Jurado

\_\_\_\_\_  
Jurado

\_\_\_\_\_  
Jurado

Bogotá D.C., 15 febrero 2016

## DEDICATORIA

Principalmente a DIOS por guiarnos por este camino, por darnos la fortaleza para superar todos los obstáculos de la vida, a nuestros padres, esposas e hijos:

ANGEL HARVEY RODRIGUEZ QUIRA:

Esposa: Mónica Alejandra Peña Lizarazo

Hijo: Mateo Rodríguez Peña

NELSON ENRIQUE PEREZ IZQUIERDO:

Madre: María Izquierdo

Esposa: Liliana Ardila

Hijos: Miguel Ángel Pérez Castrillón

Juan Sebastián Pérez Albañil

MIGUEL ANTONIO ROMERO MORALEZ

Madre: Doris Morales

Hijo: Harold Steven Romero

Por brindarnos su apoyo en nuestra carrera, por darnos ese aporte de motivación diaria para luchar por un futuro, por los valores que nos inculcaron para ser mejores personas, por estar en buenos y malos momentos de nuestras vidas, también a todos los demás familiares por confiar y estar ahí siempre que lo necesitamos.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Sin el apoyo y constante esfuerzo de algunas personas de la Universidad ECCI, y a la disposición generosa de algunos elementos requeridos, no se hubiera logrado llevar a cabo exitosamente este proyecto, por tal motivo agradecemos a la coordinación de talleres de la facultad de ingeniería mecánica, por toda la colaboración prestada.

Igualmente agradecemos al ingeniero Armando Hernández y Mauricio Zabala por sus oportunos y reiterados aportes a nuestro proyecto.

A nuestro director de proyecto de grado el ingeniero Arturo Andrés Villaneda por su gran apoyo, dedicación y guía, sin lo cual este trabajo no se hubiera realizado satisfactoriamente.

## CONTENIDO

### LISTA DE ILUSTRACIONES

### GLOSARIO

INTRODUCCION .....	3
1. TECNOLOGIA EN LOS SISTEMAS DE CONTROL Y SEGURIDAD EN EL VEHÍCULO MAZDA 626 .....	4
1.2. EVOLUCION DEL MODELO MAZDA 626 .....	4
1.2 ESPECIFICACIONES DEL VEHÍCULO .....	5
1.3. EJE DELANTERO .....	6
1.3.1 Configuración general .....	6
1.3.2 Funciones y componentes del eje de tracción delantera .....	6
1.3.3. Operación del eje de tracción delantera. ....	7
1.3.4. Ejes motores de longitud igual y desigual .....	8
1.3.5. Inconvenientes del eje de tracción delantera .....	9
1.4. EJE TRASERO .....	9
1.5. SISTEMA DE DIRECCION .....	10
1.5.1. Configuración general .....	10
1.5.2. Función y componentes sistema de dirección .....	10
1.5.3. Columna de dirección .....	11
1.5.4. Engranajes y acoplamientos de dirección manual de piñón y cremallera .....	11
1.5.5. Componentes y operación del sistema de dirección hidráulica .....	12
1.6. SISTEMA DE FRENOS .....	15
1.6.1 Funciones y componentes del sistema .....	16
1.6.2. Principios hidráulicos .....	18
1.6.3. Principios de fricción .....	19
1.6.4. Distancia de frenado .....	21
1.6.5. Diseño y operación del sistema hidráulico de frenos .....	21
1.6.6. Diseño y operación del freno de disco .....	24
1.6.7. Diseño y operación del freno de tambor .....	25
1.6.8. Fluido de frenos .....	27
1.6.9. Tuberías y mangueras de freno .....	28
1.6.10 Válvulas e interruptores de frenos .....	29
1.6.11. Frenos de estacionamiento .....	30

1.7. SUSPENSION.....	30
1.7.1. Funciones y componentes del sistema de suspensión .....	30
1.7.2. Tipos y componentes del sistema de suspensión.....	31
1.7.3. Operación del sistema de suspensión .....	32
1.7.3. Sistemas de suspensión delantera .....	38
1.7.4. Sistemas de suspensión traseros .....	39
1.7.5 Características relacionadas con la suspensión .....	39
1.8. CARROCERIA .....	45
2. MODIFICACIONES EN LOS SISTEMAS DE CONTROL Y SEGURIDAD DEL AUTOMOVIL PARA MEJORAR SU RENDIMIENTO.....	48
2.1. SUSPENSION.....	48
2.1.1. Consejos para el montaje de los amortiguadores para conducción deportiva .....	48
2.1.3. Elementos internos de un amortiguador que mejoran su desempeño ..	49
2.1.4. Modificaciones a los amortiguadores hidráulicos de serie para aumentar su desempeño .....	50
2.1.5. Muelles de la suspensión.....	50
2.1.6. Mesas de la suspensión .....	51
2.1.7. Barras estabilizadoras .....	51
2.1.8. Barras de torsión .....	52
2.1.9. Procedimientos para mejorar el sistema de suspensión.....	53
2.2. DIRECCION .....	54
2.3. FRENOS .....	54
2.3.1. Modificaciones del sistema de frenos .....	55
2.3.2. Mordazas de freno .....	55
2.3.3. Mordazas de pistones con diámetro diferencial.....	57
2.3.4. Discos de frenos.....	57
2.3.5. Pastillas de frenos.....	60
2.3.6. Modificación del sistema de frenos de tambor .....	61
2.3.7. Conversión de tambor a disco.....	62
2.3.8. Bomba de freno.....	63
2.3.9. Líneas de freno .....	63
2.3.10. Líquido de frenos .....	65

2.3.11. Pedales y palancas de accionamiento.....	67
2.4. Ruedas.....	67
2.4.1. Aros de las ruedas.....	68
2.4.2. Neumáticos.....	69
2.5. Jaulas de seguridad (Roll bar).....	70
2.5.1. Clasificaciones de jaulas de seguridad.....	71
3. ESPECIFICACIONES GENERALES.....	72
3.1. CALCULOS DE LA SUSPENSION TIPO MACPHERSON.....	72
3.1.1. Análisis de la suspensión.....	73
3.1.2 Análisis cinético y sistemático del sistema de frenos.....	77
3.1.3. Análisis final Roll bar.....	86
BIBLIOGRAFIA.....	88

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Publicidad Mazda 626 LX/ Google.....	3
Ilustración 2. Partes junta homocinética/ Google .....	7
Ilustración 3. Junta homocinética Rzeppa/ Google .....	8
Ilustración 4. Juntas homocinéticas desiguales/ Google.....	9
Ilustración 5 Componentes sistema de dirección/ Google .....	11
Ilustración 6. Partes bomba de dirección hidráulica/ Google .....	13
Ilustración 7. Partes de la caja de dirección tipo sinfín y cremallera/Manual técnico automotriz .....	14
Ilustración 8. Flujo de aceite hidráulico/ Google.....	15
Ilustración 9. Partes del sistema de frenos hidráulico/ Google .....	16
Ilustración 10. Partes freno de disco/ Google .....	17
Ilustración 11. Partes freno de tambor/ Google .....	18
Ilustración 12. Principio de Pascal/Google.....	18
Ilustración 13. Fading/ Google .....	20
Ilustración 14. Partes del cilindro maestro/ Google.....	23
Ilustración 15. Pastillas de frenos con sensores/ Google.....	25
Ilustración 16. Tipos de líquido de frenos/ Google .....	28
Ilustración 17. Suspensión Independiente/ Google.....	32
Ilustración 18. Acción del resorte/ Google .....	33
Ilustración 19. Suspensión trasera con barra de torsión/ Google .....	34
Ilustración 20. Brazo de control inferior/ Google .....	35
Ilustración 21. Tipos de rotulas/ Google.....	36
Ilustración 22. Suspensión de tijera corta y tijera larga/ Google .....	39
Ilustración 23. Radio de giro de un vehículo/ Google.....	41
Ilustración 24. Subviraje y sobreviraje en un vehículo/ Google .....	44
Ilustración 25. Carrocería autoportante/ Google .....	45
Ilustración 26. Amortiguador de competencia .....	49
Ilustración 27. Muelles deportivos para suspensión/ Google .....	50
Ilustración 28. Barra estabilizadora/ Google .....	52
Ilustración 29. Tipos de convergencia/ Google .....	53
Ilustración 30. Discos ventilados/ Google .....	58
Ilustración 31. Lijas de freno en acero inoxidable/ Google .....	64
Ilustración 32. Ruedas de competencia/ Google.....	68
Ilustración 33. Roll bar/ Google.....	70
Ilustración 34. Roll bar tipo atornillado/ Google .....	71
Ilustración 35. Roll bar soldado/ Google .....	71
Ilustración 36. Medidas resorte/ Google .....	76
Ilustración 37. Vía del vehículo e y altura máxima a/ Google .....	82
Ilustración 38. Fuerzas de resistencia que se oponen al movimiento del vehículo/ Google .....	84



## GLOSARIO

**Amortiguador:** dispositivo hidráulico telescópico para amortiguar el movimiento vertical de la suspensión y las oscilaciones de los resortes.

**Barra estabilizadora:** barra de acero que conecta la suspensión en un lado del vehículo con la del otro lado. Se usa para reducir la inclinación de la carrocería durante los virajes.

**Chasis:** todas las partes de un vehículo excepto la carrocería.

**Desvanecimiento del freno:** pérdida de eficacia en el frenado debido a fricción reducida entre la zapata y el tambor o entre la pastilla y el disco debido a sobre calentamiento.

**Eje motor:** eje que se utiliza para transmitir la fuerza motriz del transeje a las ruedas.

**Fluido de frenos:** fluido especial a base de productos no petroquímicos, que se utiliza en un sistema de frenos hidráulicos.

**Ley de Pascal:** cuando se ejerce presión en un líquido confinado, esta presión se transmite sin disminuirse a todo el sistema.

**Oscilación:** movimiento de ida y venida o de arriba para abajo; movimiento de balanceo.

**Resorte espiral:** barra redonda doblada en forma de espiral con espacio entre las espirales sucesivas.

**Zapata del freno:** placas metálicas curvas sobre las cuales se pega o se remacha la balata o se utiliza en frenos de tambor.

## INTRODUCCION

El origen de este proyecto es la necesidad de aportar a la mejora continua en los procesos de formación tecnológica de la asignatura sistemas de control y seguridad.

Se ha planteado realizar el estudio dinámico de las variaciones realizadas a los sistemas de control y seguridad del automóvil mazda 626; entregar un puesto de formación donde se identifiquen los sistemas de control y seguridad y se analice la función de cada uno; validar que el modelo sea fácil de operar, ensamblar y desensamblar, así como que permite el análisis de fallas y desgastes.

Se ha programado que su alcance sea a la comunidad estudiantil, industrial y los programas de educación continuada de la UNIECCI; los contenidos temáticos propios de la asignatura: sistema de frenos, sistema de dirección, sistema de suspensión.

Finalmente el proyecto parte de las bases de la investigación formativa, desde el aula, dentro de la línea institucional de energía y transporte, tomando como idea iniciar validar si modificaciones en algunos sistemas del automóvil mejoran el rendimiento.



## Mazda 626 LX... verdaderamente fantástico !

Verdaderamente fantástico por su versatilidad, lujo, diseño y alta tecnología. El Mazda 626 LX cuenta con una extensa variedad de elementos diseñados para hacerlo versátil y único.

### TABLERO ELECTRONICO DIGITAL

Diseño de MAZDA, único en Colombia con la más avanzada tecnología electrónica, es digital, cóncavo, envolvente y de fácil lectura. Los controles esenciales han sido puestos a su alcance mediante mandos ergonómicos para una fácil operación sin tener que apartar los ojos de la carretera ni las manos del timón.

### ASIENTO HIGH-TECH

Único en Colombia. Confortable, anatómico y graduable de 10 maneras diferentes (incluyendo memoria de reclinatorio) complementado con timón de altura variable, haciendo de la conducción del Mazda 626 LX un verdadero placer.



### MOTOR TRANSVERSAL

MAZDA creó su motor de la serie F para ser montado transversalmente, con tracción delantera, para ofrecerle máxima eficiencia y menor consumo de combustible.

### AERODINAMICIDAD

El MAZDA 626 LX le ofrece máxima eficiencia aerodinámica que le permite cortar el aire, reduciendo considerablemente el consumo de combustible, la resistencia al avance y el ruido del viento.



### BAUL

La posibilidad de abatir los espaldares traseros en proporción 50/50 amplía el espacio del baúl ofreciéndole mayor versatilidad de usos.



El MAZDA 626 LX es espacioso y multifacético. Ventajas ya tradicionales en MAZDA continúan siendo la quinta velocidad y la apertura a control remoto del baúl y de la tapa de la gasolina.

Compañía Colombiana Automotriz S. A.

**Viva** la experiencia **Mazda**.

Ilustración 1. Publicidad Mazda 626 LX/ Google

## 1. TECNOLOGIA EN LOS SISTEMAS DE CONTROL Y SEGURIDAD EN EL VEHÍCULO MAZDA 626

### 1.2. EVOLUCION DEL MODELO MAZDA 626

El **Mazda 626** es un automóvil que fue producido por Mazda para el mercado de exportación. Sustituyó al 616 / 618 y RX-2 en 1979 y se vendió hasta el 2002; cuando el Nuevo Mazda 6 se hizo cargo de la familia como un gran auto de Mazda.

Los **626** también fue vendido como el Ford Telstar en Asia, Oceanía y África del Sur, pero fue reemplazado más tarde por el europeo de origen Ford Mondeo. Mientras que en Europa se consideró siempre un automóvil del segmento, en América del Norte las dos primeras generaciones de los 626 fueron autos compactos, y el tercero, cuarto y quinto fueron los coches de tamaño medio. El primer Mazda 626 se lanzó al mercado en el año de 1979 con 2 tipos de carrocería: un sedán y un coupé, ambos impulsados por un motor de 1.8 o de 2 litros 4 cilindros de 80 o 90 caballos dependiendo de la distribución, y el tipo de carburador montado.

Su comportamiento dinámico lógicamente no era tan confiable ni preciso, pues el **Mazda Sedán de 1980**, poseía una tracción trasera y un eje rígido en lugar de una suspensión trasera independiente. Sus cajas eran mecánicas de cinco cambios, o automáticas de tres cambios, la dirección no era la compacta y precisa unidad de piñón y cremallera, sino la de bolas recirculantes. Pocas unidades aún ruedan por Colombia en éste momento. Para esta versión L, se trató de darle un carácter más internacional. De ésta manera los ingenieros de Mazda de la época viajaron alrededor del mundo y se dedicaron a escuchar a los conductores normales entusiastas y periodistas del automóvil en Europa y América. Cuando regresaron, estuvieron listos para diseñar un 626 que fuera mejor. Para asegurar su calidad, el resultado fue el **Mazda 626 L primera serie**; lo pusieron a prueba en el circuito de pruebas que Mazda tiene en Miyoshi desde los años sesenta, donde los baches grietas barro hielo grava y aceite, lucharon por destruir el vehículo; allí fue sometido a las más duras pruebas que superó con éxito.

Para asegurarse que el nuevo **Mazda 626 LX** estaba a nivel internacional, los ingenieros decidieron salirse de las sendas tradicionales. De nuevo viajaron por todo el planeta pero ésta vez se llevaron al nuevo Mazda 626. Lo pusieron a prueba en las carreteras de montaña de Suiza, y en las planicies desérticas de América.

## 1.2 ESPECIFICACIONES DEL VEHÍCULO

Motor: delantero transversal de cuatro cilindros en línea, con culata de cuatro válvulas por cilindro

Cilindrada: 1.991 centímetros cúbicos

Alimentación: Carburador

Potencia máxima: 100 caballos a 6000 rpm

Transmisión: tracción en las ruedas delanteras

Caja de cambios: manual de 5 marchas

Dirección: de cremallera, asistida, con un diámetro de giro de 10.4 metros

Frenos; de disco ventilados en las ruedas delanteras y tambor en las traseras

Suspensiones: delantera independiente tipo McPherson, trasera independiente tipo McPherson. Muelles helicoidales, amortiguadores hidráulicos y barras estabilizadoras en ambos ejes.

Carrocería: Monocasco auto portante de cuatro patas, con estructuras de formación progresiva en las zonas delantera y trasera.

Seguridad pasiva: doble airbag frontal y lateral. Cinturones de seguridad con pretensores. Barras de protección contra impactos laterales.

Peso: en vacío, 1.185 kilos. Máximo admisible: 1.680 kilos.

Capacidad del maletero: 502m litros (datos del fabricante).

Capacidad del depósito: 64 litros.

Velocidad máxima: 195km/h

Prestaciones

Aceleraciones: 400 metros salida parada, en 17,3 segundos; 1.000 metros salida parada, en 31 segundos. En 5ª, 17,8 segundos.

Consumos: en carretera, a 90km/h., 6,2 litros a los 100 kms en autopista, a 120 km/h., 7,4 litros; urbano, 10,4 litros.

Virtudes: comportamiento, terminación y equipamiento. Consumos ajustados.

Defectos: precio elevado, línea impersonal.

### 1.3. EJE DELANTERO

#### 1.3.1 Configuración general

Los automóviles de tracción delantera, equipados con transeje, utilizan dos ejes motores descubiertos. Algunos diseños tienen tres flechas con dos juntas universales de velocidad constante (homocinéticas) en cada una de las flechas exteriores, y una junta universal de cruceta y rodillo.

La configuración del eje delantero en el vehículo mazda 626 LX consta de dos juntas homocinéticas tipo trípode las cuales se acoplan al conjunto transeje, el cual a su vez va ensamblado por medio de pernos de ajuste a el motor.

#### 1.3.2 Funciones y componentes del eje de tracción delantera

Los ejes de tracción delantera llevan a cabo las siguientes tres funciones:

Transfieren el par motor del diferencial del transeje a las ruedas delanteras.

Transfieren el par motor en varios ángulos conforme las ruedas delanteras giran hacia la derecha o hacia la izquierda y la suspensión se mueve hacia arriba o hacia abajo.

Un eje de tracción delantera está formado de los siguientes componentes principales (Ilustración 2); algunos sistemas de tracción delantera no utilizan flecha intermedia).

Flecha muñón interior y carcaza: ranurada y acoplada a los engranes del lado de la flecha en el diferencial transeje y conectadas con la junta universal interna.

Flecha de interconexión: conecta la junta universal interior con la junta universal exterior. Los extremos de la flecha están ranurados.

Flecha muñón exterior y carcaza: ranurada a la maza de la rueda y conectada con la junta universal exterior.

Flecha intermedia: conecta la flecha muñón interior a la flecha del eje motor a través de una junta universal.

Cojinete de soporte de la flecha intermedia: utilizado para soportar el extremo exterior de la flecha intermedia.

Juntas universales: conecta entre si las flechas y permite que las flechas funcionen en diversos ángulos.

Las flechas del eje están maquinadas y ranuradas para las conexiones motrices y con ranuras radiales para las chavetas circulares y las botas. Las flechas de eje giran a aproximadamente una tercera parte de la velocidad de una flecha motriz de un automóvil de tracción trasera. Las juntas universales de velocidad constante (juntas homocinéticas) se utilizan para transmitir el par de torsión motor a diversos ángulos. En vehículos con una flecha intermedia pudieran utilizarse una junta universal cruceta y rodillo.



*Ilustración 2. Partes junta homocinética/ Google*

### 1.3.3. Operación del eje de tracción delantera.

#### Junta homocinética de tripié.

Por lo general se utiliza una junta homocinética de tripié en el extremo interno del eje motor. Por lo general no tienen previsión para acción deslizante o telescópica. Esta tiene forma de araña con tres cabezas y bolas con cojinetes de bolas, ranuradas al eje motor, una carcasa o un yugo conectado a la flecha muñón. Una bota de hule de tipo fuelle mantiene fuera la suciedad y la humedad del exterior y el lubricante en el interior. Cintas de reten mantienen la bota en su lugar.

#### Junta homocinética Rzeppa

Por lo general en el extremo externo del eje motor se utiliza una junta homocinética Rzeppa. Permite una acción deslizante o telescópica para aceptar las modificaciones en la longitud efectiva del eje causado por el movimiento hacia arriba y hacia debajo de la suspensión. Una junta Rzeppa está formada por una pista interna ranurada al extremo exterior de la flecha del eje, un conjunto de bolas motrices y una jaula de bolas, y una pista externa conectada con la flecha del muñón. Una bota de hule de tipo fuelle mantiene la suciedad y la humedad fuera y en su interior contiene el lubricante especial de juntas homocinéticas. Cintas de reten mantienen esta bota en su lugar (Ilustración 3).



*Ilustración 3. Junta homocinética Rzeppa/ Google*

#### 1.3.4. Ejes motores de longitud igual y desigual

Algunos vehículos utilizan semiflechas de longitud desigual, en tanto otros utilizan flecha de longitud igual. El sistema de longitud igual se utiliza para reducir la tendencia a vibrar debido al par motor, durante la aceleración; es decir, es la tendencia del vehículo a auto dirigirse hacia el costado con el eje motor largo bajo severa aceleración. Esto proviene del hecho de que existe menos pérdida de par motor entre el transeje y la rueda motora con eje más corto: durante la aceleración la rueda motora con eje corto es la que guía (está ligeramente por delante de) a la otra rueda. En alguna aplicación se utiliza un contrapeso en la flecha corta, con objeto de reducir vibración de la misma (Ilustración 5). Algunos sistemas de tracción delantera con motor transversal utilizan un ensamble de flecha intermedia para resolver la posición fuera de centro del transeje. El ensamble de la flecha intermedia está formada por una junta universal sencilla de tipo cardan, una flecha corta intermedia y un cojinete y ménsula de soporte (Ilustración 4).



*Ilustración 4. Juntas homocinéticas desiguales/ Google*

#### 1.3.5. Inconvenientes del eje de tracción delantera

Las botas de hule se pueden romper o desgarrar, ya que están expuestas a la intemperie y a cualquier piedra o material sobre el camino. Puede introducirse suciedad y agua y causar falla de la junta homocinética. Ruido en la junta homocinética indica desgaste excesivo o falta de lubricante. Los clicks durante los virajes por lo general indican un problema en la junta universal exterior. Los clunks durante la aceleración o desaceleración, por lo general indican un problema en las juntas homocinéticas internas. El ruido resulta especialmente evidente al acoplar el transeje o el embrague hacia adelante o en reversa. Un ruido abrasivo puede resultar más pronunciado durante los virajes. Botas de las juntas homocinéticas que estén agrietadas o desgarradas deben reemplazarse. Las juntas homocinéticas desgastadas también deben reemplazarse.

#### 1.4. EJE TRASERO

La configuración del eje delantero en el vehículo mazda 626 LX consta de dos juntas conjuntos de amortiguadores, cuatro articulaciones laterales y dos articulaciones secundarias todo esto soportado sobre un puente de apoyo.

## 1.5. SISTEMA DE DIRECCION

### 1.5.1. Configuración general

El sistema de dirección permite al conductor controlar la dirección del movimiento del vehículo. Con los sistemas modernos de dirección se obtienen facilidad en el manejo, estabilidad y control. En los automóviles modernos existen dos tipos fundamentales de dirección: dirección manual y dirección hidráulica, a la cual reduce el esfuerzo de manejo requerido utilizando presión hidráulica o un motor eléctrico controlado electrónicamente. También existen dos tipos básicos de acoplamiento de dirección: acoplamiento por piñón y cremallera y enlace central o enlace paralelo.

### 1.5.2. Función y componentes sistema de dirección

El sistema de dirección debe:

Controlar la dirección de las ruedas delanteras y las traseras, en sistemas de dirección en las cuatro ruedas.

Proporcionar una reducción de engranaje para reducir el esfuerzo de dirección requerido en el volante.

Transmitir al conductor la sensación del camino, para auxiliarlo en la corrección de la dirección.

Absorber los golpes de las ruedas delanteras al golpear obstáculos o baches en la superficie del camino.

Permitir que las ruedas delanteras se muevan libremente hacia arriba y hacia abajo, en todas las posiciones de la dirección.

Proporcionar divergencia de las ruedas delanteras al vibrar.

Todos los sistemas de dirección tienen los componentes principales siguientes (Ilustración 5).

Volante: proporciona el medio para que el conductor haga girar el eje de la dirección.

Eje de la dirección: transmite el movimiento giratorio del volante a los engranes de la dirección.

Columna de la dirección: encierra y soporta el eje de la dirección.

Engranes de la dirección: convierte el movimiento giratorio del volante y de la flecha a movimiento lateral de los acoplamientos de la dirección; proporciona reducción en engranes para reducir el esfuerzo de la misma.

Acoplamiento de la dirección: conecta los engranes de la dirección a las articulaciones de la misma.

Eje de la dirección: proporcionan la acción oscilatoria a los acoplamientos de la dirección mediante rotulas conforme la suspensión se mueve hacia arriba y hacia abajo.

Brazos de la dirección: conecta el eje de la rueda y el acoplamiento de a dirección y los dirige hacia adentro para proporcionar divergencia de las ruedas en los virajes.



*Ilustración 5 Componentes sistema de dirección/ Google*

### 1.5.3. Columna de dirección

La columna de la dirección incluye el volante, eje de la dirección, la columna, la bolsa de aire, encendido, claxon, señales direccionales, interruptores del limpia brisas y de control de velocidad, mecanismo de seguro del volante, palanca de cambio de velocidades, una o dos juntas universales y, a veces, un acoplamiento flexible. La columna está montada sobre el tablero, cerca de la parte superior y pasa a través del muro de fuego. El eje de la dirección se extiende más allá de la carcasa de la columna y se conecta con el engranaje de la dirección. Dentro de la carcasa el eje de la dirección esta soportado por cojinetes.

### 1.5.4. Engranajes y acoplamientos de dirección manual de piñón y cremallera

La dirección del piñón y cremallera incluye las partes siguientes:

Engrane piñón: conectado en la parte inferior del eje de la dirección, gira con el volante. Los dientes del piñón están acoplados con los dientes de la cremallera. Un sello en la parte superior mantiene el lubricante en el interior y el polvo en el exterior.

Cremallera: barra de acero con dientes en una de sus caras. La cremallera se desliza de un lado a otro conforme el volante hace girar al piñón

Carcaza de engranes: soporta y encierra el engrane piñón y la cremallera la cual está llena con lubricante de engranaje de dirección.

Botas: botas tipo acordeón de hule en cada extremo de la caja de engranes que mantienen el lubricante de los engranes en el interior, así como la suciedad y la humedad en el exterior.

Guía de cremallera (yugo): soporte de cremallera apoyado en un resorte en un costado de la misma del lado opuesto al engrane piñón. Mantiene los dientes de la cremallera en acoplamiento adecuado con los dientes del piñón.

Varillas: una en cada extremo de la cremallera en conexión con las rotulas de dirección.

Juntas universales: una en cada una de las varillas que proporcionan acción de oscilación conforme la suspensión se mueve hacia arriba y hacia abajo y las ruedas delanteras son giradas a la derecha o a la izquierda.

#### 1.5.5. Componentes y operación del sistema de dirección hidráulica

La dirección hidráulica disminuye la fatiga del conductor ocasionada por el esfuerzo en el manejo, y aumenta la seguridad, al proporcionar un control más eficaz de la dirección. Existen tres tipos de dirección hidráulica:

Dirección hidráulica de piñón y cremallera de tipo integral (hidráulica o eléctrica).

Dirección de bolas recirculantes de tipo integral.

Dirección con asistencia de acoplamiento.

Los sistemas hidráulicos de dirección están formados por una bomba (propulsada por banda a partir del cigüeñal), un engranaje de dirección hidráulica (y válvula de control), y de las mangueras de conexión. El sistema eléctrico de la dirección hidráulica incluye un mecanismo de dirección, una unidad de control electrónico, una unidad de potencia, y sensores.

#### Bombas de la dirección hidráulica

La bomba produce la presión hidráulica y flujo requeridos para la operación del sistema. Normalmente esta propulsada por medio de una banda a partir del cigüeñal del motor. Existen cuatro tipos principales de bombas de dirección hidráulica en lo que se refiere a elementos de bombeo: rodillos, aletas, engranes y láminas deslizantes (Ilustración 6). Los componentes principales de la bomba son el depósito de aceite (integrado o remoto), polea, eje propulsor, rotor, carcaza, cojinetes y válvula de control. La bomba aspira fluido hidráulico a través de la admisión de la bomba. El fluido queda atrapado entre los rodillos, las aletas o las láminas deslizantes de la bomba, mismos que lo lleva

hacia un área pequeña en el cuerpo de la bomba, donde se presuriza y se ve obligado a salir a través del pasaje de salida de la bomba. La presión hidráulica actúa en contra de una válvula de alivio de presión y de control de flujo. El resorte de la válvula de alivio trata de mantener cerrada la válvula. La presión hidráulica empuja la válvula contra la presión del resorte. El equilibrio entre la presión del resorte y la hidráulica determinan la posición de la válvula, lo que controla la presión hidráulica.



*Ilustración 6. Partes bomba de dirección hidráulica/ Google*

#### Mecanismo integral de dirección hidráulica de cremallera y piñón

El mecanismo de dirección hidráulica de cremallera y piñón esta atornillado al bastidor o al muro de fuego y está formado de un tubo y una caja que contiene la cremallera y el piñón, el eje del piñón y el ensamble del cuerpo de válvulas y el ensamble de tapón de ajuste. Para soportar el eje del piñón dentro de la carcasa se utilizan cojinetes de empuje y bujes. Dentro del tubo un ensamble de buje y cabezal soporta la cremallera de dirección. Las botas de hule protectoras, el tubo de respiración y los componentes de acoplamiento de dirección utilizados en el mecanismo de la dirección hidráulica son similares a los que se utilizan en los ensambles del mecanismo manual de dirección de cremallera y piñón (Ilustración 7). El pistón esta fijo a la cremallera y opera dentro de la sección del cilindro de potencia del tubo. El pistón está colocado sobre la cremallera de tal forma que queda centrado entre los cabezales de ajuste de la tubería de aceite cuando las ruedas están dirigidas justo hacia delante. Se utiliza un sello en el pistón para separar las cámaras de presión.

La presión de operación sobre el cilindro de potencia es mantenida mediante ensamble de sellos en cada extremo de la carcasa de cilindro de potencia. Las tuberías de aceite externas, instaladas entre la tubería y la carcasa, conducen el fluido de la dirección del cuerpo de válvulas al cilindro de potencia.

Se utiliza una válvula de tipo giratorio. Los pernos localizadores del eje del piñón se conectan con ranuras ubicadas en el eje del muñón y con la barra de torsión, con el fin de conectar el eje del piñón y el cuerpo de la válvula.

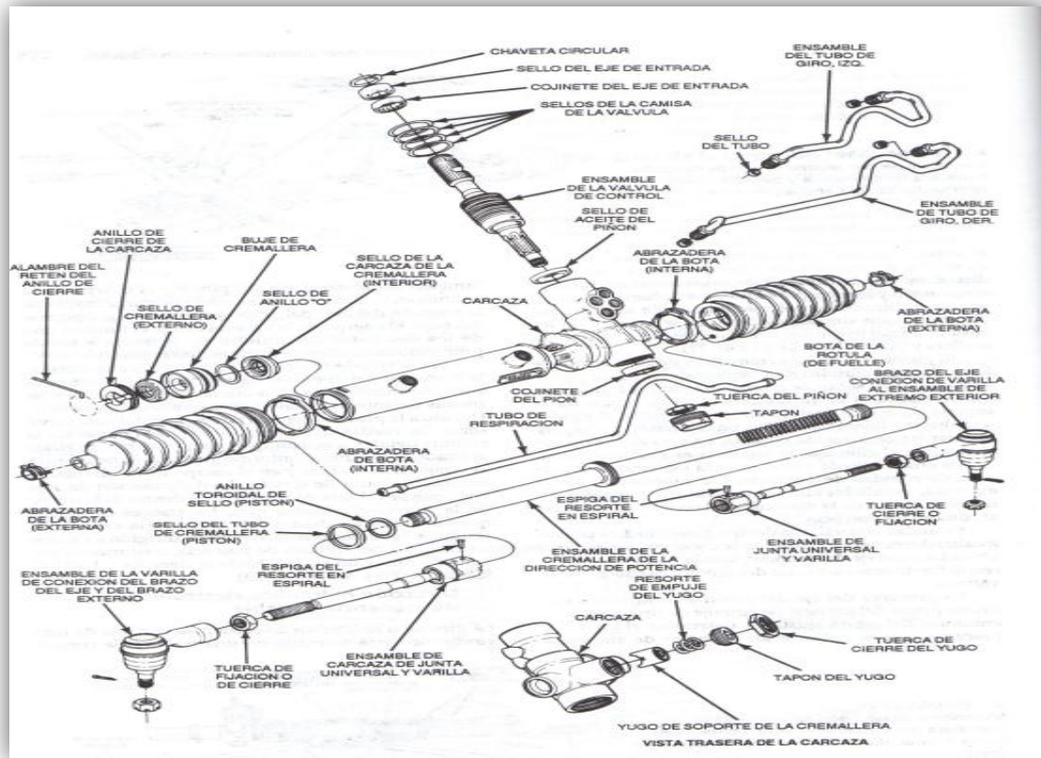


Ilustración 7. Partes de la caja de dirección tipo sinfín y cremallera/Manual técnico automotriz

La precarga del eje del piñón es controlada mediante pistas del cojinete de empuje de tipo cónico. El ensamble del tapón ajustador determina el grado de precarga que se aplica a los cojinetes de empuje y también mantiene el eje del piñón y el cuerpo de la válvula en la carcasa. Un resorte de precarga mantiene la posición del buje del piñón y compensa el desgaste del buje. El cuerpo de la válvula dirige el fluido a uno de los dos lados del cilindro de potencia a fin de proporcionar asistencia de dirección hidráulica.

El cuerpo de la válvula, el carrete de la misma, la barra de torsión y el eje del muñón, que está fijo a la barra de torsión están, en efecto, conectadas con las ruedas delanteras a través de conexiones mecánicas. Debido a la presión ejercida por el peso del automóvil sobre las ruedas delanteras, estas y el cuerpo de la válvula tienden a resistir cualquier esfuerzo de viraje aplicado al volante. Conforme aumenta la resistencia al viraje de las ruedas y en el cuerpo

de la válvula, se deforma la barra de torsión. La deformación de esta hace que la válvula de carrete gire dentro del cuerpo de la misma. Conforme gira, los pasajes del fluido quedan alineados dentro del cuerpo de la válvula. El fluido de la bomba queda, entonces, dirigido a algunos de los lados del cilindro de potencia, conforme el volante de dirección se gira hacia la derecha o hacia la izquierda (Ilustración 8).

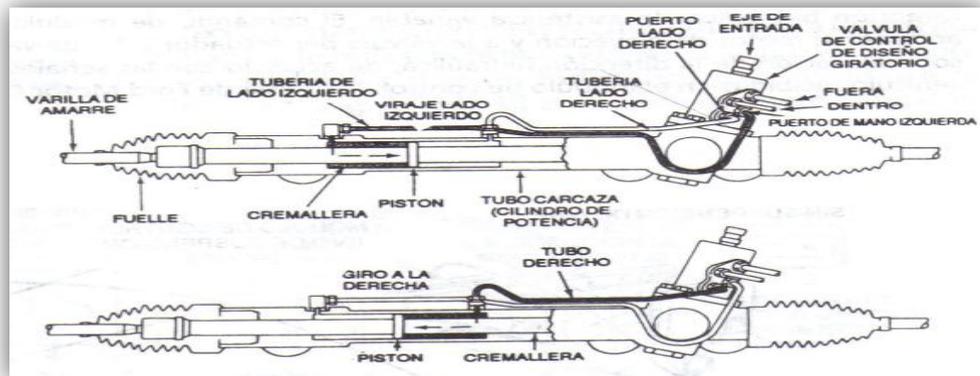


Ilustración 8. Flujo de aceite hidráulico/ Google

## 1.6. SISTEMA DE FRENOS

El sistema de frenos es uno de los sistemas de seguridad más importantes del automóvil. La capacidad del sistema de frenos para detener un vehículo de manera segura y controlada es absolutamente indispensable para evitar daños accidentales del vehículo, lesiones personales y pérdidas de vidas. Con el propósito de identificar y corregir problemas en el sistema a su máxima efectividad, se requiere de un conocimiento a fondo sobre la construcción y operación del sistema. Es fundamental una buena comprensión básica de los principios de los dispositivos mecánicos y sistemas hidráulicos, así como de los dispositivos de fricción correspondiente (Ilustración 9).

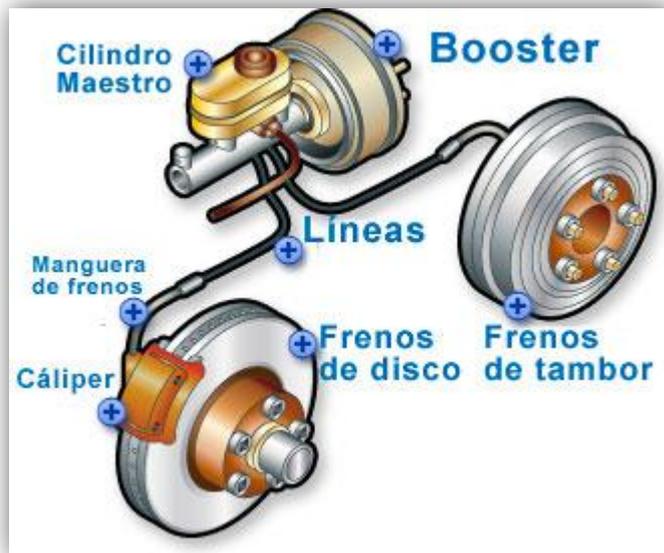


Ilustración 9. Partes del sistema de frenos hidráulico/ Google

### 1.6.1 Funciones y componentes del sistema

**Pedal del freno:** actúa sobre el cilindro maestro y el sobre elevador de potencia del freno.

**Cilindro maestro:** el cilindro y el pistón desarrollan presión hidráulica al oprimir el pedal para operar en cada rueda las unidades de disco o de tambor.

**Sobre levador de potencia de freno:** dispositivo operado por vacío o por fluido hidráulico, se utiliza para ayudar en la aplicación de los frenos; reduce el esfuerzo requerido en el pedal.

**Tuberías de frenos:** tuberías de acero y de manguera ahulada utilizadas para transmitir presión hidráulica desde el cilindro maestro a las unidades de freno en cada rueda.

**Ensamblajes de frenos en las ruedas:** unidades de frenos de disco o de tambor que utilizan la fricción para reducir la velocidad y detener el giro de las ruedas.

**Freno de estacionamiento:** palanca o pedal y eslabonamiento para la aplicación de los frenos de las ruedas traseras.

**Fluido de frenos:** fluido hidráulico especial que se utiliza para transmitir potencia y movimiento desde el cilindro maestro a las unidades de freno en las ruedas.

**Frenos de disco y frenos de tambor.**

Los sistemas antiguos de frenos hidráulicos utilizaban un tambor en cada una de las cuatro ruedas. Actualmente, se utilizan frenos de disco en las ruedas delanteras, mientras que en las traseras se utilizan tanto frenos de disco como de tambor. Sin embargo, en muchos de los automóviles de hoy en día se utilizan frenos de disco en las cuatro ruedas (Ilustración 10).

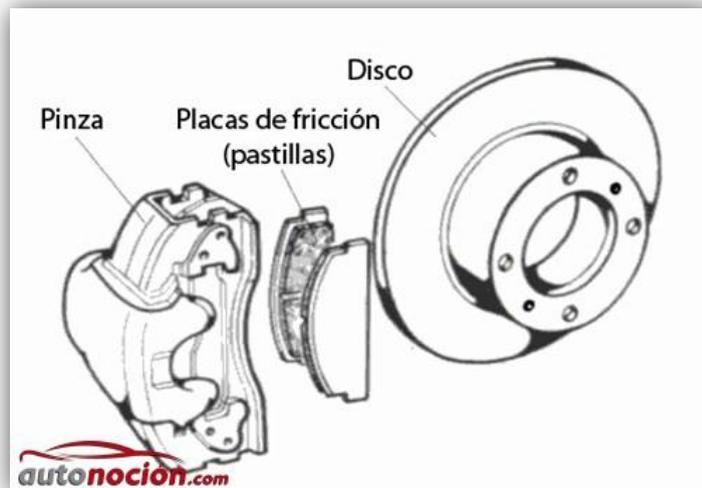


Ilustración 10. Partes freno de disco/ Google

#### Componentes del freno de disco

**Rotor o disco:** disco de metal fijado a la maza de la rueda, que gira con esta. Al aplicar los frenos las pastillas oprimen ambos lados del rotor, a fin de reducir la velocidad de la rueda.

**Actuador:** dispositivo colocado sobre el rotor. Sujeta las pastillas de freno y contiene el cilindro y pistón hidráulico de freno; el cual está montado sobre una ménsula de suspensión.

**Pastillas de freno:** están colocadas en el actuador, una a cada lado del rotor. Las pastillas aprietan el rotor al aplicarse los frenos. La fricción resultante reduce la velocidad de la rueda.

#### Componentes del freno de tambor

**Tambor del freno:** tambor de metal fijado a la maza de la rueda, que gira con esta. Las zapatas del freno se oprimen contra el interior del tambor, a fin de reducir la velocidad de la rueda. El tambor frota contra las zapatas del freno.

**Zapatas de freno:** dispositivos de fricción curvos, que al aplicarse los frenos empujan contra el interior del tambor, a fin de reducir la velocidad de las ruedas. Las zapatas están montadas en una placa de respaldo estacionaria.

**Cilindro de rueda:** cilindro y pistones hidráulicos, que al aplicarse los frenos empujan las zapatas contra el tambor del freno. El cilindro de la rueda es montada sobre la placa de respaldo estacionaria.

**Placa de respaldo:** placa sobre la cual están montadas las zapatas de freno y el cilindro de la rueda (Ilustración 11).

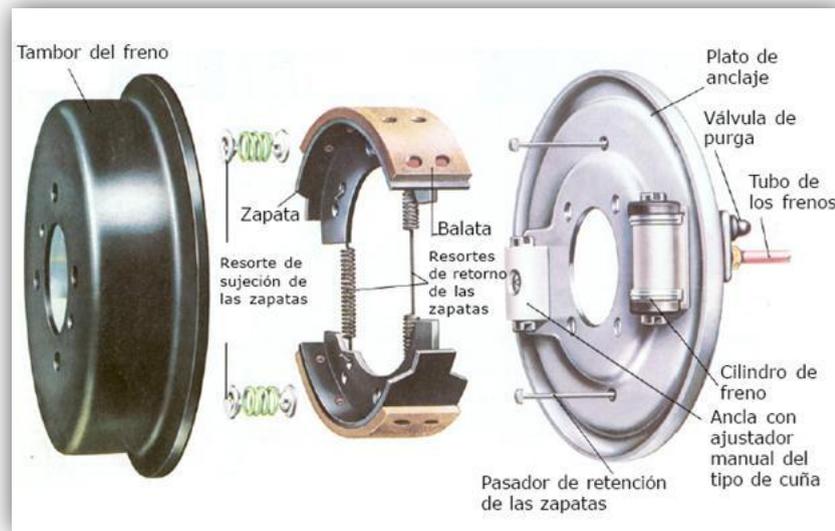


Ilustración 11. Partes freno de tambor/ Google

### 1.6.2. Principios hidráulicos

Un sistema hidráulico de frenos utiliza fluido para transmitir presión, fuerza y movimiento. Cuando se aplica fuerza a un líquido confinado, se produce presión, la cual se ejerce pareja en todo el sistema. Esta presión actúa en ángulo recto sobre todas las superficies del sistema, y con fuerzas iguales en áreas iguales. Esto se conoce como la ley de Pascal y se aplica a todos los sistemas hidráulicos (Ilustración 12).

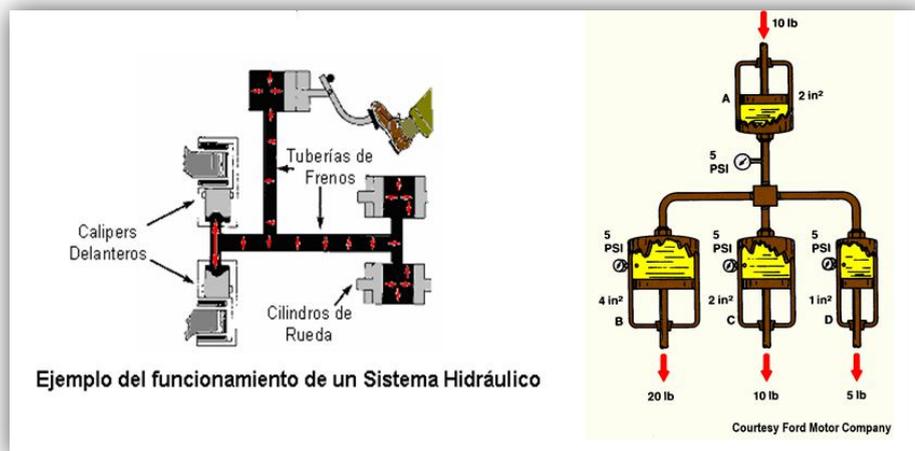


Ilustración 12. Principio de Pascal/Google

### 1.6.3. Principios de fricción

El sistema de frenos de un automóvil, para una operación eficaz, depende de las características de la fricción. Existen dos tipos de fricción: estática (estacionaria) y cinética (deslizante). La fricción estática es la resistencia inicial al movimiento de un objeto que este en contacto con una superficie estacionaria. La fricción cinética es la acción de frotamiento de un objeto deslizándose sobre la superficie de otro. Ambas son importantes para un freno eficaz.

En el sistema de frenos el frenado más efectivo ocurre cuando existe fricción deslizante entre pistones de frenos y rotores (o entre recubrimientos de freno y tambores), así como fricción estática (sin deslizamiento) entre las llantas y la superficie asfáltica. Esto ocurre en un punto donde los frenos son aplicados con tanta fuerza que las ruedas están a punto de bloquearse. El frenado menos eficaz ocurre cuando las ruedas está bloqueada (fricción estática) y existe fricción deslizante entre ruedas y superficie asfáltica. Como resultado se obtiene un frenado deficiente y pérdida de control de la dirección. Los sistemas antibloqueo de los frenos han sido diseñados para proporcionar el mejor frenado posible mediante un ciclo rápido de las presiones hidráulicas.

La cantidad de fricción existente entre dos objetos en contacto depende del coeficiente de fricción de las superficies (que tan resbalosas son), de la cantidad de presión que empuja una superficie con la otra, de la temperatura y área de las superficies de fricción.

#### Coeficiente de fricción

Es más fácil deslizar un bloque de 100 libras (45.36kg) de concreto sobre una superficie resbalosa de hielo, que sobre un camino pavimentado. Por ejemplo, si se requiere de un empuje de 30 libras (13.6kg) para mover el bloque de concreto sobre una superficie de hielo, el coeficiente de fricción sería de  $30/100=0.3$ . Por el contrario, si se requiere un empuje de 80 libras para arrastrar el mismo bloque sobre una superficie asfáltica, el coeficiente de fricción sería de  $80/100=0.8$ , que es mayor que el 0.3 requerido para deslizarlo sobre hielo.

#### Fricción y presión

La presión ejercida por un objeto en contacto con otro, afecta la cantidad de fricción y el calor generado. En los frenos de automóvil, el sistema hidráulico genera presión para apretar las pastillas contra los rotores y las balatas contra los tambores. El peso del vehículo genera presión de las llantas contra la superficie asfáltica. El aumento de presión incrementa la cantidad de fricción y de calor generado. Por ejemplo, en poca presión puede deslizar la mano con facilidad por encima de una mesa sin generar mucho calor. Conforme oprime hacia abajo y aumenta la presión, el deslizamiento se hace más difícil y se

genera más calor, o sea, se requiere de más esfuerzo, y la mano se calienta más.

Si la misma presión se aplica sobre una superficie más grande, existe menos presión por pulgada cuadrada (cm<sup>2</sup>). La misma cantidad de calor se genera, pero se reparte sobre un área mayor y con una temperatura menos sobre cualquiera de los dos puntos de la superficie.

#### Fricción, calor y desvanecimiento de los frenos

Como ya se mencionó, la fricción produce calor. Pueden calentarse las manos frías, frotando una contra la otra. En un automóvil la energía calorífica producida por el motor se convierte en movimiento del vehículo. Cuando se aplican los frenos, la energía almacenada en el vehículo en movimiento (energía cinética) se convierte en calor debido a la fricción entre las pastillas y los rotores del freno, zapatas y tambores, y las llantas y la superficie asfáltica. La temperatura de las pastillas, rotores, balatas, tambores, llantas y superficie asfáltica se eleva. En frenado brusco y repetido pueden crear suficiente calor y se origina la cristalización y endurecimiento de las superficies de fricción, y ello causa una reducción drástica en el coeficiente de fricción. Cuando esta condición es muy severa, se conoce como desvanecimiento de los frenos. En estas circunstancias, hay muy poco frenado, aunque se aplique mucha presión en el pedal (Ilustración 13).



Ilustración 13. Fading/ Google

Un vehículo que puede acelerar desde 0 hasta 60 mph (de 0 hasta 96.5kph) con un motor de 150 hp en 8 o 9 segundos, se espera que pueda detenerse en 3 a 4 segundos. Esto requiere que los frenos disipen 350 a 400 hp de energía calorífica en dicho lapso.

Los frenos de disco, como están más expuestos a la atmosfera, están menos propensos al desvanecimiento. Esta es la razón por la cual los frenos de disco se utilizan aún más en las ruedas delanteras, donde ocurre más del 60% del frenado, mientras que los discos de tambor en las ruedas traseras. La mayor parte de frenado ocurre en la parte delantera, debido a la transferencia de peso hacia delante en el momento de frenado. Una mayor velocidad del vehículo a un frenado más brusco aumenta la transferencia del peso hacia adelante.

#### 1.6.4. Distancia de frenado

La distancia de frenado de un vehículo es la que recorre desde el momento en que conductor determina la necesidad de frenar, hasta que el vehículo se detiene. La distancia de frenado depende del tiempo de reacción del conductor, de la velocidad del vehículo, del peso del mismo, de la superficie de fricción de los frenos y del estado de la superficie asfáltica. El tiempo de reacción del conductor es el tiempo que transcurre desde el momento en que el conductor reconoce la necesidad de detenerse hasta el instante en que acciona el pedal del freno. Una distancia de frenado aumentada es el resultado de:

- Un tiempo de reacción más largo.
- Una velocidad del vehículo mayor.
- Un aumento en el peso del vehículo.
- Superficies de fricción del freno en mal estado.
- Llantas desgastadas.
- Superficie asfáltica resbalosa.

#### 1.6.5. Diseño y operación del sistema hidráulico de frenos

El sistema hidráulico de frenos está compuesto por el pedal del freno, el cilindro maestro, las tuberías y los cilindros de ruedas. Los sistemas más antiguos de freno hidráulico utilizaban, para operar los cuatro cilindros de las ruedas, un cilindro maestro de un solo pistón. Los sistemas modernos de frenos hidráulicos utilizan un cilindro maestro dual y dos sistemas hidráulicos separados. Los primeros sistemas de frenos duales estaban divididos adelante y atrás. El pistón primario del cilindro maestro operaba los frenos delanteros y el pistón secundario operaba los traseros. Los sistemas modernos de frenos están divididos en forma diagonal: el pistón primario opera un freno de rueda delantera y un freno de rueda trasera del lado opuesto, mientras que el pistón secundario opera las otras dos ruedas.

##### Pedal del freno

El pedal del freno es una palanca que se acciona con el pie, y que empuja el pistón hacia adelante dentro del cilindro maestro. El pedal aumenta la fuerza aplicada al pistón a través de una palanca mecánica con una relación

aproximadamente de 3 a 4:1. El pedal cuelga de un perno en la ménsula soporte del pedal. Una varilla de empuje, conectada al pedal cerca de su parte superior, actúa sobre el pistón del cilindro maestro. Un resorte de retorno regresa el pedal contra su tope cuando el mismo es liberado.

#### Operación del cilindro maestro

Las conexiones mecánicas provenientes del pedal del freno mueven el pistón primario más allá del puerto de compensación, que a su vez retiene el líquido entre los pistones primario y secundario. Conforme se empuja el pedal, el resorte y el fluido entre el primario y el secundario hacen que el pistón secundario se mueva también más allá del puerto de compensación. Presiones mecánicas adicionales obligan al fluido a ponerse en contacto con las ruedas, accionando así los frenos.

Cuando se suelta el pedal, los resortes de retorno del cilindro maestro empujan los pistones primario y secundario a su posición original. Como el fluido no puede regresar de inmediato como para llenar el espacio que dejaron los pistones, genera un área baja de presión frente al pisto, misma que se llena con el fluido del depósito, a través del puerto de llenado y más allá de las tazas del pistón primario. Conforme el fluido regresa de las ruedas, el excedente es devuelto al depósito a través del puerto de compensación. En algunos frenos de tambor pudiera utilizarse una válvula de reten residual, para mantener cierta presión en las tuberías. Cuando la presión en el sistema se reduce hasta aproximadamente 8 a 18 psi (55 a 124 kPa) la válvula de reten se cierra y se detiene el flujo de fluido. Esta presión residual o estática ayuda a sellar las tazas del pistón en los cilindros de las ruedas.

Los sistemas de freno de disco no tiene válvulas de reten, ya que los pistones de los actuadores de los frenos de disco tienen un sello distinto. La mayor parte de los automóviles modernos utilizan expansoras de tapa de pistón que eliminan la necesidad de tener presión estática dentro del sistema. En operación normal, el pistón secundario se acciona en forma hidráulica. En caso de hubiera una fuga de fluido en el sistema primario, el pistón primario se empujaría contra el pistón secundario, dado que se ha perdido la presión hidráulica del pistón primario. Por el contrario, una fuga en el sistema secundario, el pistón secundario “llegaría a fondo” en el cilindro maestro, y el sistema primario operaría aun así en forma normal. En cualquiera de los dos casos, el pedal del freno quedara ligeramente por debajo de lo normal, y la luz de advertencia de frenos se encenderá al accionar el pedal del freno. (Ilustración 14).

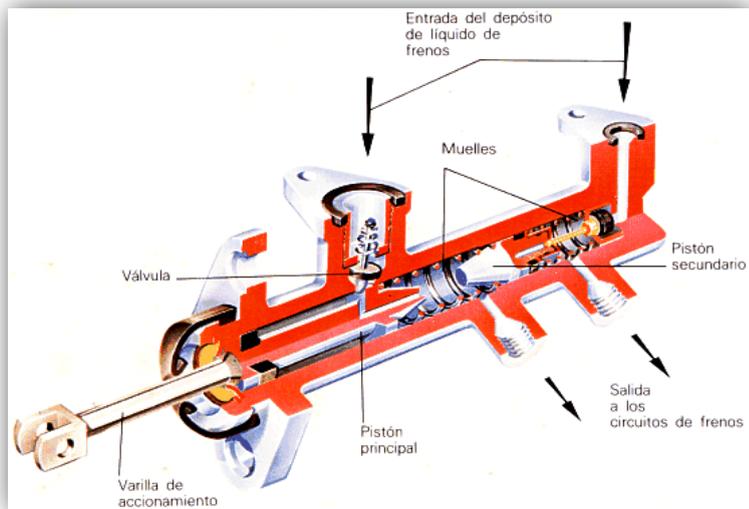


Ilustración 14. Partes del cilindro maestro/ Google

#### Sistema hidráulico dividido diagonalmente

Con un sistema dividido diagonalmente, la rueda delantera izquierda y la rueda trasera derecha están unidas hidráulicamente con de las mitades del cilindro maestro, en tanto que la rueda delantera derecha y la rueda trasera izquierda también están unidas hidráulicamente con la otro mitad del cilindro maestro. Cada una de las dos mitades del sistema hidráulico, dividido diagonalmente, opera en forma independiente de la otra mitad, dando así un alto grado de seguridad en caso de falla parcial del freno.

Cuando falla una mitad del sistema, la otra mitad frena tanto una rueda delantera como una trasera. Esto genera desde luego un desequilibrio de frenado, desviando el vehículo hacia el costado del freno delantero que aun funciona. Con el fin de compensar este desequilibrio, se incluye en el sistema de la suspensión delantera un radio de cambur negativo.

#### Sistema hidráulico dividido delante/atrás

Con un sistema hidráulico dividido delante/atrás el pistón primario del cilindro maestro opera sobre los frenos delanteros, en tanto el pistón secundario hace funcionar los frenos traseros. Si falla el sistema primario o delantero, el frenado ocurrirá solo en las ruedas traseras; por el contrario si falla el sistema secundario o trasero, el frenado ocurrirá únicamente en las ruedas delanteras.

### 1.6.6. Diseño y operación del freno de disco

Los frenos de disco se utilizan en las ruedas delanteras de los automóviles modernos. También los frenos de disco se utilizan en las ruedas traseras de muchos de los automóviles aunque hoy en día se ha generalizado usarlos en las cuatro ruedas.

#### Actuadores de los frenos de disco

El actuador de freno de disco está compuesto por el cilindro hidráulico, pistón, sello, bota con guardapolvo, pasillas, tornillo de purga y herraje de montaje. El actuador está fijo a la articulación de la dirección. El tornillo de purga permite que se elimine el aire del cilindro del actuador. Un actuador con un solo pistón flotante y con pasilla de freno actúa sobre el disco del freno como una prensa tipo C apretándose contra el mismo. La presión hidráulica empuja el pistón hacia afuera mientras oprime el actuador. Esta acción y reacción hace que las pastillas de freno se apliquen uniformemente contra ambos lados del rotor. El actuador se puede mover ligeramente hacia adentro o hacia afuera sobre espigas.

Cuando se aplican los frenos, el sello del pistón del actuador se distorsiona ligeramente. Al liberarse los frenos, el sello vuelve a su forma normal, al tiempo que retrae el pistón. Este jala las pastillas, alejándolas del rotor. Conforme se desgastan las balatas de freno, el pistón autoajusta la tolerancia entre pastillas del freno y rotor. Ello se debe a que el pistón se mueve ligeramente hacia afuera conforme las pastillas se desgastan.

#### Pastillas del freno de disco

Las pastillas del freno de disco consisten en una pastilla de fricción, ya sea remachada o pegada a una placa o zapata de metal. Las pastillas del freno están colocadas en el actuador de freno mediante grapas de montaje. Las balatas de la pastilla de freno están manufacturadas de compuestos orgánicos y metálicos. En las balatas orgánicas se utiliza asbesto y fibras sintéticas. Las balatas metálicas están fabricadas con metales sinterizados y fusionados juntos y libres de asbesto. Para alcanzar las especificaciones deseadas de fricción y vida de las balatas, se utilizan resinas y modificadores de fricción. Las pastillas metálicas soportan temperaturas mayores y son menos sensibles al desvanecimiento.

#### Sensores de desgaste

El objeto de los sensores de desgaste de las pastillas de freno es el de avisar al conductor que estas se han desgastado a su espesor mínimo y deben reemplazarse. El dispositivo consiste en una oreja de metal fija a la pastilla de freno: cuando la balata se desgasta totalmente, la oreja metálica raspa contra

el disco giratorio, causando un sonido o chirrido de suyo característico (Ilustración 15).



*Ilustración 15. Pastillas de frenos con sensores/ Google*

#### 1.6.7. Diseño y operación del freno de tambor

Los frenos de tambor se utilizan en las ruedas traseras de muchos automóviles, y funcionan con los mismos principios básicos que los frenos de disco. Una unidad de freno de tambor está formada de una placa soporte, un cilindro de rueda, zapatas y balatas, resortes retractiles, resortes sujetadores de las zapatas, de un mecanismo de ajuste automático y del tambor. Los siguientes componentes son típicos de una unidad de frenos de tambor.

##### Placa soporte

La placa soporte esta atornillada a la carcasa del eje, la placa del eje o al soporte de la flecha. Sobre una placa soporte están montados un cilindro hidráulico de rueda y dos zapatas de freno. También están fijadas a la placa soporte una o dos anclas de zapatas. El par de torsión de frenado se transmite del tambor de freno a las zapatas, a las anclas, a la placa soporte y, finalmente, a la carcasa del eje o a la suspensión.

##### Cilindro de rueda

- El cilindro de rueda esta atornillado a la placa soporte y está compuesta por un cilindro, un resorte expansor y tazas expansoras, las tazas de hule, pistones y botas guardapolvo. Se incluye un tornillo de purga en la carcasa. El resorte expansoras está colocado en el cilindro entre las dos tazas. Estas forman los sellos que impiden que el fluido de frenos pase

más allá de los pistones. El lado cóncavo de la taza mira de frente a la otra en el cilindro. En la parte exterior de las tazas de hule se ubican pistones de metal o plástico. Cuando los frenos no se aplican el resorte expansoras mantiene las tazas de hule separadas. Los expansoras de taza ayudan a mantener los labios de la taza de hule apoyados contra la superficie del cilindro. Una bota guardapolvo en cada extremo del cilindro lo protege contra el polvo y la humedad. Entre cada zapata de freno y pistón de cilindro de ruedas se encuentra un enlace de cilindro de rueda. Cuando se aplican los frenos, la presión hidráulica del cilindro maestro obliga a separarse a las dos tazas de pistón y a los pistones. Los pistones empujan contra los enlaces, obligando a las ensambles de zapata y balatas apretarse contra el tambor. Al liberar el freno, los resortes de retracción de zapatas las jalan del freno alejándolas del tambor. Las zapatas y los enlaces fuerzan los pistones otra vez hacia el interior de los cilindros de rueda. Se incluye un tornillo de purga para permitir la salida del aire del cilindro de rueda.

#### Zapatatas de freno

En el plato soporte se montan dos ensambles de zapatas y balatas de metal curvo. La base de la zapata proporciona la rigidez necesaria, en tanto que la plataforma proporciona donde fijar la balata del freno. Las balatas pueden fijarse mediante remaches hundidos o con pegamento. Los materiales de balatas pueden contener tanto fibras orgánicas como metálicas. Los resortes y espigas o chavetas de sujeción mantienen las zapatas contra las plataformas de zapata de la placa soporte (áreas planas sobre las cuales las zapatas se deslizan). Los resortes de retracción de las zapatas lejos del tambor cuando se suelta el pedal del freno. Un mecanismo automático de ajuste mantiene una tolerancia correcta entre la balata y el tambor.

#### Frenos de tambor dúo servo

El diseño de frenos dual servo utiliza una sola ancla cerca de la parte superior de la placa soporte, entre una disposición de zapatas de frenos primaria y secundaria. Las zapatas de freno tiene libertad para deslizarse sobre las plataformas de la placa soporte, y se auto centran en el tambor. Al frenar en movimiento hacia adelante, la par torsión e frenado se transmite del tambor a la zapata primaria, la zapata secundaria a través del ajustador, y de ahí al ancla. La zapata primaria normalmente tiene una balata más corta que la secundaria, ya que esta última lleva a cabo la mayor parte del frenado.

Cuando se aplican los frenos, el giro del tambor trata de hacer que la zapata primaria gire con él, obligándola a apretarse aún más contra el tambor. Ello se conoce como auto energización. La parte inferior de la zapata primaria empuja contra el ajustador y la zapata secundaria, haciendo que la zapata secundaria y su balata se aprieten muy fuerte contra el tambor. Ello se conoce como una

acción servo. El auto energización y la acción servo se combinan para hacer de este un diseño muy eficaz de freno de tambor.

#### Ajustadores de freno de tambor

Con el propósito de evitar arrastre entre la zapata y el tambor, se debe dejar una tolerancia entre estos cuando se liberan los frenos. En muchas aplicaciones se utiliza un ajustador de tipo tornillo con rodaja de estrella. El ajustador puede ser operado manualmente a fin de conseguir la tolerancia inicial. Se utiliza acoplamiento de ajustador, para proporcionar un ajuste de la tolerancia automática conforme se desgastan las balatas del freno. Cuando se ha desgastado suficientemente el recubrimiento, la zapata del freno se mueve lo necesario para dejar actuar al ajustador a través de un acoplamiento por cable o palanca

#### Tambores de frenos

Los tambores de frenos están montados sobre los pernos de la rueda entre la maza y la rueda. Proporcionan la superficie de fricción para las balatas y alojan los ensambles de las zapatas. La ceja del tambor está fabricada de acero de alto grado y la superficie de fricción de una aleación de acero fundido. Por lo general, el diámetro de seguridad máximo aparece estampado en el tambor. El tambor y la rueda giran como una sola unidad.

#### 1.6.8. Fluido de frenos

El fluido que se utiliza en el sistema hidráulico es de tipo especial. Solo deberá utilizarse un fluido de frenos de alta calidad (Ilustración 16).



Ilustración 16. Tipos de líquido de frenos/ Google

**PREAUCION:** los aceites minerales, aceite hidráulico, fluido de transmisión automática, fluido de la dirección hidráulica y otros aceites jamás deberán utilizarse en el sistema de frenos hidráulicos.

El fluido de frenos de alta calidad tiene varias características: capacidad de absorber humedad, por lo que nunca deberá dejarse destapado, ya que la atmosfera contiene humedad; punto de ebullición alto que evita su evaporación, lo que resultara en pérdida de eficacia en el frenado. En los sistemas actuales de frenos se necesita un punto de ebullición de 550°F (287.8°C) o más alto; no es corrosivo, mantiene su viscosidad; bajo punto de congelamiento; buena calidad de lubricación; se conserva estable durante mucho tiempo, y es compatible con otros fluidos de freno de alta calidad. El fluido de frenos debe mantenerse absolutamente limpio y en recipientes herméticos a fin de conservar su eficacia.

#### 1.6.9. Tuberías y mangueras de freno

Las tuberías de acero sin costura conducen el fluido desde el cilindro maestro al interruptor de la luz de advertencia de frenos, o a una válvula combinada. De ahí, tuberías de acero adicionales transportan el fluido a las aberturas de la rueda delantera y a la parte trasera de la carrocería. Se utilizan dos tipos extremos abocinados de tubería de acero: uno tiene el abocinado de doble labio y el otro es el abocinado ISO. Los conectores para ambos tipos también son de distinto diseño y nunca deberán mezclarse o intercambiarse. Se utilizan mangueras de freno en las ruedas delanteras y traseras con el fin de permitir que las tuberías se flexionen conforme la suspensión se mueve hacia arriba y hacia abajo y las ruedas giran a la derecha y a la izquierda.

### 1.6.10 Válvulas e interruptores de frenos

#### Interruptor de presión diferencial

Se utiliza un interruptor de luz de advertencia de freno en el sistema dual de frenado. Cuando en cualquier sistema se presenta una fuga hidráulica, en el momento de aplicar el pedal del freno, el interruptor detecta una diferencial de presión, completando el circuito eléctrico con la luz haciendo que se encienda. Esto advierte al conductor que el sistema de frenos necesita atención. En muchos automóviles una función adicional para esta misma luz de frenos, consiste en advertir al conductor que está puesto el freno de estacionamiento, y que debe ser liberado antes de iniciar la conducción.

#### Válvula medidora

Los automóviles equipados con frenos de disco con el sistema dividido delante/atrás, en acciones cuentan con una válvula medidora en el sistema hidráulico de frenos delanteros. Esto impide que se activen en tanto se aplican los frenos traseros a aproximadamente 90 a 180 psi (620.55 a 1241.1kPa). Dado que los frenos de disco delanteros no cuentan con resortes de regreso de zapatas para que los venza la presión hidráulica, su aplicación sería demasiado pronto y esto causaría pérdida de control direccional del vehículo.

#### Válvula de combinación

La válvula de combinación incluye el interruptor de luz de advertencia del freno, la válvula medidora y la válvula proporcionadora en una sola unidad. Muchos automóviles con el sistema dividido frente / atrás utilizan este tipo de válvula.

#### Válvula proporcionadora sensible

Una válvula proporcionadora de freno sensible a altura ha sustituido el lugar de la válvula proporcionadora de freno de relación fija. Esta válvula proporciona más presión de freno a los frenos traseros con un peso vehicular atrás aumentado, y menos presión de freno, con peso trasero reducido. Esto se lleva a cabo mediante la reacción de la válvula a cualquier variación de la suspensión trasera, como resultado de la modificación de la carga del vehículo a través de un enlace de conexión.

Se requieren cuatro conexiones de tubería de freno en la válvula proporcionadora de freno sensible a la altura. Una conexión es desde cada uno de los depósitos del cilindro maestro dual, y las otras dos se utilizan para transportar fluido de frenos a cada una de las conexiones de manguera de los frenos traseros, que salen de la válvula del freno.

#### Interruptor de advertencia del nivel del fluido de frenos

El depósito del cilindro maestro está equipado con un sistema de advertencia de bajo nivel de fluido de frenos. Cuando el nivel del fluido de frenos baja de cierto nivel, un flotador en el tapón de depósito cerrará el conjunto de contactos eléctricos, y completará el circuito de la luz de advertencia.

### Interruptor de la luz de frenos

El interruptor de la luz de los frenos es un sencillo interruptor mecánico de encendido/ apagado. Cuando se oprime el pedal del freno, el interruptor se activa, encendiendo las luces traseras del auto, como señal de que se está reduciendo la señal o deteniendo el vehículo. Al soltar el pedal el circuito se abre, lo que apaga las luces de freno.

#### 1.6.11. Frenos de estacionamiento

El freno de estacionamiento puede ser operado mediante un pedal o a través de una palanca manual. La palanca o el pedal operan un sistema de cable conectado con los frenos traseros que aplica en forma mecánica. Al oprimir el pedal el cable se estira y obliga a que las zapatas se aprieten contra el tambor o las pastillas contra el rotor. Algunos automóviles tienen un motor de vacío para liberar automáticamente el freno de estacionamiento en cuando el vehículo arranca. En los frenos de disco en las cuatro ruedas se utilizan dos tipos distintos de frenos de estacionamiento.

Algunos fabricantes utilizan un freno de estacionamiento del tipo de zapata expansoras y tambor internos. Para operar el freno de estacionamiento se utiliza el tipo normal de mecanismo de control del freno de estacionamiento. Esta unidad está formada de una placa respaldo, sobre la cual se montan dos zapatas, de forma similar a la disposición del freno de tambor dúo servo y de un tambor de freno, que forma parte integral del disco de freno. Se utiliza un ajustador de tipo tornillo para conseguir la tolerancia adecuada de la zapata al tambor.

### 1.7. SUSPENSION

En los automóviles de hoy en día se utilizan diversos diseños del sistema de suspensión. El sistema de suspensión funciona conjuntamente con el sistema de dirección, de frenos, ruedas, bastidor y carrocería para proporcionar una conducción segura y confortable y facilidad de manejo. Los sistemas de suspensión actuales son eficientes y confiables. La suspensión controlada por computadora proporciona mayor seguridad, mejora la calidad de la conducción y la facilidad de manejo.

#### 1.7.1. Funciones y componentes del sistema de suspensión

El sistema de suspensión lleva a cabo las funciones siguientes:

Soporta el peso de los pasajeros, carrocería, bastidor, motor y suspensión.

Amortigua la conducción del vehículo mediante la acción de resortes y amortiguadores.

Mantiene el contacto de las llantas con el camino, a pesar de irregularidades en la superficie del mismo.

Evita la inclinación o balanceo excesivo de la carrocería en virajes.

Evita una inclinación excesiva en la parte delantera durante el frenado.

Evita un asiento excesivo en la parte de atrás durante la aceleración.

Permite una acción de giro de las ruedas delanteras para la conducción.

Mantiene la relación entre carrocería y ruedas en correcta alineación

Los componentes principales, que se encuentran en todos los tipos de sistemas de suspensión, son los siguientes:

**Brazos de control:** conectan la articulación de la dirección, eje de la rueda o eje, con la carrocería o bastidor. Los brazos oscilan en ambos extremos, permitiendo movimiento hacia arriba y hacia abajo. Los extremos exteriores permiten acción oscilatoria para la conducción.

**Articulación de la dirección:** forma el eje muñón o eje de rueda para soporte del cojinete y de la rueda.

**Bujes de hule:** los bujes torsionales de hule permiten acción oscilatoria hacia arriba y hacia debajo de los brazos de control, ya que el hule se tuerce.

**Rotulas:** permiten acción oscilatoria en el extremo exterior de los brazos de control, para el movimiento de la suspensión hacia arriba y hacia abajo, y para la acción de viraje de la conducción.

**Resortes:** soportan el peso del vehículo. La flexión de los resortes en compresión y extensión permiten que las ruedas se muevan hacia arriba y hacia abajo para amortiguar la conducción.

**Amortiguadores:** amortiguan la acción de los resortes, impidiendo que la suspensión tenga una acción prolongada hacia arriba y hacia abajo. En la suspensión con pierna, el amortiguador forma parte de la pierna.

### 1.7.2. Tipos y componentes del sistema de suspensión

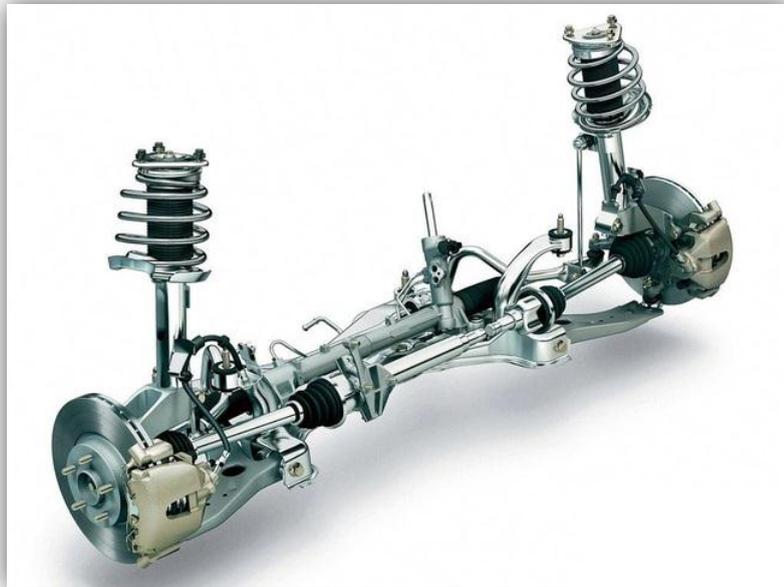
#### Suspensión independiente

En una suspensión independiente cada rueda está conectada al vehículo en forma separada de las demás. Ello permite que cada rueda se mueva hacia arriba y hacia abajo sin afectar demasiado la rueda del lado opuesto. Se puede utilizar una suspensión independiente en las cuatro ruedas, siendo esta la más popular hoy en día. Se utilizan diferentes diseños (Ilustración 17).

#### Suspensión no independiente

En una suspensión no independiente, las ruedas izquierda y derecha están conectadas el mismo eje sólido. Cuando una rueda se mueve hacia arriba o hacia abajo, hace que la rueda del lado opuesto se incline en su parte superior hacia afuera o hacia adentro. La suspensión dependiente es utilizada en la

parte trasera de algunos vehículos de tracción trasera y en la parte delantera en algunos vehículos de tracción en las cuatro ruedas



*Ilustración 17. Suspensión Independiente/ Google*

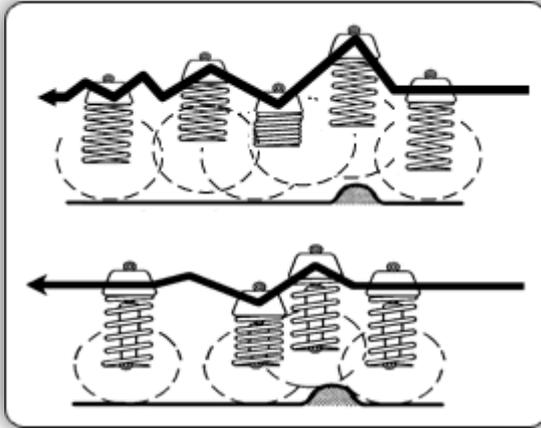
#### Suspensión semi-independiente

La suspensión semi-independiente se utiliza en la parte trasera de algunos vehículos de tracción delantera. Permite un movimiento independiente limitado de cada rueda, al impartir una acción de torsión al eje sólido de conexión.

#### 1.7.3. Operación del sistema de suspensión

##### Acción del resorte

Los resortes se comprimen (compresión) y se extienden (rebote) conforme la suspensión se mueve hacia arriba y hacia abajo. Cuando un resorte en espiral se comprime, se tuerce el metal en el resorte. Cuando el resorte se relaja, se extiende. Una barra de torsión se tuerce y destuerce en compresión y en rebote con el propósito de proporcionar acción de resorte. Una muelle de hojas se tuerce y regresa a su posición original conforme es comprimida y descargada. En un resorte de aire la acción de resorte la proporciona el aire al comprimirse y expandirse (Ilustración 18).



*Ilustración 18. Acción del resorte/ Google*

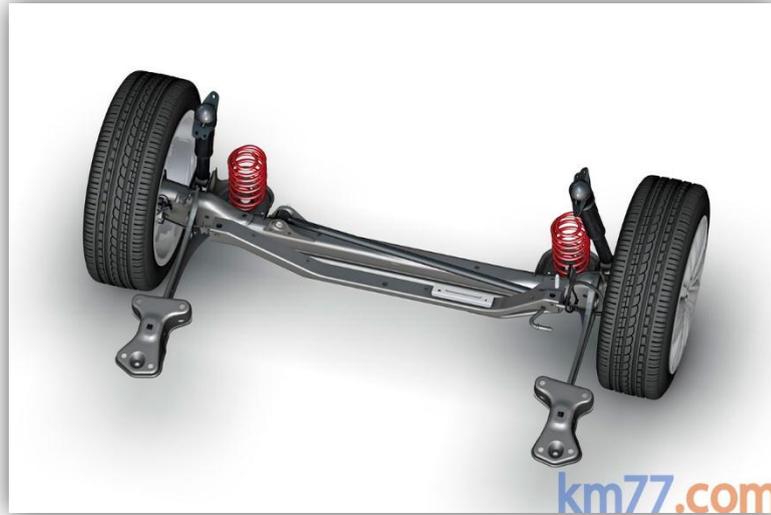
### Resorte en espiral

Los resortes en espiral son los que más se utilizan en los automóviles actuales. Se emplean tanto en sistemas de suspensión delantera como trasera. Un resorte espiral es una varilla de acero enrollada. La presión requerida para torcer la barra o comprimir el resorte es el coeficiente del resorte. El coeficiente de resorte se calcula para hacerlo compatible con cada vehículo; en algunos casos esto es distinto de derecha a izquierda. En otras palabras, el resorte debe estar pareado individualmente a cada vehículo.

Los resortes en espiral de coeficiente variable se utilizan a menudo, tanto en suspensiones delanteras como en traseras, proporcionando tasas distintas de compresión de resorte. Las suspensiones de pierna a menudo están en desuso. La parte central del resorte en espiral y el centro del amortiguador están desplazados uno de otro, para evitar interferencia entre el eje de la pierna y el del resorte, y también para reducir el esfuerzo de amarre aplicado al ensamble de la pierna.

### Resortes de barra de torsión

Las barras de torsión están fabricadas de acero para resorte, con tratamiento térmico. Permiten la deflexión de la suspensión mediante torsión. Un extremo de la barra está fijo al bastidor del vehículo, en tanto que el extremo opuesto está conectado al brazo de control inferior. Las barras de torsión pueden estar montadas longitudinal o transversalmente.



*Ilustración 19. Suspensión trasera con barra de torsión/ Google*

#### Coefficiente del resorte

Los resortes se clasifican en función de la deflexión bajo una carga dada. Esto se conoce como coeficiente del resorte. La ley de Hook indica que una fuerza aplicada a un resorte hará que este se comprima en proporción directa a la fuerza aplicada. Al retirarse esta fuerza, el resorte regresa a su posición original, si es que no ha sido sobrecargado. Por tanto, los vehículos más pesados requieren resortes más duros que los vehículos ligeros. Los resortes están diseñados para soportar en forma adecuada la carga del vehículo y proporcionar al mismo tiempo una conducción tan suave y blanda como sea posible.

#### Pesos suspendido y no suspendido

Todo el peso soportado por los resortes se conoce como un peso suspendido, en tanto que el peso de los componentes no soportados por los resortes se conoce como peso no suspendido. Mientras más baja sea la proporción de peso no suspendido en un vehículo, menor será la conducción. Las partes incluidas en el peso no suspendido son ruedas, eje trasero (pero siempre el diferencial), acoplamientos de la dirección y algunas otras partes de la suspensión. Los diferenciales delanteros y traseros en vehículos de tracción en las cuatro ruedas representan peso suspendido en algunos modelos y no suspendido en otros. Los vehículos de tracción delantera en dos ruedas utilizan un transeje en el cual, tanto la transmisión como el diferencial, se consideran como un peso suspendido.

### Hules de compresión y de rebote

Se fijan a la suspensión, defensas o topes de hule para evitar el contacto de metal con metal en los límites extremos del recorrido de la suspensión. Un tope de rebote limita la extensión del resorte; un tope de compresión limita la compresión del mismo

### Brazos de control

Son los acoplamientos que conectan la articulación de la dirección, la punta de flecha o el eje de la rueda con el bastidor o la carrocería. Los brazos de control “controlan” la posición de las ruedas en relación con el bastidor o la carrocería durante el movimiento hacia arriba o hacia debajo de las ruedas. Están fabricados de 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 adelante o hacia atrás. Los brazos de control anchos, de tipo A, controlan tanto la posición lateral como la posición hacia adelante o hacia atrás de la rueda (Ilustración 20).



*Ilustración 20. Brazo de control inferior/ Google*

### Bujes de brazos de control

Los bujes de los brazos de control están colocados a presión o atornillados en los extremos interiores de los brazos. Permiten el movimiento oscilatorio del brazo sobre el eje o sobre un perno fijo en los vestidos. La mayor parte de estos bujes son del tipo de hule torsional. Conforme el brazo se mueve hacia arriba o hacia abajo, se deforma el hule que hay entre las corazas de los bujes interiores y exteriores, eliminando la fricción entre las partes de metal.

## Rotulas

Las rotulas (Ilustración 21) proporcionan pivoteo o acción de bisagra para el movimiento vertical hacia arriba y hacia abajo o para el movimiento de giro de las ruedas delanteras. En suspensiones de un brazo largo y otro corto, en cada uno de los lados, una rotula actúa como carga, en tanto que la otra es libre. Cuando el resorte está montado sobre el brazo inferior, la rótula de carga es la inferior, pero cuando el resorte está montado sobre el brazo superior la de carga es la superior.

Cuando la carga tiende a extraer el perno de la bola fuera de la rótula, se conoce como una unión de rotula de tensión. Cuando la carga tiende a empujar el perno de bola al interior de la rótula, se conoce como rotula de compresión. Los pernos de las rotulas son cónico y se ajustan en perforaciones también cónicas de la articulación de la dirección. Sobre el perno se rosca una tuerca almenada, misma que se fija con una chaveta. Las rotulas están provistas de un conector de lubricación, o con un tapón, que puede ser desmontado para instalar un conector. La suspensión de pierna solo tiene una rotula y un brazo de control a cada lado. Esta rotulas no llevan carga.



Ilustración 21. Tipos de rotulas/ Google

### Varilla de tensión

La varilla de tensión impide que el extremo exterior de un brazo de control inferior angosto y con un solo buje se mueva hacia adelante o hacia atrás. Un extremo está fijo al bastidor y el otro al brazo de control en un ángulo de aproximadamente 45 ° en relación a este. Los bujes de hule en la parte delantera de la varilla de tensión proporcionan acción de pivoteo amortiguando los golpes en la varilla de tensión.

### Barra estabilizadora

La barra estabilizadora (o barra de balanceo) reduce el balanceo lateral de la carrocería y estabiliza la suspensión delantera o trasera. Es una barra amplia, en forma de U, con un extremo de la U fija a cada uno de los brazos de control inferiores a través o mediante montajes o eslabones de hule. La sección central de la U está fija al bastidor pudiendo girar en estos dos puntos. Está fabricada de acero de muelle, lo que le da elasticidad para deformarse y después regresar a su posición de equilibrio. Cuando el vehículo está sin movimiento, con ambas ruedas en el mismo nivel, no hay tensión sobre la barra. Cuando una rueda se ha levantado o bajado, el extremo opuesto de la barra sujeta por la otra rueda, hace que la barra se tuerza, ayudando por tanto a mantener el vehículo en una posición más nivelada de lo que resultaría de otra forma. Queda así reducido el balanceo o inclinación en viraje.

### Amortiguadores

Sin los amortiguadores, quedaría sin control la continua compresión y rebote (extensión) de resorte. Esto resultaría severo para el sistema de dirección y suspensión, además de que el vehículo sería difícil de manejar y poco estable. Los amortiguadores reducen el número y severidad de estas oscilaciones del resorte. Los amortiguadores defectuosos pueden causar la ruptura de los resortes.

Se montan entre el bastidor y la suspensión mediante ménsulas y bujes de hule. El amortiguador opera sobre la base del principio de forzar el paso de un fluido a través de aperturas restringidas (orificios) tanto en la compresión como en la extensión. El fluido es obligado a pasar de un compartimiento dentro del amortiguador a otro debido al movimiento de pistón y cilindro. La resistencia de rebote del amortiguador queda controlada por los orificios de las válvulas de extensión y compresión y por la fuerza del resorte de desvío. Cada uno de estos puede ser modificado en forma independiente, a fin de conseguir la resistencia deseada de amortiguación. Los amortiguadores se montan en forma vertical o en ángulo. El montaje en ángulo de los amortiguadores para mejorar la estabilidad lateral de los vehículos, los amortiguar el par de torsión de aceleración y frenado.

### Amortiguadores de gas

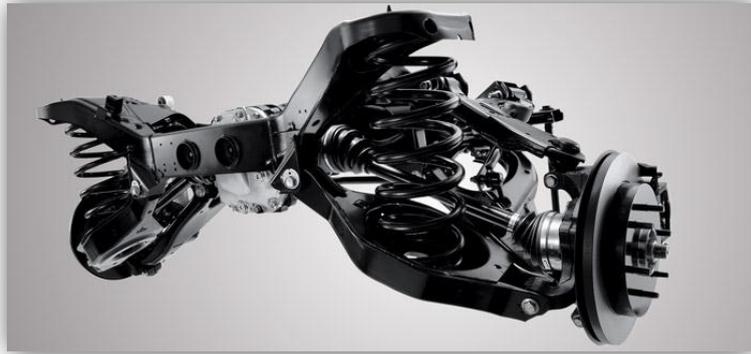
Los amortiguadores de gas funcionan bajo los mismos principios hidráulicos que los demás amortiguadores. Una cámara en el amortiguador esta cargada de nitrógeno, el cual mantiene una presión constante sobre el aceite que hay en el amortiguador, a fin de evitar la aireación del fluido durante los rápidos movimientos de la suspensión. El rendimiento del amortiguador mejora cuando no existen burbujas de aires en el fluido.

### 1.7.3. Sistemas de suspensión delantera

A través de los años se han utilizado diversos sistemas de suspensión delantera. El mas común es la suspensión de pierna independiente. Otros sistemas de suspensión delantera incluyen el de pierna modificada, el de brazo largo y corto, el de viga gemela en la suspensión de eje solido, tanto en vehículos de tracción delantera como trasera.

#### Suspensión de brazo largo y corto

La suspensión de brazo largo y corto tiene en cada rueda un brazo de control superior y un brazo de control inferior. Estos brazos están fijos al bastidor en el extremo interior del brazo mediante bujes que permiten movimientos verticales de los extremos exteriores de los brazos. Estos extremos exteriores están fijos, mediante rotulas, a una articulación de la dirección. La rotulas permiten que la punta de la flecha de la rueda se mueva hacia arriba y hacia abajo, así como girar tanto ala derecha como a la izquierda. El brazo de control superior es mas corto que el inferior. Esta desigualdad de longitud de brazos hace que la parte superior de la rueda se mueva hacia adentro y hacia afuera con el movimiento de la suspensión, impidiendo que la llanta resbale o roce lateralmente en la parte inferior, donde esta en contacto con la superficie del camino. Cada rueda puede moverse hacia arriba y hacia abajo en forma independiente. Con la suspensión delantera independiente se utilizan resortes en espiral o barras de torsión. En la suspensión de brazo largo y corto, el resorte en espiral pudiera colocarse entre el bastidor y el brazo de control inferior o parte superior del brazo de control superior (Ilustración 22).



*Ilustración 22. Suspensión de tijera corta y tijera larga/ Google*

#### 1.7.4. Sistemas de suspensión traseros

Los sistemas de suspensión trasera funcionan en forma muy similar a los de la suspensión delantera. En los sistemas de dirección en las cuatro ruedas también deben permitir la acción de dirección en todas las ruedas. Los sistemas de suspensión trasera en automóviles de tracción delantera incluyen suspensión de pierna independiente, suspensión no independiente de eje solida, suspensión semi independiente de torsión de brazos colgantes, suspensión de eje solido de brazos colgantes, suspensión independiente de multivarillas, suspensión independiente de formas A colgantes, suspensión independiente de formas A transversas.

#### 1.7.5 Características relacionadas con la suspensión

El diseño del sistema de suspensión determina una diversidad de características relacionadas con la suspensión, que afectan el manejo y el control del vehículo. Están incluyen la distancia entre las ruedas, el ancho de pista, el radio de giro, el centro instantáneo, el deslizamiento lateral, el subviraje y el sobre viraje.

##### Batalla o distancia entre ruedas

La distancia entre ruedas de un vehículo es la distancia entre el centro de giro exacto de la rueda delantera y el centro de giro exacto de la trasera (en el mismo lado del vehículo y con las ruedas en posición de conducción hacia adelante). La distancia entre las ruedas de un vehículo tiene efecto sobre su radio de giro.

En general, una mayor distancia hace que un automóvil tenga una mejor conducción teniendo todos los demás factores iguales. Esto se debe a que los sistemas de suspensión y dirección tienen más tiempo para recuperarse de los

efectos provocados por obstáculos o hundimientos del camino, desde el instante en que las ruedas delanteras pasan sobre el obstáculo, hasta que las traseras pasan sobre el mismo. En general, mientras mayor es la distancia entre ruedas, más grande será el radio de giro requerido para hacer girar al vehículo.

La distancia entre ruedas pudiera no ser exactamente la misma de un lado del vehículo que del otro, debido a las tolerancias permitidas en la producción, y por los diferentes ajustes del ángulo de comba en las ruedas delanteras. Se permite una diferencia máxima de aproximadamente  $\frac{1}{4}$  de pulgada (6.35mm) o según especificación del fabricante.

Cualquier daño en el sistema de suspensión de adelante o de atrás, por desgaste o distorsión, puede modificar la distancia entre ruedas del vehículo, afectando la dirección y el manejo. La distancia entre las ruedas la determina el fabricante.

#### Ancho de pista

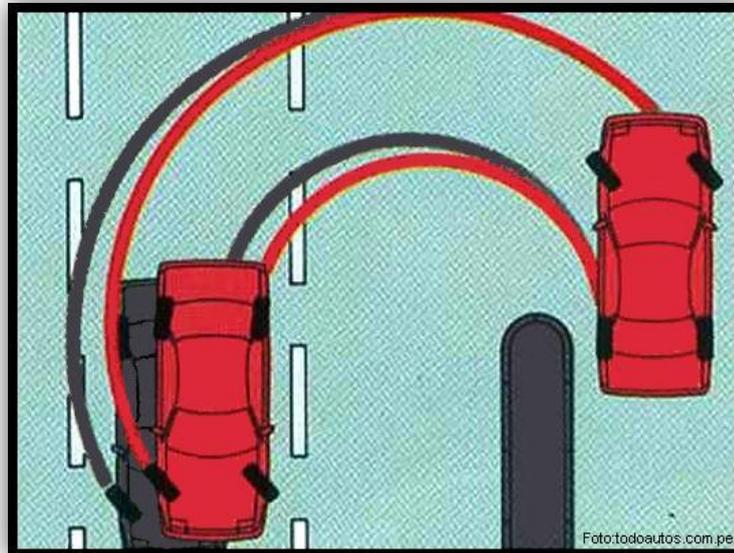
El ancho de pista de un vehículo es la distancia entre el centro exacto de una llanta, donde entra en contacto con la superficie del camino, y el mismo punto de la llanta opuesta del otro lado del vehículo. En algunos automóviles el ancho de pista de las ruedas delanteras con relación a las traseras puede ser el mismo, aunque en otros puede ser distinto en la parte delantera en comparación con la trasera. Cualquier daño a los componentes de la suspensión afectará el ancho de pista y por tanto el manejo del vehículo.

#### Radio de giro

El radio de giro es la distancia entre el punto donde el eje proyectado de la línea de pivoteo de la dirección entra en contacto con el camino y el contacto efectivo de la llanta sobre el camino ( Ilustración 23). Queda determinado por el ángulo de inclinación del eje de la dirección (SAI) y el ángulo de inclinación de la rueda del vehículo. Si el punto de contacto de la línea de pivoteo del eje de la dirección queda dentro del punto de contacto real de la llanta, se conoce como radio de giro positivo. Por el contrario, si el mismo punto de contacto queda por fuera del punto real de contacto de la llanta, se conoce como radio de giro negativo. Por otra parte, si el punto de contacto de la línea de pivoteo del eje de la dirección y el punto de contacto real de la llanta se cruzan en la superficie del camino, resultaría en un radio de giro cero. Esto, desde luego, ni es deseable ni es práctico.

Tanto los diseños de radio de giro positivo como de giro negativo proporcionan un centro de giro, que permite que la llanta gire alrededor del punto de contacto de la línea de pivoteo durante la dirección. Ello reduce la cantidad de contorsión y distorsión de la llanta durante la dirección, en comparación con un radio de giro cero. Una cantidad excesiva de radio de giro, sin embargo, aumentaría el esfuerzo de la dirección, así como los efectos de los golpes del

camino sobre los sistemas de dirección y de suspensión. Un buen ejemplo de un radio de giro positivo aumentado es la utilización de ruedas desplazadas para captar llantas mas anchas de lo convencional.



*Ilustración 23. Radio de giro de un vehículo/ Google*

Un radio de giro positivo es la tendencia de hacer girar la rueda hacia afuera (divergencia positiva), o sea divergencia durante la conducción y durante el frenado en las ruedas delanteras no motrices. En los vehículos de tracción delantera el efecto es la tendencia a hacer girar la rueda hacia adentro durante la conducción, y hacia afuera durante el frenado. El efecto de un radio de giro negativo es la tendencia de hacer girar la rueda hacia adentro durante el frenado. Este efecto se utiliza para compensar el desequilibrio de frenos producido por una falla de un sistema hidráulico dividido diagonalmente. Un radio negativo de giro también tiende a hacer girar la rueda hacia afuera durante la aplicación del par motor (conducción) en vehículos de tracción delantera.

Los fabricantes de automóviles escogen diseños de radio de giro que proporcionan características óptimas de manejo, calidad de conducción y alargamiento de vida de las llantas y demás componentes del sistema de dirección y suspensión, en concordancia con otros factores de diseño del vehículo. El radio de giro se afecta por la altura y el peso de la carrocería, el ajuste de la inclinación de la rueda, la inclinación del eje de la dirección, el diámetro de la rueda, y el desplazamiento de la superficie de montaje de la llanta con el rin.

### Centro instantáneo

El ángulo de los brazos de control superior e inferior en la posición de equilibrio del vehículo (altura y peso) determina el centro instantáneo del diseño de la suspensión del vehículo. Cuando los puntos internos del pivote de los brazos de control superior e inferior están más cerca entre sí que los pivotes exteriores (rotulas), el centro instantáneo se ubica en el interior del vehículo. Y, cuando los pivotes exteriores están más cerca que los interiores, el centro instantáneo se ubica fuera del vehículo. Algunos sistemas de suspensión de brazo corto y largo pertenecen al primer diseño, en tanto que el último diseño se utiliza en otros modelos.

La longitud y ángulo proporcional de los brazos determina la cantidad y el tipo de cambio de inclinación de la rueda y la cantidad de deslizamiento lateral que ocurrirá durante la compresión y rebote de la suspensión. Cuando el vehículo está en viraje, la rueda externa queda colocada en posición de compresión, en tanto la rueda interna en posición de rebote, producto de la transferencia de peso causada por la fuerza centrífuga (inclinación de la carrocería).

En el diseño con centro instantáneo por afuera del vehículo, la rueda externa tendrá un ángulo de inclinación (camber) positivo y negativo la interna. Se puede pensar que esto reduce contacto de la llanta con el camino, y por tanto reduce el buen manejo en el viraje.

Ahora bien, en el diseño con el centro instantáneo en el interior del vehículo, la tendencia durante un viraje es provocar un ángulo de inclinación de rueda (camber) negativo en la rueda exterior y positivo en la rueda interior. Esto tiende a mantener un buen contacto de la llanta con el camino y, por tanto, un buen control del vehículo.

El centro instantáneo de la suspensión de pierna MacPherson tiende a provocar un ángulo de inclinación de rueda (camber) negativo en la rueda externa y positivo en la rueda interna, cuando el vehículo está en viraje. En este tipo de suspensión, el centro instantáneo queda determinado por la longitud y el ángulo del brazo de control inferior, y por longitud y ángulo del ensamble de la pierna.

El eje único sólido en viga I, durante la compresión y el rebote, provoca poco cambio de ángulo de inclinación de rueda (camber) y relativamente poco deslizamiento lateral. Esto se debe al hecho de que hay un arco de radio grande producido por el movimiento de la rueda hacia arriba y hacia abajo. Los ejes de vigas I gemelas tienen un cambio de deslizamiento lateral y de camber un poco aumentado debido al radio reducido del arco de recorrido de la rueda causado por el hecho de que el punto de giro está más cerca a la misma.

### Deslizamiento lateral

La cantidad de deslizamiento lateral o arrastre de la llanta sobre la superficie del camino, es el resultado del cambio de ángulo de inclinación de rueda

(camber) conforme la suspensión se mueve durante la compresión y el rebote. El deslizamiento lateral representa un factor de desgaste de la llanta.

El objetivo del diseño es llegar a un término medio entre los efectos de más y menos deslizamiento lateral. Si la única consideración fuera el desgaste de la llanta, lo mejor sería un deslizamiento lateral cero. Sin embargo, una limitada cantidad de deslizamiento lateral ayuda a amortiguar la acción de la suspensión por las irregularidades en la superficie del camino.

El diseño de la suspensión determina la cantidad de arrastre o deslizamiento lateral de la llanta. Esto depende, en la suspensión de brazo largo y corto, de la longitud relativa y el ángulo de los brazos de control, y en la suspensión de tipo pierna, en la longitud relativa y ángulo del brazo de control y pierna.

#### Subviraje y sobreviraje

Subviraje y sobreviraje son términos utilizados para describir la diferencia entre la dirección en la cual apuntan las ruedas delanteras y la dirección real del movimiento del vehículo durante un viraje.

Subviraje es la condición en la cual el vehículo es capaz de girar menos de lo indicado por la posición de giro de las ruedas delanteras. Sobreviraje es la condición en la cual el vehículo hace un giro más agudo que lo indicado por la posición de giro de las ruedas delanteras.

Los factores que afectan el grado de conducción en un vehículo son el diseño del mismo, la velocidad, la inclinación de la carrocería, y la capacidad de las llantas de adherirse a la superficie del camino. El técnico automotriz tiene una mayor responsabilidad respecto a este último factor.

Los factores que afectan la capacidad de la llanta a adherirse a la superficie y conseguir un equilibrio de adherencia entre las cuatro llantas, son el tamaño y el tipo correcto de la llanta en las cuatro ruedas, la correcta presión de inflado en todas las llantas, y el estado del sistema de la suspensión incluyendo altura y peso en vacío. Sin embargo, el factor de la velocidad del vehículo es responsabilidad del conductor: deberá tomar en consideración el estado y la superficie del camino, las condiciones de tránsito y los límites máximos permitidos de velocidad para determinar la velocidad correcta del vehículo.

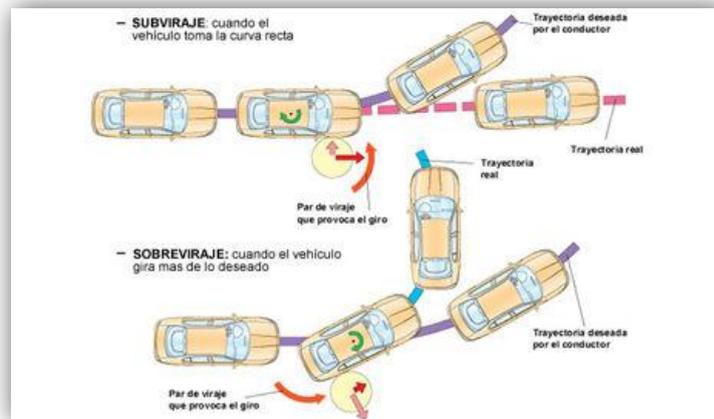


Ilustración 24. Subviraje y sobreviraje en un vehículo/ Google

### Inclinación al frenar y asentamiento al acelerar

La inclinación al frenar es el resultado del desplazamiento del peso hacia adelante y la compresión resultante de los resortes delanteros y la extensión de los traseros. La severidad de asentamiento al frenar depende de la velocidad de desaceleración, del peso del vehículo, y del diseño del sistema de suspensión, incluyendo el apalancamiento de la tensión del resorte y del sistema de suspensión.

El asentamiento al acelerar es el resultado del par motor aplicado a las ruedas motrices, reaccionando sobre el cuerpo del vehículo a través del sistema de suspensión. El apalancamiento a través del sistema de suspensión durante la aceleración, tiende a levantar la parte delantera del automóvil y comprimir los resortes traseros. Cualquiera que haya observado carreras de arrancones o carreras de autos de exhibición (funny cars) reconocerá esta acción. El par motor aplicado, la tensión de los resortes y el apalancamiento del sistema de suspensión afectan el grado de asentamiento en la aceleración, y el levantamiento frontal producido.

### Inclinación de la carrocería

La inclinación de la carrocería es la tendencia del vehículo a inclinarse en un viraje hacia el lado exterior. La inclinación de la carrocería es producto de la velocidad, el peso del vehículo, el grado de giro, el centro de gravedad del vehículo, la tensión de los resortes de suspensión y el diseño del sistema de suspensión. Se utilizan barras estabilizadoras para reducir la inclinación de la carrocería en los virajes. Un centro de gravedad alto aumenta la inclinación. Los resortes suaves se comprimen más en el lado externo de un viraje que los resortes duros. La totalidad del sistema de suspensión es un término medio entre la necesidad de un vehículo estable y el deseo de una conducción confortable.

## 1.8. CARROCERIA

Una carrocería autoportante o monocasco (Ilustración 25) integra en un único conjunto las funciones estructurales de resistencia y de la carrocería. Este diseño se empezó a popularizar desde que en 1930 lo usara Citroen en sus vehículos, aunque su incorporación ha sido gradual, aplicándose inicialmente a turismos ligeros para llegar en la actualidad a incluirse en la practica totalidad de los turismos, en numerosos vehículos industriales ligeros y en algunos todoterreno.

Se basa en el concepto de que todos los elementos del vehículo soporten las sollicitaciones a las que esta sometido. En los diseños modernos los vehículos se componen de diversos conjuntos o subchasis en los que se montan los diferentes mecanismos. El objetivo es minimizar problemas tales como ruidos o vibraciones al incluir elementos de conexión aislante. Esto es lo que se conoce como construcción semiintegral y fue introducida hacia 1950 por Daimler-Benz en Alemania.

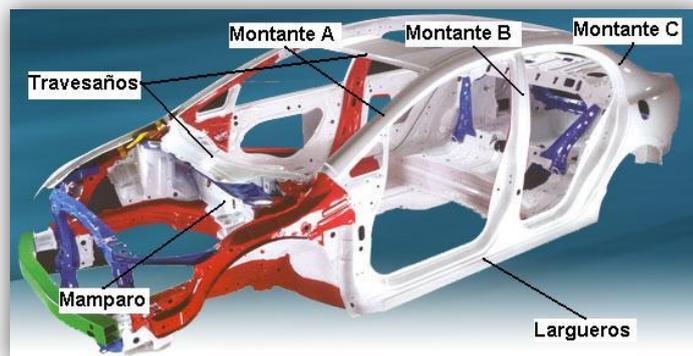


Ilustración 25. Carrocería autoportante/ Google

En la practica, la caroceria o cuerpo de un turismo se construye mediante chapas conformadas que se unen por medio de soldadura por puntos o colas estructurales. Los diferentes elementos resistentes que componen la carrocería suelen estar formados por cuerpos huecos, es decir, secciones cerradas de paredes delgadas, chapas y elemtos de refuerzo que dotan al vehículos de las características mecánicas adecuadas. El conjunto deberá poseer una rigidez tal que se asegure el correcto posicionamiento de todos los elementos que soporta, aun admitiendo que aparecerán deformaciones elásticas en el conjunto.

El estudio mecanico del conjunto deberá incluir el análisis de las frecuencias y modos de vibración de la estructura y elementos enlazados, con el objeto de evitar o mitigar, en la medida de lo posible, los efectos de resonancia. Otros

efectos importantes a tener en cuenta seraserán derivados de la fatiga de los materiales debido a las acciones tanto aleatorias como alternativas que sufrirá el vehículo a lo largo de su vida útil.

Otro condicionante que deberá tener en cuenta el diseño del cuerpo del vehículo será el relativo a la seguridad pasiva y los posibles efectos de choques o colisiones en caso de accidente. Los diseños deberán asegurar un correcto direccionamiento de las energías presentes para minimizar los riesgos de lesión tanto en los ocupantes como de elementos externos (baja agresividad). Como complemento a o anteriormente mencionado, debe asegurarse una reparabilidad adecuada de los elementos susceptibles de sufrir daños en pequeños impactos, como parachoques, faros, molduras... así como la capacidad de reciclado de los materiales constitutivos.

La estructura del vehículo, sin tener en cuenta las puertas, se puede considerar dividida más o menos en tres partes diferenciadas: la estructura inferior, los elementos laterales y el techo. La estructura inferior es un vago recuerdo del bastidor de los vehículos no autoportantes y soporta las mayores sollicitaciones. Suele estar formada por largueros longitudinales a ambos lados del vehículo, travesaños y chapas conformadas para incrementar la resistencia del conjunto. En vehículos con motor delantero y tracción trasera, esa estructura dejara paso a los elementos de la transmisión y del puente trasero mediante túneles y alojamientos adecuados. Sobre la estructura inferior se acoplan paneles, más o menos verticales, que delimitaran los diferentes volúmenes del vehículo, separando los compartimientos destinados al grupo motopropulsor, pasajeros y carga. Además, incorpora los pasos de rueda y los anclajes de elementos como suspensión y dirección o subchasis completos, tanto traseros como delanteros.

Los elementos laterales están formados esencialmente por unos anillos que reciben el nombre de montantes, hasta un total de tres o cuatro, denominados comúnmente por letras. El montante A será el que incluye el parabrisas delantero, el B el que se sitúa entre las puertas delanteras y traseras y el C el que se sitúa inmediatamente por detrás de la carrocería familiar, los denominados station wagon, aparece un cuarto montante o anillo en la parte posterior del vehículo, incluyendo la luna o parabrisas trasero. Estos montantes son vigas, elementos tubulares, vigas cerradas o cajón, que se enlazan en la base y estructura del techo del vehículo por medio de uniones reforzadas y compuestas. Esta estructura se completa con las aletas y pasos de rueda, así como con otros elementos externos. La estructura superior conforma el techo del vehículo, estando constituida por una gran chapa y elementos resistentes, tanto longitudinales como transversales.

#### Ventajas

La construcción integral, frente a las disposiciones tradicionales de bastidor y carrocería independiente, presenta diversas ventajas, como son una mayor

rigidez de la estructura para el mismo peso, posibilidad de optimización del habitáculo, mayor seguridad en el caso de colisión y una construcción más económica. La mayor rigidez se basa en la desaparición de los enlaces elásticos entre bastidor y carrocería, con lo que se consigue que los elementos de cubierta aporten mejoras estructurales al conjunto. Esta mayor rigidez lleva asociada un mejor comportamiento a fatiga y durabilidad de los elementos resistentes, ya que disminuyen las deformaciones y el efecto de las vibraciones.

Las estructuras del habitáculo son debidas a la posibilidad de disponer de soluciones estructurales más adaptadas a las necesidades de los pasajeros. Al no existir un bastidor con travesaños, se puede incrementar la altura útil tanto en las plazas delanteras como en las traseras. Además, estas estructuras integrales permiten adecuar el diseño de comportamiento en caso de impacto. Se permite un diseño con zonas de deformación programada, en las que las energías de una colisión o choque se disipan como plastificación de elementos determinados, que no produzcan daños a los ocupantes. A su vez, el habitáculo se concibe como una célula bastante indeformable que preserve un espacio de supervivencia en el que se limiten las incursiones de elementos tanto del propio vehículo como externos, incluso en el caso de vuelco. Es de destacar, como ventaja adicional, el abarcamiento en los costos de producción que suponen estas topologías debido a la posibilidad de una fabricación y ensamble mecanizados.

#### Inconvenientes

Como desventajas se pueden citar problemas derivados de algunos ruidos y vibraciones que son inevitables, junto con una corrosión prematura de la estructura. Los problemas de ruidos y vibraciones aparecen especialmente debido a trepidaciones en paneles y a la rumorosidad de la rodadura. Las soluciones que se adoptan son hacer rígidos los anclajes en incrementar las frecuencias naturales de vibración de estos elementos, así como optar por estructuras semi integrales con elementos intermedios de aislamiento.

Las ventajas de reducción del peso conseguidas por la utilización de estructuras de paredes delgadas presentan el problema mencionado de sufrir con mayor virulencia los efectos de la corrosión que estructuras formadas por elementos de mayor espesor. Esto obliga a un diseño que proteja las partes críticas y a emplear tratamientos posteriores de protección adicional anticorrosión.

#### Características mecánicas y resistentes

La construcción integral de la carrocería que permite obtener una rigidez, necesaria para elevar las frecuencias propias de vibración. En caso de aparecer frecuencias naturales bajas, y de que estén próximas a las provenientes de las masas no suspendidas y/o semisuspendidas, se pueden producir acoplamientos indeseables y efectos de resonancia. La elevada

rigidez, además, asegurara el correcto posicionamiento y alineación de los puntos de anclaje de los sistemas de suspensión delanteros y traseros, lo que permite asegurar un correcto control del vehículo optimizando la capacidad de guiado y mejorando la seguridad activa del mismo. Esa elevada resistencia permitirá evitar faltas de acoplamiento entre las puertas y portones con la estructura del vehículo y mantendrá adecuadamente los sellamientos y las juntas de estanqueidad del conjunto. La estructura resistente del vehículo deberá ser capaz de dar una respuesta adecuada a solicitaciones combinadas de cargas, tanto estáticas como dinámicas, entre las que cabe citar:

Cargas verticales: provienen de las acciones de la gravedad, producen flexión del conjunto de la estructura y tracción/compresión en los puntos de anclaje de las suspensiones.

Cargas laterales: aparecen por acciones dinámicas en curva y por acciones aerodinámicas.

Cargas de torsión: producen el alabeo de la estructura ante acciones asimétricas como son el paso por irregularidades en la calzada (bache o elevación).

## 2. MODIFICACIONES EN LOS SISTEMAS DE CONTROL Y SEGURIDAD DEL AUTOMOVIL PARA COMPETENCIA

### 2.1. SUSPENSION

#### 2.1.1. Consejos para el montaje de los amortiguadores para conducción deportiva

Se debe instalar los amortiguadores en parejas, no se debe instalar de manera individual; se puede instalar solo adelante o solo atrás pero siempre en parejas. Si es posible se debe instalar los amortiguadores de la misma marca y tipo en el vehículo. Se recomienda el uso de muelles de suspensión más cortos y resistentes. Se recomienda el uso de barras de torsión más resistentes. Se debe verificar que los componentes de la suspensión se encuentren en buen estado y en lo posible reforzarlos con materiales más duros, por ejemplo reemplazar los bujes de caucho de las mesas por bujes de poliuretano termoplástico. Se debe alinear el vehículo después de haber realizado la instalación de los amortiguadores.



*Ilustración 26. Amortiguador de competencia*

### 2.1.3. Elementos internos de un amortiguador que mejoran su desempeño

#### Válvula de control de disco para amortiguadores hidráulicos

Esta válvula controla la resistencia del amortiguador a bajas velocidades del pistón. Provee un flujo consistente de fluido del aceite interno. El beneficio que ofrece esta válvula al amortiguador es aumentar la comodidad y eficiencia en un amortiguador hidráulico durante un manejo normal; y mejorar el tiempo de trabajo del amortiguador durante un manejo severo.

#### Cabeza de compresión

Es una válvula de resorte que se encuentra en la parte inferior del amortiguador hidráulico. Su función es permitir que el aceite pase del cilindro exterior al cilindro interior y viceversa dependiendo de la carrera en que se encuentre el pistón del amortiguador de una manera mucho más controlada y regulada. Su beneficio es el de brindar mucha más durabilidad al amortiguador y mejorar su eficiencia cuando el aceite comience a calentarse dentro del amortiguador. También disminuye la probabilidad de falla del amortiguador cuando sufre esfuerzos mayores.

#### Sello hidráulico del pistón del amortiguador

El pistón del amortiguador tiene sello hidráulico que a diferencia de un sello normal, su material es caucho de nitrilo, este le ayuda a un mejor sellado sobre marcados cambios de temperatura en el interior del pistón. Un sello hidráulico obliga al aceite a pasar a través de la válvula de precisión en lugar de que el aceite pase alrededor de esta.

Su beneficio es que el aceite pueda ser dirigido con más precisión dentro del amortiguador reduciendo el aumento de temperatura logrando al final que la eficiencia del amortiguador mejore y ayudando al control y manejo del vehículo.

Vástago cromado con micro poros y altamente pulido

Proporciona una mayor durabilidad. Su superficie es más suave y proporciona lubricación adicional lo que mejora el sello hermético mejorando la durabilidad del amortiguador.

#### 2.1.4. Modificaciones a los amortiguadores hidráulicos de serie para aumentar su desempeño

En la actualidad se puede realizar modificaciones a los amortiguadores de serie hidráulicos para mejorar su eficiencia y endurecerlos con el fin de obtener los resultados deseados en una carrera. Ya que su componente principal es un aceite hidráulico, se puede variar la densidad del mismo haciéndolo un poco más pesado, logrando que su dureza aumente.

El problema que genera este tipo de modificación, es que la vida del amortiguador se ve afectada, pero a diferencia de los altos costos del resto de amortiguadores especiales, esta modificación puede resultar muy aceptable cuando la conducción del vehículo también es apropiada para cuidar la suspensión aumentando el rendimiento de los amortiguadores.

#### 2.1.5. Muelles de la suspensión



Ilustración 27. Muelles deportivos para suspensión/ Google

Los muelles de la suspensión (Ilustración 27) o también llamados espirales de la suspensión, deben ser reemplazados por muelles cuyas espiras sean más gruesas y/o que tenga mayor número de espiras. Con esto se logra aumentar la resistencia de la suspensión a los golpes y aumentar la estabilidad del vehículo en saltos y en curvas a altas velocidades.

Cuando un resorte o muelle de la suspensión es muy largo, el vehículo aumenta su centro de gravedad lo que produce mayor inestabilidad a altas

velocidades y afecta al control del vehículo en curvas y saltos, por lo que es necesario instalar muelles más cortos y reforzados. Hay que tomar en cuenta que este cambio en la suspensión va a afectar al confort del vehículo. La cantidad que se pueden comprimir los muelles se va a determinar dependiendo del grado de capacidad y de la medida de los muelles. Por ejemplo un muelle de grado 100 libras por pulgada va a comprimirse 1 pulgada cuando se le aplique 100 libras de peso.

Mientras más alto sea el grado de capacidad del muelle, más dura será la suspensión, y más carga se le podrá aplicar al vehículo. Hay que tomar en cuenta que la carga no solo es la carga en peso muerto sobre el vehículo; sino también es la carga de transferencia de peso cuando en una curva el peso del vehículo se transfiere al lado opuesto de la curva o en el frenado, cuando el peso se transfiere en dirección de la línea de conducción, sea hacia adelante o hacia atrás. Hay dos tipos de muelles de suspensión que se utilizan: Los muelles progresivos y los muelles lineales, cada uno con su diseño propio. Los muelles progresivos ofrecen una resistencia determinada según su grado de compresión y están diseñados para dar confort al vehículo y al mismo tiempo ayudar en la conducción resistiendo una carga mediana sea de peso muerto o de transferencia de peso a velocidad. No son muy utilizados en vehículos de competencia

Los muelles lineales están diseñados para adaptarse a suspensiones con amortiguadores regulables. Su capacidad o grado de carga es mayor y proveen un mejor agarre a los neumáticos con el suelo, por lo que son más utilizados en los vehículos de competencia.

#### 2.1.6. Mesas de la suspensión

Las mesas de la suspensión deben ser reforzadas con placas de acero dadas forma y soldadas a la mesa con suelda MIG. También se debe soldar varillas de acero junto a las nervaduras de las mesas para reforzar las mismas y aumentar su resistencia a los esfuerzos en una carrera. Los bujes de caucho de las mesas deben ser reemplazados por bujes de poliuretano termoplástico para dar mayor resistencia y dureza a la suspensión. La finalidad de endurecer una suspensión es la de mantener la mayor cantidad de tiempo posible los neumáticos en contacto con el suelo. Cuando una suspensión se endurece, la respuesta del control del vehículo es inmediata y la tracción es, de igual manera, mejor aprovechada. El problema es que no se obtiene una mayor absorción de las irregularidades del camino por lo que el confort en el vehículo es mínimo.

#### 2.1.7. Barras estabilizadoras

Las barras estabilizadoras deben ser instaladas tanto en la suspensión delantera como en la suspensión posterior del vehículo. Dichas barras pueden ser elaboradas de acero o de aluminio. El objetivo de las barras estabilizadoras es el de conectar las suspensiones de ambos lados para que cuando un amortiguador se comprima o se extienda, la barra estabilizadora refleje dicha acción en el amortiguador del lado opuesto para nivelar las fuerzas ejercidas y eliminar el desbalance y el bamboleo del vehículo para mantener lo más estable posible al vehículo especialmente en las curvas. Cuanta más gruesa sea la barra más resistencia y estabilidad puede ofrecer. Se debe tomar en cuenta que hay que buscar un punto medio de rigidez, ya que no es necesaria una rigidez total en el vehículo, más bien se busca una rigidez con la cual se pueda maniobrar y controlar mejor el vehículo pero al mismo tiempo se necesita de flexibilidad del vehículo para evitar un desgaste o rotura del mismo.



*Ilustración 28. Barra estabilizadora/ Google*

Una barra estabilizadora ayuda principalmente a mantener la horizontalidad del vehículo en una curva; por ejemplo si se curva a la derecha, el vehículo tiende a flejar hacia el lado opuesto por transferencia de pesos, lo que provoca que la carrocería del vehículo sufra desgaste prematuro bajo circunstancias severas; lo que se logra con la barra estabilizadora es reducir el nivel que el vehículo fleja.

#### 2.1.8. Barras de torsión

Son barras de acero reforzado que ejercen resistencia al torque o al giro propio. Están acopladas en uno de sus extremos al chasis o al compacto del vehículo y en otro de sus extremos a la mesa o brazo de la suspensión. En sus extremos se puede encontrar estriados que ayudan a fijar a la barra con la mesa o brazo de suspensión y con el chasis o compacto del vehículo.

### 2.1.9. Procedimientos para mejorar el sistema de suspensión

#### La convergencia

La convergencia (Ilustración 29) es el ángulo formado por los planos medios de las ruedas con el eje longitudinal del vehículo. Existe dos tipos de convergencia la convergencia negativa y la convergencia positiva. En el caso de la convergencia positiva, los planos medios de las ruedas tienden a juntarse, y en el caso de la convergencia negativa, los planos medios de las ruedas tienden a separarse; esto también se conoce como divergencia. En el caso de los automóviles de tracción delantera se necesita de un ángulo divergente, es decir que su convergencia sea negativa debido a la tracción que el motor aplica sobre las ruedas, lo que hace que las ruedas motrices tiendan a converger el momento de traccionar. Lo que se desea lograr al dar un ángulo de convergencia a las ruedas, es que cuando el vehículo esté en movimiento, las ruedas se alineen en paralelo con el eje longitudinal del vehículo. De igual manera el ángulo de convergencia está directamente relacionado con el ángulo de caída, para lo cual se debe considerar que si se aumenta el ángulo de caída se debe aumentar el ángulo de convergencia positiva y si se reduce la caída, se debe aumentar el ángulo de convergencia negativa o divergencia.

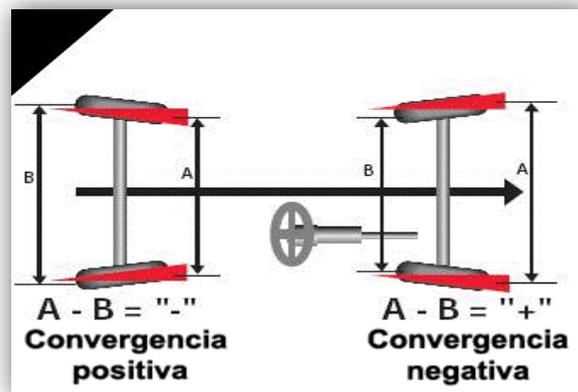


Ilustración 29. Tipos de convergencia/ Google

#### La caída

La caída se la denomina al ángulo que tiene relación entre la perpendicularidad de los neumáticos con el plano horizontal del suelo. Existe de igual manera que los ángulos de convergencia, dos tipos de ángulos de caída; la caída positiva y la caída negativa.

La caída positiva es aquella en donde el ángulo del neumático en relación al plano horizontal del suelo es abierto; mientras que la caída negativa es aquella en donde el ángulo del neumático en relación al plano horizontal del suelo es cerrado.

## 2.2. DIRECCION

No es muy común la preparación del mecanismo de dirección en sí de un vehículo de competencia. Se toma en cuenta los refuerzos a las barras, columnas y brazos de dirección. Si el vehículo tiene dirección hidráulica en muchos de los casos es preferible suspenderla, ya que afecta a la sensibilidad del conductor el momento de manejar el vehículo a altas velocidades y condiciones severas.

Lo que se toma mucho en cuenta es el reemplazo del volante de la dirección ya que el volante original de un vehículo es delgado y se necesita de un volante un poco más grueso y de un diámetro mayor por las siguientes razones: Se necesita que el volante sea más ancho para poder aplicar más fuerza en las manos ya que se puede empuñar más superficie del volante con la mano. Se necesita que el diámetro del volante sea mayor, ya que al tener mayor distancia del centro del volante a sus extremos se puede girar el volante aplicando menos fuerza en los brazos. Una modificación adicional que se puede aplicar en la dirección, es la instalación de un "Quick Release" .Lo que se logra con esto es poder retirar rápidamente el volante de su eje para comodidad al entrar o salir del vehículo.

Los bujes y cauchos de la dirección también se los puede mejorar al cambiar su material de caucho por materiales de poliuretano termoplástico al igual que los bujes de la suspensión. El único objetivo de realizar este cambio es el de aumentar la resistencia de los bujes y mejorar la sensibilidad de la dirección. Como contra efecto vamos a tener menor absorción de vibraciones y golpes lo que puede llegar a ocasionar molestias y cansancio en el piloto.

## 2.3. FRENOS

La gran mayoría de marcas de vehículos fabricados utilizan para la construcción de sus automóviles, partes y componentes de menor costo con el fin de hacer competitivo el precio del mismo en el mercado en que se comercializa. Esto significa que los frenos, a pesar de ser un sistema vital para la seguridad del automóvil, son una compilación de partes y elementos fabricados a bajo costo por compañías encaminadas a ello.

Los fabricantes de vehículos someten dichas partes del sistema a estándares estrictos de calidad para soportar las características estándar del vehículo de serie vendido, es por esta razón que al modificar sus características como peso, potencia, torque, aerodinámica y propósito del automotor; existen fabricantes especializados en partes de reemplazo que ofrecen mayores prestaciones en cuanto a calidad, durabilidad y desempeño para todas las partes del sistema en diferentes marcas, modelos y aplicaciones. Esto le permite al sistema de frenos ofrecer las siguientes mejoras al automóvil: Mejor

rendimiento en situaciones adversas, mayor fiabilidad y durabilidad de sus partes. Reducir el tiempo y distancias de frenado, aumento en la seguridad activa y pasiva del vehículo. Las modificaciones a realizar en el sistema de frenos dependen directamente del propósito que tendrá el vehículo, peso, potencia y características; o se puede realizar con la meta de mejorar el nivel de seguridad del vehículo y su reacción ante un frenado de emergencia. En otras palabras, cuando se trata de modificar un vehículo para competencia, aminorar el tiempo y distancia que se requieren para detenerlo es de gran importancia. Por ello es vital la modificación del sistema de frenos a un mayor nivel.

#### 2.3.1. Modificaciones del sistema de frenos

Los sistemas de freno instalados de fábrica en los vehículos de serie están diseñados para una rutina de manejo de ciudad y carretera bajo límites de velocidad establecidos y un uso rutinario de transportación solamente. Por ello, al someter a un vehículo de serie a una competencia, reduciendo su peso, aumentando su potencia y cambiando completamente el terreno sobre el que va a recorrer y las condiciones de manejo del mismo, es necesario mejorar el sistema de frenos con el fin de que soporte ese aumento de cargas al que estará expuesto. Algo muy común cuando de sistemas de frenos se trata es el recalentamiento de los elementos del mismo. Esto se debe a que el sistema de frenos absorbe energía cinética que se transforma en calor por efectos de fricción, reduciendo la efectividad del frenado sustancialmente y ocasionando que sea más difícil detener o disminuir la velocidad del vehículo. Las modificaciones que se hacen en el sistema están encaminadas a disipar dicho calor generado en el momento del frenado de una forma más eficiente y rápida que el sistema original.

Las partes del sistema de frenos que se utilizan para este propósito están diseñadas bajo este concepto y permiten en conjunto obtener un mejor desempeño y comportamiento al frenar el vehículo. Todas las variables de la competencia para la que se utilice el sistema de frenos modificado deben ser tomadas en cuenta al momento de su diseño para un dimensionamiento exacto del mismo con el fin de obtener la mejor relación de costo-beneficio del sistema.

#### 2.3.2. Mordazas de freno

Entre las modificaciones del sistema de frenos encontramos el mejoramiento de las mordazas que alojan a las pastillas de freno. Un vehículo de competencia requiere de mordazas de mayor tamaño y resistencia para soportar todas las cargas que se generaran sobre ellas en el momento del frenado.

El sistema de frenos de disco fue originalmente diseñado para vehículos de competencia por su desplazamiento a grandes velocidades y necesidad de realizar frenados bruscos para detenerse rápidamente. Inicialmente los vehículos de competencia disponían solamente de sistemas de freno de

tambor, dando como resultado innumerables salidas de pista y accidentes debido a la pérdida de eficacia de los frenos a altas temperaturas. Los frenos de disco al instalarse en vehículos de competencia, da como resultado mejor ventilación de los componentes del sistema y por ende menor fatiga de los mismos; reduciendo la pérdida de eficacia del sistema por las altas temperaturas. Con el tiempo, este sistema de frenos de disco se implementó en vehículos de serie no necesariamente orientados para competencias ni altas velocidades, con el propósito de mejorar las distancias de frenado y, por ende la seguridad activa y pasiva del vehículo y sus ocupantes.

Sin embargo, los automóviles deportivos y de competencia siguen siendo el fuerte de la innovación en los sistemas de freno de disco. Las variaciones de diseño que van surgiendo para las mordazas son con el objetivo de proporcionar cada vez más un frenado seguro y eficiente.

Existen ciertas limitaciones en cuanto a la capacidad del sistema de frenos y específicamente las mordazas de cumplir su función primordial de detener el vehículo cuando se requiere. Esto se debe a que los mismos pueden fácilmente llegar a detener las ruedas del vehículo, más movimiento y energía cinética acumulada. La razón es que el vehículo gira sobre sus neumáticos y su adherencia al suelo depende también de la suspensión y otros elementos que influyen directamente sobre el frenado.

Entendiéndolo de esta forma conocemos que el sistema de frenos posee un punto límite de eficiencia el cual, al ser sobrepasado, no ofrece ninguna ventaja extra en su eficiencia de frenado, solamente en sus prestaciones y durabilidad.

Las mejoras en las mordazas de los frenos que comúnmente se realizan son las siguientes: mordazas de gran tamaño, la parte de la mordaza que genera la acción de frenado es el pistón de freno empujado por líquido hidráulico proveniente de la bomba de freno. Mientras mayor es el diámetro del pistón de empuje de la pastilla de freno en la mordaza, mayor será la fuerza de empuje que ejerce sobre la pastilla de freno con el propósito de detener el disco de freno. Bajo este principio se modifican las mordazas para hacerlas de mayor tamaño y ofrecer los beneficios mencionados anteriormente en un grado proporcional al incremento de fuerzas que tendrá que vencer el sistema en el momento del frenado. Mordazas multipistón: La mayoría de mordazas de freno instaladas en vehículos de serie poseen un solo pistón para el empuje de ambas pastillas de freno contra el disco. Este sistema funciona por medio de una mordaza flotante que empuja directamente la pastilla que se encuentra frente al pistón, y a la otra pastilla es presionada por la mordaza flotante mediante su cuerpo. Existen también mordazas estándar en vehículos de mayor tamaño con dos pistones anidados paralelamente con el fin de aumentar la fuerza de empuje sobre las pastillas de freno. Un mayor número de pistones en la mordaza de freno colocados opuestos ofrece a más de una fuerza de empuje sobre las pastillas de freno muy superior a la utilizada generalmente, mayor estabilidad de la pastilla bajo carga de frenado y un empuje mejor distribuido sobre toda la superficie de la pastilla de freno. Esto nos brinda un

sinnúmero de beneficios en cuanto a desempeño, durabilidad y seguridad. Existen además, mordazas de cuatro, seis y hasta doce pistones cada una; todas diseñadas con el único propósito de ofrecer una mayor eficiencia del sistema de frenos y seguridad del vehículo.

#### Menor retención de calor

Al detenerse el vehículo por medio del sistema de frenos, toda la energía de movimiento se convierte en calor, toda la fricción generada por las pastillas de frenos en la mordaza provoca el calentamiento de los componentes del sistema de frenos. Esta elevación de temperatura compromete paulatinamente la eficiencia del sistema y la seguridad del vehículo al desplazarse a alta velocidad. Es por ello que se rediseñan las mordazas de frenos con el fin de disipar de mejor forma el calor generado y retener la menor cantidad posible del mismo en su cuerpo. Para esto se han implementado distintos materiales y formas para la construcción de las mordazas de freno, ofreciendo una mejor transferencia de calor y reducción de la carga sobre los componentes del sistema que genera la elevada temperatura.

#### 2.3.3. Mordazas de pistones con diámetro diferencial

Al calentarse la superficie del disco de freno, la fuerza de empuje del pistón de la mordaza sobre la pastilla debe incrementarse con el objeto de obtener un mejor frenado. Si la mordaza está constituida de varios pistones para dicha misión, el calor generado al inicio de la pastilla de freno por la presión ejercida en el pistón va a ser mayor que en el resto del cuerpo de la pastilla y consecuentemente de la mordaza y pistones anidados. Por esta razón en sistemas de freno avanzados se encuentran pistones de diferente diámetro en paralelo, siendo los más cercanos al disco en movimiento los de menor tamaño. La diferencia de diámetros en todos los pistones de una misma mordaza es proporcional y simétrico en ambos lados, garantizando un comportamiento similar y balanceado en su accionamiento hidráulico.

Todas las modificaciones de las mordazas de freno incrementan la capacidad de frenado del sistema en general. En vehículos livianos de competencia que generalmente no alcanzan velocidades muy altas, el aumento de la capacidad de las mordazas no es estrictamente necesario; a diferencia de vehículos grandes y más potentes que regularmente se desplazan a velocidades muy altas y pueden necesitar el beneficio extra que ofrecen las mordazas de alto rendimiento.

#### 2.3.4. Discos de frenos

Las modificaciones al diseño y estructura de los discos de freno se realizan principalmente con el propósito de aumentar la superficie de frenado del mismo y mejorar la dispersión de calor, así como también asegurar su resistencia ante las cargas. Existen tres grandes tipos de modificaciones para los discos de freno del automóvil. En algunos casos pueden existir

modificaciones que conjugan dos o más tipos de mejoras dependiendo de la aplicación en las que serán utilizados los discos de freno.

#### Discos ventilados

Los discos de freno ventilados (Ilustración 30) poseen ranuras de ventilación en su extremo entre ambas caras del disco o superficies de frenado. Estas ranuras re circulan el aire que ingresa en ellas y lo expulsan al medio ambiente mientras el vehículo se desplaza. Esto permite una mejor disipación de calor, reducción de la temperatura del disco de freno y consecuentemente una mejor eficacia del sistema de frenos bajo cualquier régimen.



*Ilustración 30. Discos ventilados/ Google*

#### Discos perforados

Como el nombre lo indica, poseen agujeros taladrados en la superficie de frenado de los mismos para una mejor ventilación y desfogue de las partículas expulsadas de las pastillas de freno. Por más contradictoria que pueda sonar esta técnica ya que se reduce la superficie de frenado por los orificios existentes y su estructura se debilita al comprometer su forma, existen varias razones por las que su uso mejora el desempeño de los discos de freno. La reducción de calor es la más importante de ellas. Cuando la pastilla de freno es presionada contra el disco y lo obliga a frenarse, la fricción en la superficie de frenado del mismo genera calor. Si este calor no se disipa correctamente, la temperatura de los discos de freno y pastillas empieza a aumentar hasta llegar al punto de reducir la eficacia de los frenos.

Otra razón por la que dichos agujeros en los discos incrementan su desempeño en competencia es la dispersión de gas. El compuesto de algunos tipos de pastillas de freno emite al calentarse la pastilla, gas que se anida entre la superficie de frenado del disco y la pastilla, reduciendo notoriamente la eficiencia del frenado. El agua en el sistema es otra razón primordial por la que este tipo de discos de freno es más eficiente. Al desplazarse el vehículo en

ambiente de lluvia, o por terreno con alto contenido de agua, el disco de freno se moja, dificultando la función de las pastillas de freno de detenerlo. Un disco de freno con perforaciones desaloja fácilmente calor, gas y agua de su superficie de frenado. Esto da como resultado un disco de freno más eficiente y fiable bajo cualquier condición extrema en la que se desplace el vehículo.

Un punto en contra de este tipo de discos es que las perforaciones en su superficie tienden a debilitar estructuralmente su cuerpo, reduciendo su vida útil y haciéndolos más vulnerables a resquebrajamientos y ruptura. Es por ello que generalmente se usan en diámetros y ancho mayor a los originales, y generalmente con mordazas de frenos diseñadas para una correcta armonía del sistema de frenos en sí.

#### Discos de freno ranurados

Este tipo de discos de alto rendimiento poseen ranuras de adentro hacia afuera dispuestas en toda la superficie de frenado, con el objetivo de desalojar gas, calor y agua fuera de la superficie de frenado. Estas ranuras se encuentran maquinadas en la superficie a manera de canales de riego que expulsan de una forma segura partículas no deseadas de la superficie de frenado. Los discos de freno ranurados son los más populares en las competencias de automóviles pues su diseño tolera mayores cargas y resistencia ante condiciones adversas. A diferencia de los discos de freno perforados, al no comprometer en gran magnitud la estructura del cuerpo del disco, su duración y fiabilidad son mayores y proporcionan un mejor desempeño del sistema de frenos. No obstante, su aplicación tiene una fuerte debilidad, el uso de discos de freno ranurados desgasta de forma muy rápida las pastillas del freno del automóvil debido a la disposición de sus ranuras en toda la superficie.

#### Discos de freno de alto rendimiento

Siendo su construcción muy débil para vehículos sometidos a competencias extremas o netamente de pista, en la gran mayoría de modificaciones de sistemas de freno, los discos perforados ofrecen el incremento de desempeño necesario para el vehículo y soportan sin inconveniente las cargas a las que son sometidos.

Sin embargo, para vehículos de muy alto rendimiento, los discos de freno de elección son los mixtos. La conjugación de las ranuras, perforaciones y cuerpo ventilado ofrecen el mayor desempeño posible del disco de freno. El desgaste prematuro de las pastillas de freno en estos vehículos generalmente no es un tema de mayor importancia pues gran parte de veces, se utilizan pastillas de freno de fibra de carbono o cerámica que ya por sí ofrecen una durabilidad muy baja.

### 2.3.5. Pastillas de frenos

Las pastillas de freno fueron inicialmente fabricadas con asbesto como material principal de fricción debido a que absorbe y disipa eficientemente el calor generado por la fricción en el momento del frenado. Lamentablemente, este material genera polvo peligroso para la salud del ser humano; de manera que su uso en carreteras y ciudades sería tóxico y mortal para sus habitantes. Es por ello que las pastillas de freno de alto rendimiento más utilizadas son las basadas en materiales orgánicos, cerámicos y metálicos.

#### Pastillas de frenos orgánicas

Están fabricadas por materiales basados en el caucho y vidrio, así como resinas que pueden tolerar altas temperaturas. Son adheridas a su base metálica por medio de calor. El Kevlar también es utilizado en este tipo de pastillas de freno como material base. Una gran ventaja de las pastillas de freno orgánicas es que están compuestas de materiales que no contaminan el medio ambiente y son fáciles de dispersar. Su compuesto es suave, lo que proporciona un frenado silencioso y más eficiente. Una desventaja es que su vida útil se ve reducida por el tipo de compuesto del que es fabricado, y su desgaste genera más polvo y residuos dispersados al ambiente que las pastillas de freno originales. Su utilización es más común en sistemas de freno instalados en vehículos livianos y de rendimiento medio por el tipo de compuesto, no siendo recomendadas para velocidades extremas o vehículos de mayor peso.

#### Pastillas de frenos cerámicas

Están compuestas principalmente de fibras cerámicas y en poca cantidad de fibras de cobre. Por su compuesto cerámico, son muy tolerantes a las altas temperaturas, incluso después de repetidas frenadas bruscas. Los residuos en polvo o partículas despedidas en el momento del frenado son sustancialmente bajas, y no se adhieren al resto de componentes del vehículo por ser más este compuesto más liviano. Las pastillas de freno cerámicas son excelentes para sistemas de freno de alto rendimiento en todo tipo de vehículos y aplicaciones. Disipan calor muy eficientemente y su desgaste es medio ante cualquier tipo de conducción. Su desventaja es el costo elevado por la complejidad de su fabricación y costo de sus materiales, lo que limita su aplicación y disponibilidad en el mercado. En competencias de nivel medio y vehículos de rendimiento medio, los expertos consideran que el alto costo de estas pastillas no es acorde al incremento en el rendimiento que proporcionan al sistema en promedio.

#### Pastillas de frenos metálicas

Son las más utilizadas actualmente como equipo original para los vehículos por su costo y durabilidad. Las pastillas de freno metálicas están compuestas en su mayoría de hierro, cobre, acero y grafito, fundidos juntos para constituir el material de fricción de la pastilla de freno. Este tipo de pastillas proveen un buen desempeño en el frenado y disipan el calor generado de una forma eficiente. Su peso es alto en comparación a otras y su compuesto es semi-

duro, por ello no son recomendadas para vehículos de muy alto rendimiento. Su aplicación es ideal para vehículos de competencia media o modificados. Su desventaja es que al ser fabricadas de compuesto semi-duro, desgastan prematuramente los discos de freno y otras partes del sistema. Además ofrecen un frenado eficiente cuando están calientes, en temperaturas bajas pierden en gran parte su eficacia, aumentando las distancias de frenado y reduciendo su confiabilidad.

### 2.3.6. Modificación del sistema de frenos de tambor

Es mucho más eficiente encontrar un sistema de conversión de frenos de tambor a disco para los frenos posteriores, no obstante, en caso de modificar un sistema de frenos de tambor; las modificaciones van dirigidas al tambor, mecanismo de accionamiento y zapatas directamente; con el solo objetivo de disipar el calor más eficientemente y mejorar las propiedades del sistema.

#### Tambor de freno

Los tambores son modificados o rediseñados para mejorar la disipación de calor desde la parte interna de su cuerpo hacia el ambiente. En ciertos diseños llegan a reducir de 80 a 90 °C la temperatura máxima de funcionamiento del tambor, esto significa una reducción del 50% de la temperatura que alcanzan los tambores regulares en el sistema de frenos. Esto mejora sustancialmente el factor de desgaste de las zapatas, así como también la vida útil del tambor, cilindros y mecanismo de accionamiento del freno; ofreciendo un mejor desempeño del sistema y resistencia a la carga en exceso que soportara bajo el nuevo régimen de manejo del vehículo.

#### Zapatas de freno

Las zapatas de freno se fabrican en base a materiales cerámicos con el propósito de disminuir la generación de calor por fricción en el frenado. Su factor de fricción es hasta 2 veces mayor al de la zapatas convencionales utilizadas como equipo original en el vehículo. Además, soportan mayores temperaturas sin disminuir su rendimiento y poder de frenado, y son menos perjudiciales para la vida útil del tambor. Reduciendo la presión necesaria en el pedal para una aplicación mayor del freno. Son una solución para el problema de calentamiento del sistema de frenos de tambor, sin embargo su costo es elevado y requieren en la mayor parte de casos de una configuración tambor zapatas para su correcto desempeño.

#### Cilindros de frenos

Los cilindros de freno estándar se reemplazan por cilindros de mayor diámetro y rango de presión. Esto incrementa el volumen de llenado de los cilindros y consecuentemente la presión de empuje de las zapatas de freno sobre el tambor. Generalmente se requiere mejorar la capacidad de la bomba principal de frenos para esta modificación y su complejidad de aplicación la hace una opción no muy utilizada en la actualidad.

#### Mecanismos de frenos

El incremento de fuerza de empuje de los cilindros de freno de alto volumen debe ser equilibrado con un juego de resortes que regrese a la zapata de freno

a su posición original. Para este propósito se modifica la dureza de los resortes de retroceso de los frenos y se garantiza de esta manera la liberación del freno al soltar el pedal. La vida útil de las zapatas también se incrementa con esta modificación.

Existe además una modificación diseñada para fortalecer el sistema de frenos de tambor. Una placa de apoyo se coloca como soporte adicional para garantizar el movimiento controlado de las zapatas de freno. Estas al encontrarse bajo grandes cargas y por el diseño del mecanismo de accionamiento tienden a desplazarse fuera del eje de pivotamiento y muchas veces llegan a desmontarse por si solas ocasionando daños al sistema. Esta placa de apoyo limita el descentramiento de las zapatas en referencia al eje de la rueda bajo grandes cargas, permitiendo un movimiento uniforme de las zapatas bajo cualquier situación de frenado y eliminando la posibilidad del desprendimiento de las mismas del mecanismo de accionamiento, y por ende los daños que puedan ser ocasionados en el sistema.

Finalmente, se puede modificar los reguladores de holgura de las zapatas para reducir los intervalos de servicio del sistema de frenos. Los reguladores convencionales requieren que se ajuste la holgura entre zapatas y tambor permanentemente; estas modificaciones consisten en un mecanismo de regulación automático que compensa su ajuste en base al desgaste de las zapatas mientras es accionado el freno. Este sistema asegura un frenado óptimo durante todo el tiempo transcurrido entre cada servicio e incrementa el desempeño del sistema de frenos de tambor.

### 2.3.7. Conversión de tambor a disco

La modificación más común para el sistema original de frenos de un vehículo liviano es el remplazo de los tambores posteriores por discos. Las desventajas de los frenos de tambor que requieren servicio regular, se deterioran fácilmente por el calor, y ofrecen un desempeño muy bajo cuando se trata de vehículos que serán convertidos en máquinas de alto rendimiento.

La conversión del sistema de frenos de tambor a disco se la realiza estrictamente con el propósito de obtener un mayor desempeño en el frenado. Existen juegos ya fabricados para esta finalidad o se puede encontrar partes de remplazo que puedan ser acopladas y adaptadas en el sistema para convertir los frenos de tambor a discos. Se debe tener muy en cuenta el mecanismo que se utilizara para el accionamiento del freno de mano, y la proporcionalidad adelante-atrás de la fuerza de frenado que se desee aplicar. Existen válvulas diseñadas para regular este equilibrio o se lo puede hacer mediante acoples manuales.

El freno de mano en dichos casos, puede ser por medio de un juego de zapatas en el interior del disco provisto de un tambor interno, comandadas por un cable solidario a la palanca o pedal del freno de mano. También se puede implementar una mordaza extra, instalada sobre la brida de sujeción de la rueda provista de pastillas de freno, comandadas de igual forma por el cable

del freno de mano. Se debe tener en cuenta siempre el propósito para el cual se desea modificar el sistema y vehículo en general. La meta es dimensionar el sistema de acuerdo a la función que deberá cumplir; no realizar modificaciones que no sean necesarias y tener muy en cuenta que su costo debe estar acorde a los beneficios del mismo.

#### 2.3.8. Bomba de freno

Existen modificaciones que se pueden realizar a la bomba principal de frenos cuando se desea mejorar el desempeño del sistema. El reemplazo a una de mayor capacidad en cuanto a volumen de líquido de frenos almacenado, mejor disposición, mayor calidad y durabilidad son las características que se buscan cuando se trata de este componente del sistema de frenos. Existen cilindros maestros de alto volumen, fabricados en aluminio troquelado a alta presión para un menor peso y resistencia elevada, que almacenan hasta un 50% más volumen de líquido que los utilizados como equipo estándar para diferentes aplicaciones. Este incremento en la cantidad de líquido de frenos, permite un sistema funcionando más frío y asegura la absorción del mismo en situaciones extremas de movimiento y desgaste de pastillas de freno en recorridos prolongados; así como también la posibilidad de utilización de cilindros de freno de mayor cubicaje tanto en mordazas como tambores de las ruedas. El interior del cilindro de la bomba de frenos es terminado con un proceso de micro pulido que garantiza un acabado libre de porosidades, incrementando la vida útil de los sellos de los émbolos y permitiendo el manejo de mayores presiones del líquido de frenos sin ocasionar fugas al exterior. Además los resortes de los émbolos de la bomba son endurecidos para asegurar un retorno rápido y eficaz al soltar el pedal de freno, reduciendo el tiempo perdido de frenado y facilitando el proceso de purga del sistema.

#### 2.3.9. Líneas de freno

Cuando se incrementa la potencia y desempeño de un vehículo, se debe pensar en mejorar el sistema de frenos de igual forma. Después de todo, mayor potencia y velocidad significa mayor necesidad de detener el vehículo en menor tiempo y distancia. Generalmente las mejoras en el sistema de frenos más comunes son en los discos, pastillas y mordazas de freno; sin tomar en cuenta que se puede obtener un gran cambio en el desempeño del sistema utilizando líneas o cañerías de freno de mejores características.

Líneas de freno de acero



*Ilustración 31. Líneas de freno en acero inoxidable/ Google*

Las líneas de freno pueden ser fabricadas de una infinidad de materiales, siendo una de las opciones más utilizada entre diseñadores de vehículos de competencia y todo terreno el acero. Este material base proporciona infinidad de ventajas.

En terrenos accidentados, de grava o lodo, se requieren líneas de freno resistentes a cualquier golpe o rozamiento que puedan sufrir contra objetos despedidos por las ruedas al rodar el vehículo. Las líneas de freno estándar pueden ser dañadas fácilmente por una piedra u objeto en el camino, llevando a una ruptura de la misma y consecuentemente la pérdida del frenado del vehículo. Su dureza proporciona además leve flexibilidad ante la presión y depresión a la que están expuestas por el líquido de frenos que circula en el interior de ellas. En altas temperaturas, las líneas originales de goma se vuelven más flexibles, reduciendo la respuesta de frenado y por ende la eficacia del sistema en general. Las líneas de acero no flexan con el calor y ofrecen una respuesta de frenado óptima bajo cualquier situación de manejo y medio ambiente, incrementando la fiabilidad y desempeño del sistema.

La desventaja de este tipo de líneas es que por ser de metal, están expuestas a corrosión y resquebrajamiento al igual que todas las partes del sistema de freno metálicas. Su dureza y poca flexibilidad también es un inconveniente pues se debe revisar las uniones más a menudo, con el propósito de buscar grietas o resquebrajamiento ocasionados por vibraciones y puntos de sobrecarga.

#### Líneas de freno reforzadas

Las líneas de freno de acero reforzadas están encaminadas a solucionar las desventajas de las líneas de acero sólidas. Están fabricadas de goma en su interior, recubiertas por una línea de acero cocida flexible que limita la expansión de la goma sin quitarle flexibilidad y movimiento.

Estas líneas eliminan los puntos de tensión en las uniones, al tiempo que protegen la expansión de la línea de goma en altas temperaturas por efectos de la presión del líquido. Esto da como resultado una línea de freno flexible pero rígida en su estructura, que garantiza la presión de frenado; y ofrece un desempeño óptimo a cualquier temperatura superando la seguridad estándar del sistema de frenos.

Además, este tipo de líneas poseen una apariencia innovadora que le da un toque estético al compartimiento del motor del vehículo, al mismo tiempo que su eficacia es mayor al equipo originalmente instalado. Su única desventaja es que al estar encapsulada la línea de freno de goma, es difícil encontrar a simple vista fugas en el sistema. Esto aminora los tiempos entre cada servicio del sistema de frenos y representa un punto más que debe ser revisado periódicamente en el automóvil.

Líneas de freno de alto rendimiento

Las líneas de acero reforzado son una muy buena opción cuando se requiere mejorar esta parte del sistema de frenos. Su flexibilidad y firmeza características las han convertido en la opción más utilizada para este propósito en la actualidad. No obstante, podemos encontrar líneas de materiales como fibra de carbono, Kevlar y Teflón que ofrecen mayor dureza, durabilidad y alto desempeño, obteniendo generalmente resultados no acordes con el incremento de precio de las mismas, y que para la mayoría de sistemas de freno modificados no son necesarias. Es muy importante tener en cuenta siempre para qué tipo de competencia será utilizado el sistema de frenos y el vehículo en el cual se montara, solo con ello se puede dictaminar las partes que se deben reemplazar y el tipo que se deberán usar, para asegurar el buen frenado del vehículo ante cualquier régimen.

#### 2.3.10. Líquido de frenos

El líquido de frenos ideal para un sistema de frenos de alto rendimiento deberá principalmente soportar altas temperaturas sin evaporarse, lubricar internamente las partes del sistema y protegerlas de oxidación; de ello depende la transmisión de la fuerza generada en el pedal de freno desde la bomba hasta las mordazas o tambores. Su equilibrada consistencia influirá directamente en el accionamiento de los pistones de freno que iniciaran el proceso de frenado del vehículo. Su ebullición ocasionaría pérdida en la presión del sistema y consecuentemente un frenado ineficaz o nulo. El líquido de frenos debe poseer la cualidad de mezclarse con agua presente por condensación en el interior de todo el sistema de frenos, y mantener un alto punto de ebullición con el fin de asegurar la transmisión de presiones dentro del sistema.

Podemos encontrar los siguientes tipos:

#### Basado en silicón

Este tipo de líquido de frenos es generalmente utilizado en aplicaciones militares o vehículos de espectáculo ya que no representa un peligro para el acabado del vehículo como lo es el tradicional DOT 3 o 4. Su denominación universal es DOT 5 y su característica física es que posee un mayor grado de compresión entre sus partículas, el cual aumenta en altas temperaturas. Por ello, este tipo de líquido de frenos no es recomendable para sistemas de alto rendimiento pues reduce el desempeño del sistema conforme la temperatura aumenta, y da la sensación al conductor de un pedal de freno blando. El líquido de frenos de base silicón además no se mezcla con el agua, tornándolo una opción inadecuada bajo situaciones extremas en las que esta más presente el líquido vital en el sistema de frenos. Esta característica resta así la capacidad del fluido de transmitir la fuerza de frenado, convirtiéndolo en un elemento del sistema no confiable para vehículos de alto rendimiento.

#### Basado en glicol de polietileno

Este tipo de líquido es el más utilizado en la industria automotriz actual. Se lo denomina DOT3, DOT 4 o DOT 5.1 según sus características. Presenta la habilidad de mezclarse uniformemente con el agua hasta un cierto porcentaje, y mantener su rendimiento en altas y bajas temperaturas.

El líquido de frenos de base glicol de polietileno es 2 veces menos comprimible que el de base de silicón. Esto aumenta la transmisión de fuerza del sistema de frenos incrementando su desempeño bajo cualquier régimen. También se obtiene un pedal de freno más uniforme en su movimiento y actuación. Su poder de absorción de agua hace que se deba monitorear su densidad y cambiarlo regularmente para obtener un desempeño óptimo siempre, e incrementar la vida útil de todas las partes del sistema que este fluido protege internamente. Los diferentes tipos de líquido de frenos para sistemas de alto rendimiento siempre exceden las especificaciones DOT en sus puntos de ebullición seco, generalmente los puntos de ebullición húmedo son iguales a los estándar. No se recomienda la mezcla entre los distintos tipos pues se pueden producir sedimentos que en lo posterior dañaran los empaques y sellos. Esta sedimentación puede darse en el sistema por el uso de líquido almacenado por un largo tiempo o a la intemperie. Además, la condensación en las líneas de freno y las mordazas y pistones es algo común por los cambios de temperatura existentes en la atmósfera.

La difusión también es una causa de la mezcla de líquido con agua. Esta ocurre cuando el vehículo está almacenado por un largo tiempo a la intemperie. El agua empieza a filtrarse a través de las cañerías de goma y se anida dentro del sistema. Por ello es siempre recomendado reemplazar las líneas de freno por líneas de acero y reforzadas para vehículos de alto rendimiento.

### 2.3.11. Pedales y palancas de accionamiento

El accionamiento de los diferentes tipos de sistemas de freno se lo realiza por medio de pedales y palancas dispuestos dentro de la cabina de manejo del conductor. El correcto desempeño del sistema de frenos depende inicialmente de este accionamiento; es por ello que un correcto diseño y posición de estos mandos de control es vital en un vehículo de alto rendimiento. A más de su posición, existe un factor muy importante que se debe tomar en cuenta al modificar un mecanismo de pedal o palanca, su función principal es la de multiplicar la fuerza que se aplica en un extremo y transmitirla a su otro extremo. La relación de esta multiplicación debe estar acorde a la fuerza que será necesaria para empujar el vástago de la bomba, que a su vez accionara los cilindros de mordazas y tambores, empujando las pastillas y zapatas de freno contra los discos y tambores para detener el vehículo.

La posición y ángulo de la palanca del freno de mano es vital dependiendo de la aplicación del sistema o la competencia en la cual se utilizara el vehículo. Para circuitos en caminos no asfaltados y con virajes de baja velocidad el freno de mano es usado constantemente; es por ello que se modifica la palanca o pedal original con el propósito de hacer su accionamiento más sencillo para el conductor. Usualmente en estas conversiones se reemplaza la transmisión de fuerza de cable mecánica por una bomba, cilindro de accionamiento, y cañerías hidráulicas. Esto incrementa el desempeño y seguridad del sistema pues elimina el débil cable de freno de mano por un sistema más seguro y de mejores características. Esta modificación también se aplica para los pedales de accionamiento de embrague. Su fin es a más de mejorar el rendimiento del sistema y su posibilidad de multiplicación de la fuerza, incrementar la seguridad y fiabilidad del sistema previniendo posibles rupturas que podrían darse intempestivamente en la transmisión de fuerza mecánica por medio de cable.

### 2.4. Ruedas

Las modificaciones que se realizan a las ruedas se basan estrictamente en la utilización de aros y neumáticos de alto rendimiento. Existen diferentes tipos de aros y neumáticos de todo tamaño, precio y aplicación; dependiendo de la necesidad o requerimientos del vehículo. Generalmente para competencia rally se utiliza una configuración de neumáticos de cámara alta reforzados y aros de tamaño medio de gran resistencia. A diferencia de aplicaciones para calle o pista en las que aros de gran tamaño y neumáticos de bajo perfil son los más recomendados (Ilustración 32).



*Ilustración 32. Ruedas de competencia/ Google*

#### 2.4.1. Aros de las ruedas

Existen prestigiosas marcas de aros de aleación que ofrecen una completa gama de aros de diferentes tamaños y modelos. Actualmente es lo más común entre entusiastas de los vehículos de alto rendimiento utilizar aros de gran tamaño y formas estéticamente más agradables.

El ancho del aro dictamina el rango de ancho de los neumáticos a utilizar y su peso y dureza varían según su aplicación. Su diámetro debe seleccionarse teniendo en cuenta el aro estándar, el diámetro del habitáculo de la rueda en el guardafangos del vehículo, y el perfil del neumático a utilizarse según la aplicación.

Se encuentran en el mercado aros especialmente diseñados para competencia Rally. El tipo de terreno, las cargas a las que son sometidos los aros en competencia, y los rangos de velocidad de los vehículos que participan en esta competencia han obligado a los fabricantes de estos elementos a utilizar otro direccionamiento en el diseño de los mismos.

Generalmente un automóvil modificado para competencia rally no supera velocidades de 240 km/hora, es por ello que la necesidad de ventilación de los frenos no es igual a la de un vehículo utilizado para carretera o pista. A esto se le suma la necesidad de soportar mayores fuerzas por deformación en impactos producidos por la irregularidad del terreno. Esto se logra incrementando los soportes estructurales del aro haciéndolo en resumen más robusto, pero incrementando su peso. Con esto se logra un balance perfecto entre peso y dureza del aro, para garantizar su fiabilidad durante competencia y eliminar la posibilidad de rupturas o deformaciones de su sección bajo circunstancias normales dentro de la carrera.

## 2.4.2. Neumáticos

Los neumáticos utilizados para competencia deben ser necesariamente reforzados en su sección para poder soportar las exigencias a las que serán sometidos. A estos se los conoce como neumáticos radiales o de alto rendimiento. Su diseño y fabricación permite que la banda de rodadura este en su mayor superficie siempre en contacto sobre el terreno, ofreciendo una adherencia confiable y un comportamiento óptimo del neumático. Su material y diseño ofrecen mayor resistencia a la temperatura, evitando explosiones inesperadas o rupturas por fatiga del material durante competencias.

El tamaño o rin del neumático depende directamente del aro seleccionado para ser utilizado. Su ancho y perfil deben seleccionarse con una referencia en los neumáticos estándar del vehículo, y teniendo muy en claro la aplicación del automóvil en el cual serán montados finalmente. Existen neumáticos especialmente diseñados según el tipo de aplicación y terreno en los cuales serán utilizados. Podemos encontrar así, neumáticos sin labrado para mayor superficie de contacto sobre la carretera, utilizados en automóviles de pista que circulan solamente en piso seco. Estos neumáticos ofrecen la mayor adherencia posible sobre el terreno y condiciones para los que son diseñados. Su durabilidad es baja pues el compuesto de su banda de rodadura es muy suave para ofrecer un mayor desempeño.

En el mercado existen también, neumáticos de bajo perfil y labrado mixto utilizados regularmente para vehículos de turismo o pista, Estos neumáticos poseen un perfil bajo que mejora el comportamiento del mismo en viraje y frenado; no obstante su defecto es que al poseer menor distancia de la cámara son más propensos a rupturas o daño del aro al encontrarse con obstáculos cortantes sobre el terreno. Su dureza es mayor a los neumáticos convencionales lo que disminuye el confort en terreno irregular del automóvil y sobrecarga a la suspensión y carrocería al absorber en menor cantidad dichas irregularidades.

Para aplicaciones en terreno irregular como el Rally, existen tipos de neumáticos para cada terreno. Podemos encontrar neumáticos especiales para nieve, lodo, gravilla, asfalto, mixtos, etc. Los más utilizados son los neumáticos para Rally mixtos. Estos poseen un perfil alto y muy reforzado, capaz de absorber las irregularidades del duro terreno en donde generalmente se desarrollan las competencias de esta modalidad. Su labrado ofrece ranuras profundas que permiten un alto índice de inmersión en el terreno, y su diseño garantiza la pronta expulsión de las partículas del terreno adheridas al neumático, para una mejor adherencia en todo momento.

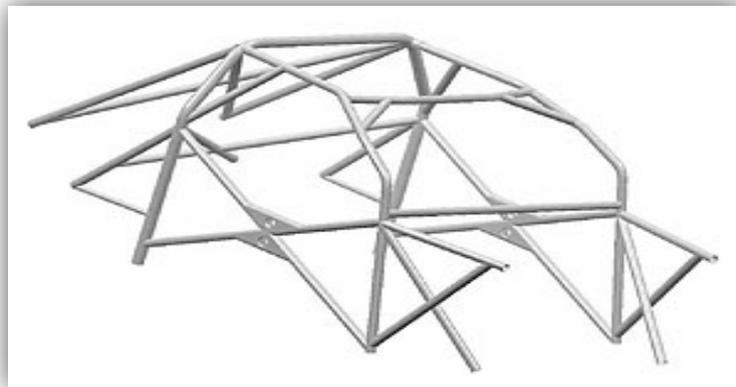
Es de vital importancia conocer la aplicación, terreno y demás características del ambiente en donde será utilizado el vehículo a modificar para la correcta selección del juego de aros y neumáticos. Este análisis nos dará una gran ventaja para predecir problemas que podrían suscitarse durante o después de

la competencia y que podrían comprometer la seguridad del vehículo y sus ocupantes.

## 2.5. Jaulas de seguridad (Roll bar)

Los arcos de seguridad (Ilustración 33) se han convertido en el elemento más importante y determinante a la hora de salvaguardar la integridad física de los ocupantes de un coche de competición en caso de accidente.

La evolución de éstos en los últimos 20 años ha sido espectacular. Se ha pasado de colocar cuatro barras escasas a auténticas joyas de ingeniería que llevan detrás profundos estudios de ligereza, materiales, resistencia, rigidez, etc.



*Ilustración 33. Roll bar/ Google*

Las funciones de estas estructuras de seguridad son, principalmente, dos. Una de ellas es la de aportar rigidez al conjunto, evitando los balanceos de la carrocería y así aportar una mayor eficacia a la hora de tomar las curvas; la otra es la más importante de todas, mantener “intacto” el habitáculo dónde se encuentran situados los pilotos evitando las deformaciones excesivas de la carrocería.

### 2.5.1. Clasificaciones de jaulas de seguridad

Se pueden agrupar en dos grandes grupos:

Arcos de seguridad atornillados (Ilustración 34): Son bastante baratos y de fácil montaje/desmontaje, pero dejan bastante que desear tanto en rigidez del conjunto como en la seguridad de los participantes. Suelen ser usados por los equipos más modestos en los distintos campeonatos regionales.



*Ilustración 34. Roll bar tipo atornillado/ Google*

Arcos de seguridad soldados (Ilustración 35): Éstos son mucho más rígidos que los primeros por lo que mejoran tanto la efectividad del vehículo en el paso por curva como la seguridad de los ocupantes. TODOS los equipos punteros (tanto regionales, nacionales e internacionales) y que no ponen precio a su vida van equipados con estas barras.



*Ilustración 35. Roll bar soldado/ Google*

### 3. ESPECIFICACIONES GENERALES PARA COMPETENCIA

La preparación de los sistemas de suspensión, dirección y frenos significa un apoyo al aumento de potencia de un vehículo de competencia. Cuando a un vehículo estándar se lo modifica en su motor, caja, peso, etcétera para conseguir un aumento de su potencia, se debe también considerar que ese aumento de potencia va a generar mayores esfuerzos en el resto de los sistemas del vehículo. Es por eso que la preparación de los sistemas de suspensión, dirección y frenos está enfocada en mejorar sus características y resistencias para que puedan soportar los esfuerzos y las demandas adicionales que va a generar un vehículo con mayor potencia a la estándar. Se debe tomar en cuenta los costos, las resistencias, los límites a los que se puede llegar y con eso determinar qué componentes originales se puede usar, qué componentes modificar y qué componentes reemplazar por unos mejores y más resistentes. Para lograr aumentar la eficiencia de un sistema del vehículo debemos estudiar y analizar sus resistencias originales o estándares y saber cuánto más se lo debe mejorar.

#### 3.1. CALCULOS DE LA SUSPENSION TIPO MACPHERSON

Para llevar a cabo este análisis los datos fueron obtenidos del manual del fabricante combinados con la aplicación instrumentos de medición que se llevaron a cabo en taller; se debe tener en cuenta para el análisis de la suspensión es importante conocer la carga total que soporta el vehículo, para este caso en particular la distribución de peso es: 60% en la parte delantera y a cada suspensión le llega un 30% de la carga y la parte trasera sostiene el otro 40% y cada suspensión llega una fuerza del 20%.

Datos:

Masa (m) = 1200 kg + 300 kg = 1500 kg masa del vehículo

$1500 \text{ kg} * 9.801 \text{ m/s}^2 = 14701.5 \text{ N}$  peso del vehículo (w)

$14701.5 \text{ N} * 60\% = 8820.9 \text{ N} / 2 = 4410.45 \text{ N}$  rueda delantera

$14701.5 \text{ N} * 40\% = 5880.6 \text{ N} / 2 = 2940.3 \text{ N}$  rueda trasera

Diámetro interno: 147.5mm o 0.1475m

Diámetro alambre: 13.6mm o 0.0136m

Diámetro medio:  $147.5 + 13.6 = 161.1 \text{ mm}$  o 0.1611m

Diámetro externo: 174.7mm o 0.1747m

Diámetro sin comprimir: 350mm o 0.35m

Longitud comprimida: 144mm o 0.144m

Numero de espiras: 5.34

Diámetro del pasador del brazo inferior: 14mm

Diámetro de pernos suspensión al chasis: 8 mm

Dimensiones del brazo inferior:

Alto: 0,0273m

Ancho: 0,0678m

Profundo: 0.25 m

### 3.1.1. Análisis de la suspensión.

Análisis cinético del pasador que conecta brazo inferior delantero al chasis.

Este pasador es muy importante debido a la cantidad de fuerzas que se encuentra sometido ya que tiene que soportar todas las reacciones que son generadas por imperfecciones o irregularidades que hay en el suelo, para este caso vamos a verificar que su tamaño y material de construcción se han los ideales para su trabajo. Formula:

Dónde:

$\tau$  (resistencia última a la tracción): 14000000 pa

F (fuerza): 4410.45N para este caso el pasador se encuentra sometido a doble efecto cortante por eso la fuerza se divide en 2

$$A = \pi r^2$$

Entonces de la fórmula 1 despejar el radio luego multiplicarlo por dos (2) para hallar el diámetro.

$$\tau = \frac{F}{A} = \sqrt[2]{\frac{F}{\pi \cdot r^2}}$$

Entonces despejamos el radio r.

$$= \sqrt[2]{\frac{F}{\pi \cdot \tau}} = \sqrt[2]{\frac{2205.225N}{\pi * 14000000 \text{ pa}}} = 0,007080884 \text{ m} * 2 = d = 14,16176864 \text{ mm}$$

Factor de seguridad se calcula en base de los datos obtenidos de la medición de los componentes

$$F.S = \frac{\text{carga ultima}}{\text{carga admisible}} = 1.5$$

Análisis de pernos que sujetan la suspensión a la carrocería.

Los pernos que se sujetan la suspensión a la carrocería son 4 todo se encuentra sometidos a la misma carga por tal motivo la fuerza total es dividida en cada uno de ellos.

Entonces de la fórmula 1 despejar el radio luego multiplicarlo por dos (2) para hallar el diámetro.

Dónde:

$$\tau = 3000000 \text{ pa}$$

$$F = 90,65925 \text{ N}$$

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{2 \sqrt{\frac{90,65925 \text{ N}}{\pi * 3000000 \text{ pa}}}}$$

Se despeja el radio.

$$r = \sqrt{\frac{F}{\pi \cdot \tau}} = \sqrt{\frac{90,65925 \text{ N}}{\pi * 3000000 \text{ pa}}} =$$

$$0,00310149 \text{ m} * 2 = d = 6,2029816 \text{ mm}$$

Factor de seguridad

$$F.S = \frac{\text{carga ultima}}{\text{carga admisible}} = 1.5$$

Análisis de pernos que sujetan el amortiguador a la porta mangueta.

La carga total que actúa sobre estos pernos es de 4410.45N pero como son dos pernos esta fuerza se divide en cada uno de ellos; como estos perno se encuentran a doble esfuerzo cortante la que fuerza que llega a cada uno 1102.6125N

Donde:

$$F = 1102.6125 \text{ N}$$

$$\tau = 14000000 \text{ pa}$$

Entonces de la fórmula 1 despejar el radio luego multiplicarlo por dos (2) para hallar el diámetro.

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{2 \sqrt{\frac{F}{\pi \cdot r^2}}}$$

Entonces despejamos radio

$$r = \sqrt{\frac{F}{\pi \cdot \tau}} = \sqrt{\frac{90,65925 \text{ N}}{\pi * 14000000 \text{ pa}}} = 0,005006941 \text{ m} * 2 = d = 10,01388264 \text{ mm}$$

Factor de seguridad

$$F.S = \frac{\text{carga ultima}}{\text{carga admisible}} = 1.5$$

- Análisis del brazo inferior de la suspensión.

Acero AISI-SAE 1045 material de fabricación

Esfuerzo máximo 565 Mpa

Los soportes se encuentran sometidos a flexión, Formula:

$$\sigma = \frac{M \times C}{I} (2)$$

Donde:

M= momento flector

C= distancia que hay de la fibra neutra a un punto

I= momento de inercia

Reemplazando en la fórmula 2 los valores podemos hallar el esfuerzo máximo

$$\sigma = \frac{MC}{I} = \frac{926,1945 \text{Nm} \times 0,01365 \text{m}}{7,79427 \text{E} \times 10^{-09} \text{m}^4} = 386.19 \text{ Mpa}$$

Factor de seguridad

$$F.S = \frac{\text{carga ultima}}{\text{carga admisible}} = 1$$

Análisis cinético del resorte helicoidal.

Material de fabricación 951 Mpa

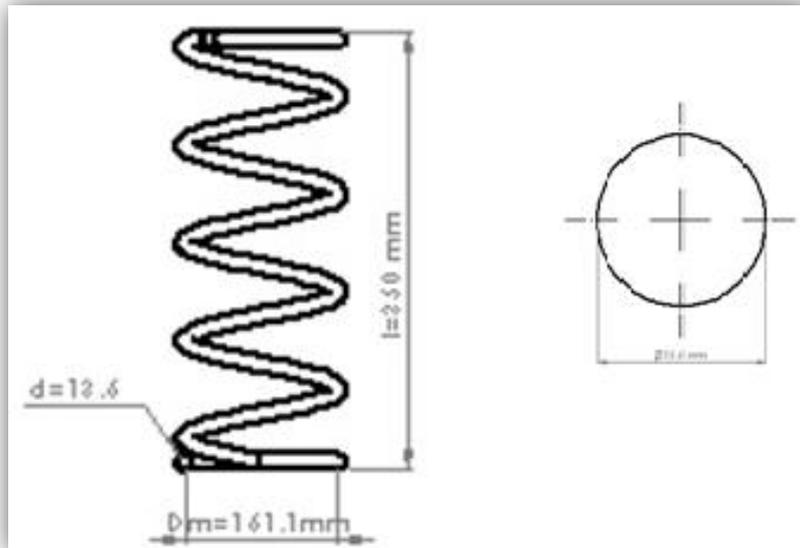


Ilustración 36. Medidas resorte/ Google

Para determinar el esfuerzo total al que se encuentra sometido el resorte lo hayamos por medio de la fórmula:

$$\tau = \frac{Tr}{J} + \frac{4V}{3A} \quad (3)$$

Donde:

$$T \text{ es el torque} = F \frac{d}{2} = 4410,45 \text{ N} \frac{0,1611 \text{ m}}{2} = 355,261748 \text{ Nm}$$

$$A \text{ es el área} = \pi r^2 = 3,141516 * (0,0068 \text{ m})^2 = 0,00014526 \text{ m}^2$$

$$\text{Momento de inercia} = \frac{\pi d^4}{32} = \frac{3,141516 * (0,0136 \text{ m})^4}{32} = 3,358 * 10^{-09} \text{ m}^4$$

Reemplazando de la formula (3) los valores podemos determinar el esfuerzo máximo

$$\sigma = \frac{355261,7475 \text{ Nm} * 0,1611 \text{ m}}{3,358 * 10^{-09} \text{ m}^4} + \frac{4 * 4410,45 \text{ N}}{3 * 0,00014526 \text{ m}^2} = 719.30 \text{ Mpa}$$

Constante del resorte

$$k = \frac{F}{x} \quad (4)$$

Dónde:

k=es la constante de los resortes

F=es la fuerza aplicada sobre el resorte

x=es el desplazamientos del resorte

Sustituyendo:

$$k = \frac{F}{x} = \frac{4410.45\text{N}}{0.206\text{m}} = 2378,8835 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Conclusiones

Según nuestros resultados y el factor de seguridad de los elementos analizados determinamos que el vehículo está diseñado para un terreno totalmente plano de lo contrario se puede presentar rupturas de los componentes.

Concluimos que los elementos de la suspensión deberían, ser mayores sus dimensiones para que soportaran más peso y dieran más seguridad para sus ocupantes.

Determinamos el factor de seguridad que es muy importante para concluir que los materiales con que están construidas las partes de la suspensión están en sus puntos originales y que va ser seguro para los ocupantes del vehículo.

Concluimos que como futuros tecnólogos e ingenieros mecánicos no debemos tan solo diagnosticar y reparar el sistema de suspensión, sino también conocer a profundidad el análisis cinemático para la buena toma de decisiones dentro del vehículo.

### 3.1.2 Análisis cinético y sistemático del sistema de frenos

Resistencia a la rodadura.

Tenemos la fórmula de resistencia a la rodadura  $R_r$ :

$$R_r = \mu_r * Q(1)$$

Dónde: Q es el peso total del vehículo.

$\mu_r$  Es el coeficiente de rodadura correspondiente.

Coeficientes de rodadura según el terreno.

NATURALEZA DEL SUELO	COEFICIENTE DE RODADURA ( $\mu r$ )
CEMENTO	0.0125
EMPEDRADO SECO	0.015
CARRETERA ASFALTADA	0.02 – 0.03
TERRENO NATURAL DURO	0.08
TERRENO DE CONSISTENCIA MEDIA	0.110
TERRENO ARENOSO	0.15 – 0.30

Datos y especificaciones de un automóvil Mazda 626 lx (2000 cm<sup>3</sup>)

$Q_n$ (Peso Neto)	1200 Kg (11772 N)
a (Altura máxima del vehículo)	1385 mm
e (Vía del vehículo)	1692 mm
Tipo de Rueda	5J X13

Relación de Transmisión en la Caja de Velocidades ( $icv$ ):

I .....	3.333:1
II .....	1.955:1
III .....	1.286:1
IV.....	0.926:1
V.....	0.733:1

Relación en el Grupo de reducción ( $io$ ):

$io$ .....	4.167:1
Potencia ( $N$ ).....	110 HP / 6000 rpm
Par Máximo ( $M$ ).....	15kgm / 2400 rpm

Se busca la resistencia a la rodadura  $R_r$  que ofrece el Mazda 626 lx con un solo ocupante de peso  $65 \text{ Kg} = 637.65 \text{ N}$ .

$$R_r = \mu_r * Q(1)$$

$$R_r = 0.02 * (11772 + 637.65)$$

$$R_r = 248.19 \text{ N}$$

La resistencia a la rodadura  $R_r$  que ofrece el Mazda 626 lx con 5 ocupantes de peso  $65 \text{ Kg} * 5 = 325 \text{ Kg} = 3188.25 \text{ N}$ .

Datos a tener en cuenta:  $Q_n$  (Peso Neto) = 1177N

Coficiente la rodadura  $\mu_r = 0.02$

$$R_r = \mu_r * Q(1)$$

$$R_r = 0.02 * (11772 + 3188.25)$$

$$R_r = 299.2 \text{ N}$$

Resistencia debido al peralte o pendiente de la carretera

Siendo  $R_p$  la resistencia debida a la pendiente de la carretera, se tiene:

Dónde:  $R_p$  = la resistencia debida a la pendiente de la carretera

$Q$  = peso del vehículo

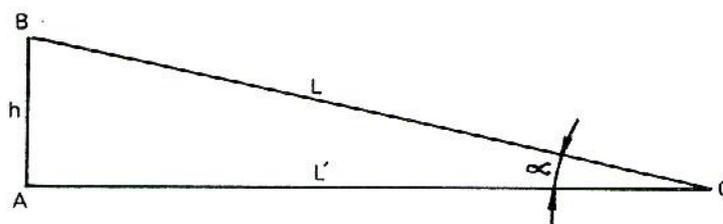
$\text{sen } \alpha^2$  = seno del Angulo de la pendiente al cuadrado

$$R_p = Q * \text{sen } \alpha^2(2)$$

Características a tener en cuenta:

$Q_n$ (Peso Neto).....	1200 Kg (11772 N)
Peso de un Pasajero.....	65 Kg (637.65 N)

La pendiente  $i$ , y el ángulo de inclinación  $\alpha$  de la carretera si el vehículo Mazda asciende 200m en 1.5 Km de recorrido.



Angulo de inclinación  $\alpha$  de la carretera.

$$L' \cong L (3)$$

$$\text{tag } \alpha \cong \text{sen } \alpha$$

$$i = \text{Sen } \alpha = \frac{h^3}{L}$$

$$i = \frac{200}{1500} = \text{sen } \alpha$$

$$i = 0.133$$

*i = pendiente a la cual se somete el vehiculo*

El valor de la pendiente encontrada corresponde a un ángulo de inclinación de:

$$\alpha = \text{Sen}^{-1}(0.133) \quad \alpha = 7.66^\circ$$

Y una pendiente de 13.33 %

La Resistencia a la pendiente  $R_p$  que opone el MAZDA al subir la pendiente calculada anteriormente solamente con el conductor.

$$R_p = Q * \text{sen } \alpha (2)$$

$$R_p = (11772 + 637.65) * \text{sen } (7.66)$$

$$R_p = 1654.13 \text{ N}$$

La  $R_p$  con 5 ocupantes en el vehículo.

$$R_p = Q * \text{sen } \alpha (2)$$

$$R_p = (11772 + 3188.25) * \text{sen } (7.66)$$

$$R_p = 1994.11 \text{ N}$$

Resistencia a la rodadura y resistencia a la pendiente

La resistencia que ofrece el camino  $R_p + R_r$  (sin considerar la resistencia del aire) se puede obtener a partir de la ecuación:

$$R_d = R_r + R_p = Q(\mu r + i) (4)$$

En dónde:

$R_d = R_p + R_r =$  considerando el peso neto del vehículo 1200 Kg (11772 N) más el peso de 5 ocupantes de 65 Kg cada uno y más carga en el portaequipajes de 0.75 Kg.

$Rdo = Rp + Rr$  considerando el peso neto del vehículo y el peso del conductor de 65 Kg.

En la siguiente tabla se muestra valores calculados de  $Rdo$  y  $Rd$  para diferentes valores de la pendiente  $i$  y del ángulo de inclinación  $\alpha$  de la carretera.

Los valores calculados de  $Rdo$  y  $Rd$  para diferentes valores de la pendiente  $i$  y del ángulo de inclinación  $\alpha$  de la carretera

$i$	$\alpha$	$Rdo$ (N)	$Rd$ (N)
0	0	248,193	313,92
0,02	1,146026	496,386	627,84
0,04	2,29251	744,579	941,76
0,06	3,439914	992,772	1255,68
0,08	4,588701	1240,965	1569,6
0,1	5,73934	1489,158	1883,52
0,12	6,892306	1737,351	2197,44
0,14	8,048084	1985,544	2511,36
0,16	9,207168	2233,737	2825,28
0,18	10,37007	2481,93	3139,2
0,2	11,5373	2730,123	3453,12
0,22	12,70941	2978,316	3767,04
0,26	15,07051	3474,702	4394,88
0,28	16,26068	3722,895	4708,8
0,3	17,45812	3971,088	5022,72
0,32	18,66348	4219,281	5336,64
0,34	19,87746	4467,474	5650,56
0,36	21,10082	4715,667	5964,48
0,38	22,33434	4963,86	6278,4
0,4	23,57887	5212,053	6592,32
0,41	24,20555	5336,15	6749,28

En el caso de la curva dada por  $Rdo$  Vs. Pendiente (%), (curva delgada entre puntada) a medida que se incrementa la pendiente del camino también aumenta la fuerza de resistencia  $Rdo = Rp + Rr$ , considerando el peso del vehículo (1200 Kg) más un ocupante de 65Kg. cuando el automóvil alcanza el punto (41,

5336.15) significa que se tiene una pendiente del 41% con una resistencia a la rodadura y pendiente de  $R_{do} = 5336.15$  N Resistencia del aire

La resistencia  $R_a$  que ofrece el aire a un vehículo es proporcional a la superficie recta transversal  $s$  del vehículo (en  $m^2$ ) y al cuadrado de su velocidad  $v$  en  $m/seg$ . O sea:  $R_a = K * s * v^2$  (5) En donde  $K$  es un coeficiente de proporcionalidad que depende de la forma del vehículo y cuyos valores normales se evidencian en la siguiente tabla: Coeficiente aerodinámico según la forma

TIPO DE VEHÍCULO	K
CAMIONES	0.05
AUTOBUSES NORMALES	0.038
AUTOBUSES DE PERFIL AERODINÁMICO	0.019
AUTOMÓVIL	0.022 a 0.035
AUTOMÓVIL DE PERFIL AERODINÁMICO	0.010 a 0.019

La resistencia de forma es consecuencia de un aumento de la presión del fluido en presencia de un obstáculo, que produce torbellinos en la parte trasera del vehículo, que se desplazan con él, desprendiéndose periódicamente.

La sección transversal  $S$  del automóvil MAZDA 626 LX

La sección transversal  $S$  del vehículo se obtiene tomando por base la vía del vehículo  $e$  y por altura la máxima del automóvil (Ilustración 37):

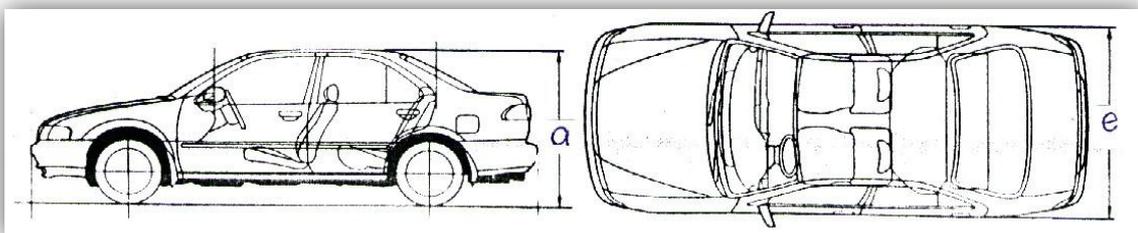


Ilustración 37. Vía del vehículo  $e$  y altura máxima  $a$ / Google

$$a = 1385 \text{ mm}$$

$$e = 1692 \text{ mm}$$

Como ésta sección es por exceso, para que el error cometido sea lo menor posible se le afecta un coeficiente  $c$ , cuyo valor varía entre 0.85 y 0.95

$$S = c a e (6)$$

$$S = 0.90 * 1.385 * 1.692$$

$$S = 2.10 m^2$$

Para el automóvil MAZDA 626 LX se tomará el valor de  $K = 0.019$  que corresponde a la tabla 3 del tipo de vehículo con perfil aerodinámico. El valor del coeficiente aerodinámico  $K$  para el vehículo MAZDA 626 L La Resistencia del aire  $Ra$  en función de la velocidad en Km/h es:

$$Ra = K * S * \frac{v^2}{13}$$

$$Ra = 0.019 * 2.10 * \frac{120^2}{13}$$

$$Ra = 44.19Kgf * 9.81 m/s^2$$

$$Ra = 433.57 N$$

La resistencia del aire  $Ra$  a una velocidad  $v = 120$  Km/h  
Resistencia total

#### Características

$Q_0$ (Peso Neto).....	1200 Kg (11772 N)
Peso de un Pasajero.....	65 Kg (637.65 N)
$\mu r$ .....	..0.02
Pendiente ( ).....	12%
Resistencia del aire $Ra$ .....	301.09 N a 100 Km/h (ver tabla 4)
Rendimiento de la Transmisión $\eta m$ .....	0.88
Radio del neumático $R$ .....	34

Fuerza de impulsión o tracción para desplazar el automóvil bajo las condiciones dadas anteriormente. (Se desprecia la resistencia por inercia)

La fuerza de tracción para desplazar el vehículo está en función de las resistencias que se oponen al movimiento:

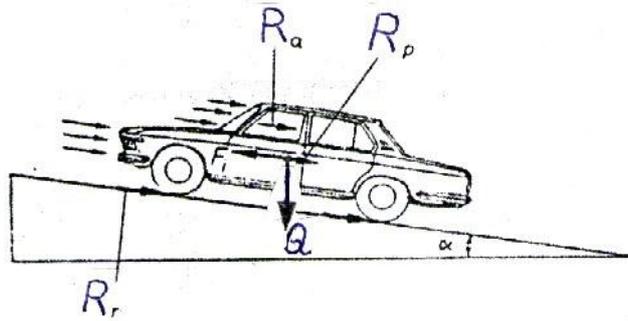


Ilustración 38. Fuerzas de resistencia que se oponen al movimiento del vehículo/ Google

$$F_i = R_r + R_a + R_p + R_i \quad (7)$$

$$F_i = Q * \mu_r + 301.09 + Q * i + 0$$

$$F_i = (11772 + 637.65) * 0.02 + 301.09 + (11772 + 637.65) * 0.12$$

$$F_i = 248.193 \text{ N} + 301.09 + 1489.158 \text{ N}$$

$$F_i = 2038.441 \text{ N}$$

El par de transmisión  $Ct$  en las ruedas

La fuerza de impulsión  $F_i$  calculada anteriormente multiplicada por el radio de la rueda  $R$ , y tomando en cuenta las pérdidas por rozamiento en la transmisión, o sea, el rendimiento mecánico  $\eta_m$ , el par  $Ct$  necesario que hay que aplicar a las ruedas para desplazar el vehículo es:

$$Ct = \frac{F_i * R}{\eta_m} \quad (8)$$

$$Ct = \frac{2038.441 * 0.34 \text{ m}}{0.88}$$

$$Ct = 787.57 \text{ Nm}$$

Fuerza frenado

$P$  = Presión bomba frenos

$D$  = diametro pistón del freno de disco

$d$  = diametro pistón del cilindro de frenos

$F$  = fuerza aplicada en las pastillas de freno delanteras

$f$  = fuerza aplicada en las zapatas de frenos traseros

Eje delantero

$$P = 510 \text{ PSI} = 510 \frac{\text{lbf}}{\text{lin}^2} \cdot \frac{4.448 \text{ N}}{\text{lbf}} \cdot \frac{(\text{lin})^2}{(25.4 \text{ mm})^2} = 3,516 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$A = \frac{\pi}{4} D^2 \quad (13) = \frac{\pi}{4} (50 \text{ mm})^2 = (1963.49 \text{ mm}^2) = 1963.49 \text{ mm}^2$$

$$P = \frac{F}{A} \quad (12) \rightarrow F = P \cdot A \rightarrow F = (3,516 \text{ N/mm}^2)(1963.49 \text{ mm}^2)$$

$$= 6903.61 \text{ N}$$

Eje trasero

$$P = \frac{f}{A} \quad (12)$$

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 \quad (13) \rightarrow A = \frac{\pi}{4} (20\text{mm})^2 = 314.16\text{mm}^2$$

$$F = P \cdot A \rightarrow F = (3.516\text{N/mm}^2)(314.16\text{mm}^2) = 1104.58\text{N}$$

## Conclusiones

Luego de los Cálculos y Análisis Dinámico del Automóvil durante su desplazamiento en Carretera como autor del presente trabajo investigativo he llegado a lo siguiente:

Que la estabilidad el automóvil no está dada únicamente por su sistema de suspensión, sino que también influye el efecto de deriva que actúa en los neumáticos, la fuerza centrífuga, el aire, condiciones del conductor sobre el volante y estado del terreno.

Las desviaciones de trayectoria en el automóvil corresponden al comportamiento sobrevirador, subvirador y neutro causadas por la posición del c.g. en el vehículo, la fuerza centrífuga y viento.

Las fuerzas limitadoras de la velocidad límite de derrape y vuelco están dadas por el peso del vehículo, fuerza centrífuga y además tiene mucha incidencia el ancho de vía del vehículo y la altura del c.g. con respecto al camino.

El frenado del vehículo se da en dos instantes, la primera acción de frenado se produce cuando se disminuye la velocidad de giro de la rueda, a través del circuito de frenos principal del automóvil comandado por el conductor, y la segunda acción de frenado se produce durante el rozamiento de las ruedas con el piso. Los dos instantes de frenado se dan al mismo tiempo caso contrario, el automóvil no se detendrá.

La fuerza de rozamiento entre elementos: tambor-zapata y disco pastilla, está en función de la magnitud de la fuerza de frenado obtenida en los cilindros de rueda, de los diámetros de los bombines, diámetro del cilindro maestro y la fuerza del conductor sobre el pedal de frenos.

La fuerza de rozamiento entre los neumáticos con el terreno está en función del peso del automóvil, coeficiente de adherencia y tipo de carretera.

Durante el frenado la poca adherencia de la carretera con las ruedas del vehículo ocasiona que las ruedas posteriores se bloqueen primero que las delanteras produciendo que la parte posterior del vehículo tienda a irse hacia delante repercutiendo a un patinazo con derrape es decir, un giro de 180° sobre sí mismo, para lo cual, el conductor pierde el control del vehículo.

La potencia que se consume o gasta el motor endotérmico para vencer las fuerzas de resistencia que ofrece el camino durante el movimiento del vehículo asciende a un 85% - 90% de la potencia total desarrollada por el motor.

El porcentaje de pendiente de la carretera determina la reducción o multiplicación adecuada que se tiene que seleccionar en la caja de cambios a fin de no sobrecargar innecesariamente el rendimiento del motor de combustión y así aprovechar de mejor manera toda esa potencia útil del motor con respecto a las resistencias de rodadura y pendiente.

### 3.1.3. Análisis final Roll bar

Es conveniente realizar un presupuesto aproximado del coste de diseño y fabricación.

Coste promedio de materiales:

Tamaño (mm)	Densidad lineal (Kg/m)	\$/m
40x2	1,90	12,95
50x2	2,37	15,75

Peso total de la estructura: 46275,95 gramos.

Peso del arco principal (50x2mm) = 11Kg

Peso de las demás barras (40x2mm) = 35275,95g = aprox. 36kg

Longitud de tubo de 50x2mm =  $11/2,37 = 4,64\text{m}$  = aprox. 5m

Longitud de tubo de 40x2mm =  $36/1,90 = 18,9\text{m}$  = aprox. 19m.

**Coste de materiales = \$350.000**

Coste/hora de diseño = \$55.000

Horas de diseño: 6h → **Coste de diseño = \$330.000**

Coste mano de obra/hora = \$30.000

Horas de mano de obra: 5h → **Coste de mano de obra = \$180.00**

**PRESUPUESTO TOTAL = \$860.000**

Teniendo en cuenta que es el presupuesto de fabricación para UN SÓLO arco de seguridad, está bastante ajustado.

Análisis de cargas estáticas

La estructura debe soportar una carga vertical de  $7,5w$  daN aplicada en la parte superior del arco principal a través de un tampón rígido, donde  $w$  es igual al peso del coche +150kg. El tampón debe estar fabricado de acero y tener las siguientes dimensiones:

Longitud = anchura del arco principal + 100mm como mínimo.

Anchura = 250 +/- 50mm.

Espesor = 40mm como mínimo.

No se pueden producir fisuras en la estructura y la deformación máxima, en la dirección de la fuerza aplicada, no puede superar los 50mm”

La estructura debe soportar una carga de  $3,5w$  daN en la parte superior de la barra frontal, a través de un tampón rígido, en el lado del piloto/copiloto y en la intersección con el elemento transversal.  $W$  es igual al peso del coche + 150kg.

El tampón debe estar fabricado de acero y tener las siguientes dimensiones:

Longitud = 450mm +/- 50mm.

Anchura = 250mm +/- 50mm.

Espesor = 40mm como mínimo.

El eje longitudinal del sello deberá ser dirigido hacia el frente y hacia abajo con un ángulo de  $5^\circ + / - 1^\circ$  con respecto a la horizontal, y su eje transversal, se debe dirigir hacia el exterior y hacia abajo con un ángulo de  $25^\circ + / - 1^\circ$  en relación a la horizontal". Debido a que, por exigencias del programa, no puedo realizar un contacto tangencial y lo que tengo que hacer es realizar un pequeño vaciado en el tampón y acoplar éste a las barras, no es posible realizar de una vez las diferentes orientaciones que marca la norma.

## BIBLIOGRAFIA

- Cardenas, & Luis. (2015). Diseño de un roll bar para un vehículo suzuki forza 1 de competicion. Cuenca, Ecuador.
- Garcia, & Miguel. (2009). Diseño y analisis de un arco de seguridad destinado a la competicion. Leganes, España.
- Luque, P., Alvarez, D., & Vera, c. (2012). Ingenieria del automovil. Madrid: Paraninfo.
- Mazda. (1987). Manual de taller Tomo II. España: Mazda.
- Riera, & Patrico. (2010). Trucae y adpatcion de un sistema de direccion para un vehículo tipo buggy de la formula automovilistica universitaria FAU. Riobamba, Ecuador.
- Salazar, f., & Juan, V. (2009). Modificacion de los sistemas de direccion, suspension y frenos de un vehículo suzuki forza destinado a competencia modalidad de rally, que a futuro represente a la universidad internacional del Ecuador. Quito, Ecuador.
- Thiessen, F., Dales, & Davis. (1996). Manual Tecnico Automotriz. Mexico: Prentice-hall Iberoamerica.
- Velsquez, J., Peña, L., & Keyner, Q. (2014). Analisis cinetico de la suspension tipo macpherson vehículo mazda 626 LX. Bogota, Colombia.
- Villamil, H., Orjuela, M., & Diego, B. (2014). Analisis cinetico y cinematico del sistema de frenos hidraulico en el mazda 626 LX. Bogota, Colombia.